



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ESTUDIOS
MESOAMERICANOS
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOLÓGICAS

LA TRADICIÓN MESOAMERICANA DEL USO DEL *TZAUHTLI*:
PROPIEDADES, USOS Y CONSIDERACIONES

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN ESTUDIOS MESOAMERICANOS

PRESENTA:
LILIAN GARCÍA ALONSO ALBA

TUTORES
DRA. MARÍA DEL CARMEN VALVERDE VALDÉS

DR. JOSÉ LUIS RUVALCABA SIL
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DRA. IRENE ÁVILA DÍAZ
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

MTRA. ROCÍO CAROLUSA GONZÁLEZ TIRADO
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, considerado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí contenidas, manifiesto que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Las citas de otras obras y las referencias generales a otros autores, se consignan con el crédito correspondiente”.

Se agradece el apoyo del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural LANCIC sede Instituto de Física UNAM, a través de los proyectos CONACYT LN 279740, LN293904, LN299076 y CB239609; así como al proyecto PAPIIT UNAM IN112018.

Esta tesis está dedicada a Julio, Ángel y Víctor.

Mi agradecimiento a todos los involucrados:

A María del Carmen Valverde y José Luis Ruvalcaba, los tutores de ensueño, por confiar en este proyecto, en quién se los presentó, y acompañarme en cada paso de la investigación con tanta generosidad.

Gracias, Abril por dar brillo y color a mis palabras.

A los entusiastas y estudiosos expertos en orquídeas: Eduardo Pérez, Javier García, Adolfo Espejo, Ramón Caltúm y especialmente a Irene Ávila por ser mi guía desde los inicios de la investigación y contagiarme de su entusiasmo y amor por la conservación de estos hermosos ejemplares.

A los colegas y estudiosos de la conservación del patrimonio cultural: Lilia Félix, Armando Arciniega, Emmanuel Lara, Liliana Giorguli, Lorena Román y en especial a Carolusa Tirado pionera en esta línea de estudio y mi inspiración en este y otros procesos académicos.

Al equipo de Mesoamericanos: Ana Bella Pérez, Myriam Fragoso, Elvia Castorela y Soledad Ortíz. Gracias por sus consejos, disposición y paciencia. Sin ustedes me hubiera perdido, literal y figurativamente, en posgrados,

A la gente brillante, los investigadores de los institutos de física, química y biología: Edgar Casanova, Miguel Maynez, Mayra León, Alberto Fiesco, Germain Castro, Eligio Orozco, Angélica Bucio y Baldomero Esquivel.

Al equipo: Orlando Martínez, Ciro Caraballo, Daniel Juárez, Fernando Chiapa, Mariana Coronel, Jaime, Pepe, Pablo y a mi compañera de trabajo, proyectos e ideales: Marlene Sámano (love yu).

A mi familia: a mi madre por compartir sus conocimientos, libros y ayudarme a estudiar para el examen de admisión (¡sin ti no la armo, mi madre!) y a mi abuela, quien sigue esta trayectoria con ilusión y sabe a qué me dedico.

A los amigos: Mariana, Ally, Vicky, Claudia, Sam, Luisa, Ana, Dany, Chava, Octavio, Joe, Dani y especialmente a mi mejor amigo, mi sol y estrellas: Tomás.

El uso apropiado de la ciencia no es conquistar la naturaleza, sino vivir en ella.

BARRY COMMONER

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema	16
Objetivo	17
Justificación	18
Antecedentes generales	19
Método	27
Delimitación de la investigación por capítulos	28

CAPÍTULO 1

El patrimonio biocultural: rescate de materiales y técnicas tradicionales	31
1.2. El uso del <i>tzauhtli</i> a través del tiempo	34
1.2.1. El <i>tzauhtli</i> en Mesoamérica	34
1.2.2. El <i>tzauhtli</i> en la Colonia	41
1.2.3. El uso del <i>tzauhtli</i> en la actualidad	47

CAPÍTULO 2

Patrimonio biocultural mesoamericano: El <i>tzauhtli</i> como alternativa de consolidante en textiles y adhesivo en maderas	
2.1. Antecedentes	58
2.2. Adhesivos naturales utilizados en la restauración	62
2.3. Antecedentes sobre el estudio de las propiedades físico-químicas y mecánicas de los polisacáridos naturales utilizados como adhesivos	67

CAPÍTULO 3

Materiales y métodos	
3.1. Características de <i>Orchidaceae</i>	71
3.1.1. Formas de vida: epífitas, rupícolas, terrestres	73

3.1.2. Heteropolisacáridos y material de reserva	73
3.2. Especies y sitios de colecta	
3.2.1. <i>Laelia speciosa</i>	76
3.2.2. <i>Cyrtopodium macrobulbon</i>	79
3.3. Sitios de colecta	
3.3.1. Cultivo de ejemplares	83
3.3.2. Invernadero	87
3.3.3. La conformación de la UMA	91

CAPÍTULO 4

Desarrollo de metodología de experimentación: materiales y métodos

4.1. Análisis físicos	
4.1.1. Preparación de probetas	97
4.1.2. Pruebas mecánicas	104
4.1.3. Colorimetría	107
4.1.4. Cromatografía de Gases Capilares a Alta Temperatura	109
4.2. Resultados	
4.2.1. Espectroscopía Infrarroja Transformada de Fourier	112
4.2.2. Ensayos físicos	113
4.2.3. Colorimetría	115
4.2.4. Cromatografía de Gases con Detección de Ionización de Flama	116
4.3. Resultados globales	
4.3.1. Discusión	124

CONCLUSIÓN GENERAL

Discusión, reflexiones finales y perspectivas	127
Alcances del estudio	133

GLOSARIO

LISTA DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS, ESQUEMAS Y TABLAS

Figura 1. *Prosthechea citrina*, orquídea epífita. Ilustración: Lilian García-Alonso

Figura 2. *Chichiltictepetzacuxochitl Laelia autumnalis*. Historia de las plantas de la Nueva España. Siglo XVII (La Llave y Lexarza, en Hernández, 1825).

Figura 3. *Laelia speciosa*. Fotografía: Lilian García-Alonso, 2015.

Figura 4. Sistema de equilibrio del patrimonio cultural.

Figura 5. Proceso de la elaboración de un mosaico de plumas. Códice Florentino. Tomo II, folio 65v, siglo XVI.

Figura 6. Molido de *tecoxtli* en metate para elaboración del color leonado. Códice Florentino. Tomo II, folio 65v, siglo XVI.

Figura 7. *Cuatzontecoxóchtli* y *Chichiltictepetzacuxóchtli* interpretadas de la obra de Francisco Hernández como *Stanhopea tigrina* y *Laelia autumnalis* (Emeterio-Lara, 2016).

Figura 8. Detalle de rostro. Cristo de caña de maíz, Michoacán. STREP Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 2011.

Figura 9. Detalle de fragmentos de caña de maíz en el brazo de un Cristo de Michoacán. STREP Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 2011.

Figura 10. Casa de los once patios. Pátzcuaro, Michoacán, 2014.

Figura 11. Conformación y consolidación de caña de maíz. Taller del Maestro Mario Agustín Gaspar Rodríguez. Pátzcuaro, Michoacán, 2014.

Figura 12. Modelado de la figura. Taller del maestro Mario Agustín Gaspar Rodríguez. Pátzcuaro, 2014. Fotografía: Elizabeth Trujillo Huazo.

Figura 13. Tienda y taller de alebrijes. San Martín Tilcajete, Oaxaca, 2017.

Figura 14. Joven tallando alebrije. San Martín Tilcajete, Oaxaca, 2017.

Figura 15. Decorado de alebrijes utilizando punta de maguey y jeringa. San Martín Tilcajete, Oaxaca, 2017.

Figura 16. Probetas de pinturas naturales de Roxana Ortega. San Martín Tilcajete, Oaxaca, 2017.

Figura 17. Mercado de Ocotlán. Ocotlán, Oaxaca, 2017.

Figura 18. Laúd de madera, posiblemente pegado con mucílago de orquídea. Cortesía del Proyecto de registro de la colección de instrumentos musicales etnográficos Gran Nayar (ENCRyM-INAH) 2013. Fotografía: Mariana Mecalco Espejo.

Figura 19. Mosaico de plumas “Cristo Salvador del Mundo”, 2003. Fotografía: Gerardo R. Hellion.

Figura 20. Banderas de Barradas “Legión Real” antes y después de proceso de restauración, 2010. Fotografías: Gerardo R. Hellion.

Figura 21. Cesta de palma proveniente de la cueva del gallo, 2009. Fotografía: Gerardo R. Hellion.

Figura 22. Medallones del estandarte de la Virgen de Guadalupe, 2015. Fotografía: Rocío Mota.

Figura 23. Presentación comercial del funori seco. Fotografía: Anya Alatorre Seidel.

Figura 24. Caseinato de calcio, 2017.

Figura 25. Anatomía simple de una orquídea.

Figura 26. Tipos de hábitat (terrestre, epífita, semiepífitas, litófilas).

Figura 27. *Cyrtopodium macrobulbon*. Orquídea terrestre.

Figura 28. *Laelia speciosa* (Llave & Lex.) (Halbinger y Soto, 1997: 134). Dibujo por R. Jiménez.

Figura 29. *Cyrtopodium macrobulbon* (Espejo, 2002: 65).

Figura 30. Ejemplares de orquídeas comercializados en el municipio de Tenancingo, Estado de México.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682016000200197

Figura 31. Microscopía electrónica de barrido de germinación de semillas y desarrollo posterior de *Eulophia alta*. **A)** Etapa 0 semilla no germinada; Barra de escala = 100 µm. **B)** Etapa 2 protocormo; Barra de escala = 100 µm. **C)** Etapa 3 protomersitemo; Barra de escala = 1 mm. **D)** Protocormo Etapa 4; FL = primera hoja; RZ = rizoides; Barra de escala = 1 mm. **E)** Etapa 5 protocormo; RT = raíz; Barra de escala = 1 mm. **F)** Planta de semillero 6; SL = segunda hoja; Barra de escala = 1 mm. Placa fotográfica: Johnson,

Figura 32. Cima del monte del Olvido, Michoacán, 2016.

Figura 33. Dendrograma de las relaciones entre las nueve poblaciones de *Laelia speciosa*. La línea horizontal marca la distancia genética entre poblaciones (Ávila y Oyama, 2007:187). En círculos se marca el Olvido, Michoacán; Hualula, Hidalgo y Bolaños, Jalisco.

Figura 34. Estructura de metal y carpa de tyvek para resguardar las orquídeas.

Figura 35. Colecta responsable en el monte del Olvido, Michoacán 2016. Se puede apreciar cómo se deja más de la mitad de la planta sobre el árbol.

Figura 36. Marcado de ejemplares de *Laelia speciosa* con números y letras de acuerdo con el sitio de colecta, 2016.

Figura 37. Preparación de *Laelias*, 2016.

Figura 38. José Ángel García Martínez, el orquideario y algunas especies de orquídeas, 2016.

Figura 39. Milpa: ejemplo de sistema agro cultural mesoamericano.

Figura 40. Proceso de construcción del invernadero del LANCIC en el Instituto de Física de la UNAM, 2017-2018.

Figura 41. El orquideario de la ENCRyM: algunas especies de nopales y agavaceas, 2018.

Figura 42. Análisis con FTIR en el LANCIC, 2016. Dr. Edgar Casanova.

Figura 43. Preparación de probetas de seda adheridas con *Laelia speciosa* y madera con *Cyrtopodium macrobulbon*.

Figura 44. Selección y corte de pseudobulbo de *Cyrtopodium macrobulbon*.

Figura 45. Extracción de mucílago de *Cyrtopodium macrobulbon*.

Figura 46. Preparación de probetas de madera de pino adheridas con *Cyrtopodium macrobulbon*.

Figura 47. El maestro Armando Arciniega Corona colocando las probetas dentro de la cámara de envejecimiento del Laboratorio de Conservación, Diagnóstico y Caracterización Espectroscópica de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio del INAH, septiembre, 2017.

Figura 48. Gráficas humedad relativa y temperatura en función del tiempo, 2018.

Figura 49. Esfuerzos de tracción.

Figura 50. Esfuerzos de pelado.

- Figura 51. Micro máquina. Esquema por: Germaín Castro Aburto.
- Figura 52. Esquema de percepción de color. Frente de luz, objeto y observador (ojo).
- Figura 53. Pruebas con espectrocolorímetro RUBY del LANCIC, 2018.
- Figura 54. Seda sin adhesivo, seda con adhesivo, seda con adhesivo envejecida. Vista al microscopio óptico a 100X.
- Figura 55. Cromatograma de una zona de los murales de Bonampak (Magaloni, 1998).
- Figura 56. Secuencia a seguir para las pruebas de Cromatografía de Gases Capilares a Alta Temperatura (HT-CGC).
- Figura 57. Gráficas del desplazamiento y carga aplicada a las probetas de seda adheridas con *Laelia speciosa*.
- Figura 58. Tipos de fallos entre uniones adhesivas en reentelados de textiles. (Curiel, 2014).
- Figura 59. Extracción e hidrolisis del mucílago de la orquídea *Bletia campanulata*.
- Figura 60. Derivatización del mucílago de la orquídea *Bletia campanulata*.
- Figura 61. Proceso de extracción, liofilización y derivatización propuesto. Q. Ana María López Montañez & Dr. Araceli Peña Álvarez (2009).
- Figura 62. Cromatograma correspondiente a la especie *Bletia campanulata*, evidencia de la repetibilidad del método. Fiesco 2018.
- Figura 63: Cromatograma de muestra de *Cyrtopodium macrobulbon* tomada de una probeta de madera envejecida y el mismo cromatograma cotejado con otros tomados del mucílago liofilizado de ejemplares “frescos” de la misma especie. Fiesco, 2018.
- Figura 64. Angélica Bucio realizando pruebas con lacas de Xochipalli con aglutinante de *tzauhtli* en las instalaciones del LANCIC, 2018.
- Tabla 1. Contenido de monosacáridos en muestras de pintura mural y gomas vegetales usadas como referencia en la identificación de los materiales asociados a las pinturas de Bonampak (Magaloni, 1998).
- Tabla 2. Biblioteca de espectros de orquídeas.
- Tabla 3. Medición promedio de color, diferencias y seudocolores.

Tabla 4. Carbohidratos identificados y la masa de mucílago obtenido para cada especie.

RESUMEN

Tzauhtli fue el término que la cultura náhuatl utilizó para referirse al mucílago obtenido de los órganos de reserva de algunas orquídeas. A través del trabajo de documentación histórica y la comunicación con biólogos expertos en orquídeas, se puede apreciar que su uso como aglutinante y adhesivo fue común en Mesoamérica debido a sus propiedades. De ahí que sea un recurso natural apreciado como legado de las tecnologías tradicionales mesoamericanas.

La naturaleza y composición del *tzauhtli* junto con la abundancia de orquídeas en el territorio mesoamericano, lo convirtieron en un adhesivo muy utilizado antes y durante de la Colonia. Actualmente, se sabe que este material podría ser una opción idónea como consolidante y adhesivo en la restauración de materiales orgánicos; sin embargo, el acceso a la materia prima es cada vez más difícil.

En esta investigación se retoman e introducen nuevos estudios encaminados a caracterizar química y físicamente el *tzauhtli*, y a reconocer sus cualidades como adhesivo para la restauración. Con ello se busca promover el cuidado y cultivo de las orquídeas productoras.

La investigación contempló el análisis histórico y práctico de los usos del *tzauhtli*, complementada con visitas de campo y entrevistas para reunir referencias de uso de primera mano. En segundo lugar, se llevó a cabo la colecta, cultivo y resguardo de ejemplares de orquídeas productoras y el estudio botánico de las mismas. Asimismo, se desarrolló y se fundamentó una metodología científica que involucró pruebas físicas y químicas realizadas bajo condiciones controladas y repetibles. Por último, se caracterizó el material y se comprobó que, en efecto, el *tzauhtli* es una opción como material de restauración de distintos materiales.

Como resultado, se comprobó la eficacia del *tzauhtli*. Por esta razón, es innegable la relevancia de contar con el material de referencia, resultado de las pruebas físicas y químicas, y continuar con el cultivo y reproducción del material vivo, ya que así se dará pie a que surjan próximas investigaciones que generen nuevos conocimientos, curiosidad y valoración de este patrimonio para seguirlo custodiando y renovando.

Palabras clave: patrimonio biocultural, *tzauhtli*, *Laelia speciosa*, *Cyrtopodium macrobulbon*, conservación, tecnologías tradicionales.

INTRODUCCIÓN

Tzauhtli fue el término que se utilizó en náhuatl para referirse al adhesivo obtenido de los órganos de reserva de algunas especies de orquídeas, antes de la llegada de los españoles a América. Este material se empleó desde la época pre colombina en distintas manifestaciones artísticas como aglutinante de pigmentos y colorantes, en la elaboración de esculturas de pasta de caña, escudos e indumentaria adornada con plumas. Se dejó de utilizar paulatinamente después de la Conquista, a raíz de la importación de otros adhesivos provenientes de Europa y, con el paso de los años, con la introducción de materiales de producción industrial (Martínez, 1970, Oliva, 2012).

En la actualidad se ha conservado su uso en algunas manifestaciones, como en el arte plumario en Michoacán y en la elaboración de instrumentos musicales en Guerrero y Oaxaca (Espejo, 2017). La técnica, herramientas y materiales utilizados han cambiado por lo que no existe el registro de una sola forma de preparación y las existentes se adaptan con los años, dependiendo de la región y disposición de materiales. Sin embargo, desde hace décadas, especialistas de distintas disciplinas se han preocupado por investigar, rescatar y preservar este adhesivo orgánico y natural.

Con esta investigación se inserta en el estudio del *tzauhtli* como eje del patrimonio biocultural a través del análisis de los *tzauhtlis* de las orquídeas *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon*. Al comprobar que el adhesivo es útil para la restauración de materiales orgánicos como textiles y maderas, entre otros, se promueve la reinserción biológica de las plantas y, con ello, la conservación de la tradición mesoamericana del uso del *tzauhtli*, lo cual permite la investigación de otras especies de orquídeas para su estudio y caracterización como material de referencia.

Planteamiento del problema

Eckart Boege en su libro, *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México* (2008), indica que este se refiere a plantas y animales domesticados, semi domesticados, agroecosistemas, plantas medicinales, conocimientos, rituales y formas simbólicas de apropiación de los territorios por parte de las culturas mesoamericanas (2008: 23). En esta investigación se considera que las orquídeas no sólo son, como especímenes biológicos, elementos fundamentales de la biodiversidad en México y parte de nuestro patrimonio natural, sino que también están presentes en la tradición y saber de las culturas originarias mesoamericanas y, por lo tanto, son consideradas patrimonio biocultural y el eje de este trabajo se centra en su estudio a partir de esta consideración (ver capítulo 2).

Es importante considerar que, aun cuando las orquídeas constituyen la segunda familia más numerosa del reino vegetal, la mayoría de las especies difícilmente pueden reproducirse en ecosistemas diferentes a los que están predestinadas.

Las dos especies que se estudiarán en este trabajo: *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon*, son endémicas del territorio mexicano y únicamente se desarrollan en zonas de clima templado. Ambas son susceptibles a los cambios en su entorno, pues su desarrollo en general depende de la simbiosis con otras especies; además, su reproducción y crecimiento son lentos: la *L. speciosa* tarda de ocho a nueve meses en desarrollar sus semillas y más de diez años para alcanzar la madurez sexual (Aguilar, López, 2013), mientras que a cada seudobulbo de la *C. macrobulbon* le lleva un año madurar. Estas características hacen que las orquídeas sean consideradas dentro de categorías de manejo especial. Su uso indiscriminado representa un problema considerando las repercusiones ambientales que se ocasionan con la cosecha de seudobulbos pero tampoco es posible negar que estas plantas tienen un uso cultural. No es ético hacer un uso indiscriminado de este producto sin antes considerar las repercusiones ambientales. Por esta razón, no sólo se plantea el estudio de los *tzauhtlis* desde el punto de vista biológico sino proponer y promover el manejo sustentable de las orquídeas productoras.

Las posibilidades de reorientar el desarrollo económico y social hacia un esquema sustentable y respetuoso de la biodiversidad, parecen encontrarse en el conocimiento que parte de la investigación, documentación y la comprensión de los sistemas productivos contemporáneos de tradición mesoamericana, cuyos depositarios históricos han sido los pueblos indígenas que habitan el territorio nacional (Coordinación Nacional de Antropología, 2013).

Por lo tanto, y siguiendo estas premisas, el presente trabajo pretende responder a la pregunta de investigación: ¿Los *tzauhtlis* de *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon* tienen valor como patrimonio biocultural tras caracterizar sus propiedades físicas y químicas, y comprobar si estas son útiles a la restauración y como material de referencia para la investigación?

Objetivos

Estudiar desde una perspectiva histórica, biológica y científica las propiedades del *tzauhtli* siguiendo una metodología de investigación para analizar las propiedades químicas, y físicas del mucílago y finalmente caracterizarlo.

Objetivos específicos

Aportar al conocimiento del *tzauhtli* desde una trayectoria de investigación de larga duración de los procesos de las culturas originarias de Mesoamérica en la transmisión de saberes, con base en fuentes históricas y tradición oral, que den cuenta de la utilización del mucílago como adhesivo natural.

Diseñar y seguir una estrategia de colecta responsable, cultivo y domesticación de *Laelia speciosa*, *Cyrtopodium macrobulbon* y otros ejemplares de orquídeas para su investigación, uso y valoración, como patrimonio biocultural mexicano.

Establecer orquidearios en el Instituto de Física de la UNAM, la ENCRyM del Instituto Nacional de Antropología e Historia que permitan que estudiantes e investigadores tengan acceso al material vivo, posibilitando el fortalecimiento de los oficios vinculados a su uso: elaboración de esculturas de pasta de maíz, instrumentos musicales, mosaicos de pluma y como aglutinante de pinturas.

El estudio de las orquídeas, su domesticación y uso como parte de la tradición y saber de las culturas originarias es un aporte más al conocimiento del patrimonio biocultural mesoamericano. Si se comprueba que el mucílago es útil para esta actividad, se promueve la valoración y recuperación de las tecnologías tradicionales y, con ello, la conservación de la tradición mesoamericana del uso del mucílago de orquídeas como parte fundamental de un patrimonio cultural específico.

Justificación

Desde la academia debe existir una preocupación por brindar las herramientas necesarias para que el conocimiento se comparta desde una mirada objetiva con el territorio que habitamos. Este conocimiento, idealmente, debe estar sustentado por la ciencia y ser transmitido por la academia, pues es nuestro deber ser ejemplo para las nuevas generaciones en la valoración del patrimonio biocultural mexicano.

Es importante investigar sobre el patrimonio biocultural y las tecnologías tradicionales para que este trabajo funja como directriz de proyectos posteriores que promuevan el uso del *tzauhtli* como opción sustentable, ecológica y necesaria en la restauración contemporánea.

Conforme a los resultados obtenidos a partir de la investigación se comprobará si el *tzauhtli* es un material que cumple con las características necesarias para ser utilizado en la restauración de materiales orgánicos como textiles y maderas, entre otros (ver resultados, capítulo 5). En el planteamiento del problema de estudio se implicó la necesidad de valorar el patrimonio biocultural a través del estudio de los *tzauhtlis* de las orquídeas *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon*. Al

comprobar que el adhesivo es útil y aportar en su caracterización, se buscará promover la valoración de las orquídeas como patrimonio bio cultural y, con ello, la conservación de la tradición mesoamericana del uso del *tzauhtli*. Se fomentará el uso de las orquídeas productoras en la elaboración de materiales de restauración seguros y no tóxicos y, en tercer lugar, se beneficiará a los investigadores que requieran de los resultados de la caracterización del material para su uso como referencia e, incluso, para acceder al material vivo y estudiarlo.

Los resultados de esta tesis aportarán no sólo a la academia sino a la generación de conocimiento que promoverá el uso de materiales seguros con el medio ambiente y el usuario. Después de todo, el libre intercambio de conocimiento es un acto de generosidad.

Antecedentes generales

Existen trabajos de investigación que anteceden y dan pie a la presente tesis. Por esta razón es pertinente describir los sucesos, hechos, datos, entre otros aspectos publicados o no, que sustentan el problema que se abordará y la pertinencia del mismo. Se presentan de manera cronológica las principales fuentes de información que se revisaron en la construcción del presente trabajo. Se tomaron en cuenta tanto los trabajos publicados como investigaciones sistemáticas cuyos resultados están en informes y reportes. También se hicieron entrevistas y tomaron en cuenta testimonios orales de información de manera que no se pierda el saber de quién transmite. Los datos que se han generado y contrastado, así como las muchas interrogantes que se han abierto, muestran que es necesario seguir con esta investigación, pues aún hay mucho por hacer en el rescate y difusión del conocimiento y uso del mucílago de orquídea *tzauhtli*.

El primer investigador en dar cuenta del uso del mucílago de orquídeas fue Manuel Urbina (1843-1906), un médico farmacéutico que investigó los antecedentes históricos de distintos ejemplares de plantas empleadas por los indígenas de México. Urbina fue jefe del departamento de Historia Natural y a lo largo de su

carrera clasificó aproximadamente tres mil ejemplares de distintas especies. En “Notas acerca de los *tzauhtli* u orquídeas mexicanas” (1903), Urbina revisó sistemáticamente los registros de fray Bernardino de Sahagún y de Francisco Hernández acerca del uso del mucílago de orquídeas, y los complementó con sus observaciones, con lo cual generó la lista de orquídeas aprovechadas en la elaboración de objetos de culturales que fue y sigue siendo referente para los investigadores de este material.

El *tzauhtli* como tal fue caracterizado por primera vez en 1995 por la restauradora Carolusa González Tirado, mediante Cromatografía de Gases Capilar a Alta Temperatura (HT-CGC), como parte de la investigación para su tesis de licenciatura titulada “El *tzauhtli*: Mucílago de orquídeas, obtención, usos y caracterización” (1996), en la cual se determinó que el mucílago de orquídeas “contiene azúcares libres como monosacáridos (fructuosa y glucosa) y un disacárido (sacarosa)” (1995: 719). Vale la pena mencionar que, en su tesis, González reporta que encontró *tzauhtli* en un mosaico de plumas del siglo XVI titulado "San Francisco en Oración". También reportó que, pese al paso del tiempo y las condiciones de deterioro, el adhesivo funcionaba adecuadamente (González, 1996: 73-75).

En 2002, en el Seminario Taller de Conservación y Restauración de Textiles (STCRT) de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM), la restauradora perito Rosa Lorena Román Torres intervino un ejemplar de mosaico de plumas del siglo XVI: el "Cristo Salvador del Mundo" proveniente del Museo Nacional del Virreinato. Durante el proceso de investigación para la conservación de la pieza, se identificó que el adhesivo utilizado en su factura era el mucílago de orquídea o *tzauhtli*. Entonces se comprobó que, a pesar de la antigüedad de la pieza y su proceso natural de envejecimiento, el adhesivo mantenía sus propiedades adherentes en todos los estratos (Román, Gutiérrez, Félix, Soto, 2008).

Con base en los estudios de Carolusa González y después del análisis del Cristo Salvador del Mundo, Lorena Román buscó el apoyo de la Maestra Lilia Félix Ramírez (entonces profesora del Taller de artes plásticas de la ENCRyM) para

continuar con el estudio del mucílago. La maestra comenzó una investigación histórica e intentó conocer cuál era el modo de empleo y la preparación del *tzauhtli* a partir de las fuentes históricas y a través del conocimiento y reproducción de los objetos artísticos realizadas desde la época prehispánica hasta nuestros días, como el arte plumario y la escultura de caña de maíz. Además, continuó estudiando las propiedades adhesivas del *tzauhtli* y reproduciendo métodos de extracción.

Para conseguir los ejemplares, Félix buscó la asesoría del doctor en biología Miguel Ángel Soto Arenas, quien aseguró que las orquídeas de las que se obtiene el *tzauhtli* se encuentran en el centro-occidente de México en los estados de Michoacán, México, Morelos y alrededores (Soto Arenas, 1970) y donó ejemplares de *Laelia autumnalis* y *Prosthechea citrina* para realizar las primeras pruebas. Estas orquídeas florecen de manera estacional, la primera en otoño y la segunda en primavera, son difíciles de conseguir y la *P. citrina* aparece como amenazada en en la lista por la NOM-059 (Semarnat, 2010).

Esta investigación se registró en 2009 como proyecto del Seminario-Taller de Textiles en el Programa de Mejoramiento de Profesorado (PRODEP). La investigación biológica y botánica estuvo a cargo de Lilia Félix, la investigación histórica, del licenciado Abner Gutiérrez Ramos, y la vinculación de los conocimientos generados a la restauración de textiles a cargo de Lorena Román. Lamentablemente el fallecimiento del doctor Soto Arenas y la renuncia de la maestra Félix retrasaron la investigación hasta 2011, año en que se retomó el proyecto en el que quedé a cargo de la investigación biológica y botánica.

El mismo año, Ana María López Montañez presentó su tesis de maestría titulada “Identificación de carbohidratos y lípidos de pseudobulbos de orquídeas mexicanas utilizadas en el arte plumaria”. En este trabajo, dirigido por la doctora Araceli Peña Álvarez,



Figura 1: *Prosthechea citrina*
Orquídea epífita.
Ilustración: Lilian García-Alonso

se caracterizaron los mucílago de cinco especies de orquídeas, además de *Bletia campanulata*, por medio de cromatografía de gases de alta temperatura y siguiendo la metodología establecida en la tesis de Carolusa González. La doctora Peña, del Departamento de Química Analítica en la Facultad de Química de la UNAM, es una experta en el campo y sigue trabajando en la caracterización de distintos componentes vegetales por medio de técnicas cromatográficas.

A través del PROMEP se consiguieron fondos para hacer viajes de campo y de investigación, así como para comprar ejemplares de orquídeas y pagar pruebas con equipo avanzado, con el que no se cuenta en la ENCRyM. Parte de estos recursos se otorgaron a la restauradora Diana María Fernanda Núñez Vázquez para la elaboración de su proyecto: “Análisis y evaluación del mucílago de la *Prosthechea citrina* para su uso como adhesivo y consolidante en sedas altamente deterioradas”, que inició en 2011 y concluyó como tesis para optar por el título de Licenciada en Restauración de Bienes Muebles en 2013.

La tesis de Núñez tenía por objetivo hacer pruebas físicas con la *Prosthechea citrina*, especie que, de acuerdo con Félix, tenía mejores propiedades adherentes que la *Laelia autumnalis*. Tras la investigación de Núñez fue evidente que se necesitaban más ejemplares de orquídeas, pues hasta ese momento sólo se habían hecho probetas con tres especies: *Betia sp*, *Laelia autumnalis* y *Prosthechea citrina*. De la primera no se sabía con exactitud su procedencia, pues las *Bletias* no son una especie asequible; la *Laelia autumnalis* había sido descartada, y de la *Prosthechea citrina* se contaba con pocos ejemplares y hacían falta más para hacer las pruebas pertinentes (Félix, comunicación personal, 2017).

Como siguiente paso, se contactó a los principales especialistas en orquídeas en México, pues para conseguir las orquídeas mencionadas en las fuentes que remiten a la importancia de su uso (ver Hernández, 1942; Sahagún, 2006; Berdan, 2007), antes era necesario identificarlas por medio de la asesoría de los expertos. El primer acercamiento fue con la directora del orquideario de la UNAM, quien recomendó buscar la ayuda de los biólogos de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y acudir al orquideario del campus Iztapalapa.

En la UAM, el doctor Javier García, especialista en orquídeas y coautor de varias publicaciones, asesoró la investigación y proporcionó un ejemplar de *Prosthechea citrina*. García recomendó consultar al doctor Adolfo Espejo, quien actualmente está a cargo del orquideario de la UAM (Comunicación personal, 2013). Espejo apoyó la investigación con datos sobre las especies consideradas, descartó algunas y sugirió el uso del mucílago de *Cyrtopodium macrobulbon* y *Catasetum laminatum*, especies endémicas que crecen en las zonas altas de Oaxaca y en el norte de Morelos, cuyo mucílago tiene un poder adhesivo tal que se usa desde hace tiempo por los lauderos de Oaxaca en la elaboración de instrumentos musicales.

Espejo facilitó el contacto con el ingeniero Eric Hágsater por considerarlo el experto en orquídeas más importante de México (Espejo, comunicación personal, agosto 2013). Hágsater, a su vez, ayudó a establecer contacto con la Asociación Mexicana de Orquideología (AMO) y con Arturo Espinoza, entonces presidente de la AMO. Se contó con todo el apoyo de la AMO y sus asociados en la búsqueda y obtención de manera legal de ejemplares de orquídeas, e incluso se invitó al cuerpo académico a dar una plática para la asociación acerca del uso del *tzauhtli* en la restauración y de los avances en la investigación en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Entre los miembros de la AMO que destacan por la ayuda brindada, se encuentran tanto el ingeniero Espinoza como el señor Ramón Caltum, quienes facilitaron información sobre las condiciones idóneas para el cultivo de orquídeas, hicieron propuestas viables para la construcción de un invernadero y recomendaron la adquisición de distintos insumos para el cuidado de estas plantas. También

resaltaron características biológicas de las orquídeas que se consideraron para el estudio del mucílago producido por otras especies.



Figura 2: *Chichiltictepetzacuxochitl*
Laelia Autumnalis.
Historia de las Plantas de la Nueva
España. Siglo XVII.
(La Llave y Lexarza, en Hernández,
1825)

A través de la AMO, se estableció contacto con la doctora Irene Ávila, experta en genética de orquídeas y profesora de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ávila anotó algunas consideraciones en la investigación, en cuanto a la selección de bulbos para la cosecha y obtención del mucílago, y a la posibilidad de criar orquídeas *in vitro* (comunicación personal, 2013). Ávila además apoyó en la investigación histórica y observó las láminas presentes en *La Historia de las plantas de la Nueva España* (La Llave y Lexarza, en Hernández, 1825) que describen las orquídeas y aseguró, con base en su experiencia, que la representación identificada como *Chichiltictepetzacuxóchitl* o *Laelia autumnalis* es, en realidad, *Laelia speciosa*, orquídea endémica de México que ha estudiado durante años y con la cual se realizaban las famosas esculturas de pasta de caña de maíz.

Siguiendo las pautas dictadas por Ávila, se hicieron visitas al orquideario de Morelia para conseguir especies de *Laelias*, y a la ciudad de Pátzcuaro, Michoacán, donde se siguen elaborando figuras religiosas con la tradicional pasta de caña de maíz y mucílago de orquídeas. En Pátzcuaro fue posible entrevistar al artesano Mario Agustín Gaspar, maestro en la técnica de la escultura de caña de maíz. Gaspar ha laborado por más de veinte años en su taller, ubicada en la Casa de los 11 Patios, donde reproduce la técnica de la caña de maíz aprendida de su maestro, Baldomero Guzmán. Baldomero le enseñó a Gaspar a realizar esculturas de caña de maíz siguiendo los principios de las técnicas más antiguas y utilizando los materiales tradicionales. A través del estudio de la técnica de caña de maíz es posible conocer un poco más del empleo del mucilago

(principalmente como un pegamento y aglutinante), y a corroborar datos de los cuales partió la investigación (Gaspar, comunicación personal octubre 2013).

A partir de la información obtenida en la comunicación personal con Gaspar sobre el uso de mucílago, no fue posible corroborar el uso artesanal de la especie *Prosthechea citrina* como adhesivo. Sin embargo, Núñez (2013) validó su capacidad adhesiva y su utilidad en diferentes actividades, como la restauración. Mediante pruebas como el intemperismo, la humectación y la termogravimetría, obtuvo la tensión superficial y viscosidad del mucílago de *Prosthechea citrina* mezclado con agua a diferentes concentraciones, con la finalidad de tener una comparativa de su penetrabilidad en medios porosos. Además de esto, el pH fue tomado para conocer si el mucílago era adecuado para ser usado en seda; los resultados indican que puede ser utilizado sin ningún inconveniente.

Las pruebas de solubilidad realizadas por Núñez (2013) refieren que, en general, la película tiene afinidad por los disolventes que tienen grupos funcionales OH y NH₂, y una ligera solubilidad a los disolventes no polares de una parte de los componentes de la *Prosthechea citrina*. Aunque el mucílago no tiene suficiente poder adhesivo, sí puede ser utilizado para recuperar la flexibilidad de fibras de sedas altamente deterioradas y como consolidante en mezcla con otros adhesivos como Methocel™ 1:1. Núñez realizó pruebas de adherencia en probetas de seda con la mezcla de Methocel™ y el mucílago, pero no arrojaron resultados confiables, debido a la falta de equipos de alta sensibilidad.

Buscando un equipo más sensible para realizar las pruebas de tracción y de envejecimiento acelerado, se consideraron varias opciones para llevar a cabo los análisis pertinentes y finalmente se eligieron los laboratorios de Westek, los cuales cuentan con pruebas y centros de exposición de muestras a la intemperie, están acreditados por diversos organismos internacionales y tienen una sede en la Ciudad de México. A mediados de 2012 (fecha en la que Núñez obtuvo los resultados preliminares de su investigación) se iniciaron las pruebas en sus instalaciones.

En cuanto a la película de *tzauhtli*, se determinó que la flexión y resistencia a la tensión son adecuadas para el uso en seda. El *tzauhtli* no amarillea al envejecer, el

color que deja la solución en dicho material es ideal (tomando en cuenta el cambio perceptible por el sensor) y sus características permanecen después de una simulación de diez años. El *tzauhtli* otorga mayor resistencia a la seda sin alterar significativamente su apariencia (Informe técnico Westek, 2012).

Gracias a las pruebas de envejecimiento acelerado y tracción, se confirmó que el *tzauhtli* cubre en gran parte los lineamientos práctico-éticos que recomienda la disciplina de la restauración, como la compatibilidad, la cual se refleja a nivel químico y mecánico. La *Prosthechea citrina* no tiene suficiente poder adherente, pero sí es un buen consolidante, la *Laelia speciosa* tiene mayor poder adhesivo y es utilizada en más aplicaciones, como en la elaboración de esculturas de caña de maíz. El mucílago obtenido de ambas especies mantiene un índice de blancura mayor y un nivel de amarillamiento mínimo después de someterse a pruebas de envejecimiento acelerado.

La identificación y adquisición de las especies representa un punto de vital importancia para el éxito en el uso del mucílago como material de restauración, por lo que el contacto con los biólogos, los miembros de la AMO y con los artesanos que siguen utilizando el mucílago, permitió entender que las orquídeas como material vivo están en riesgo y algunas en peligro de extinción, y que el uso que se les ha dado desde tiempos remotos es parte de nuestro legado cultural y merece ser conservado. En mayo de 2014, se presentó un póster titulado “*Tzauhtli*: ¿The Ideal Textile Adhesive?” en la reunión anual del American Institute of Conservation (AIC), en el que se resaltó la importancia de colaborar con alguna comunidad dedicada al cultivo de las especies productoras de *tzauhtli*.



Figura 3: *Laelia speciosa*
Fotografía: Lilian García-Alonso, 2015.

Las propiedades adhesivas del *Cyrtopodium macrobulbon* son notables y en la ENCRyM restauradores y estudiantes ya han realizado probetas con el mucílago en

madera, textiles e incluso para fijar escamas en pintura de caballete. Los resultados preliminares son exitosos al igual que en el caso del mucílago de *Laelia speciosa*. De allí que sea tan importante continuar con la pruebas pertinentes y específicas para caracterizarlos química y físicamente, y comprobar la eficacia de su uso como adhesivo utilizado en restauración. Además, es importante hacer referencia al trabajo dentro de la disciplina de la restauración pues, aunque no hay suficientes registros escritos, hay mucho conocimiento práctico que merece ser descrito, registrado y compartido.

A partir de estos antecedentes, es posible clarificar la importancia del uso que tiene el mucílago de las orquídeas en el territorio mexicano a lo largo del tiempo, así como todas las posibilidades de aplicación en la restauración y la investigación como material de estudio, y así promover el cuidado y cultivo de este patrimonio biocultural heredado por nuestras culturas originarias (Martínez, 1970).

Método

Como primer paso para la elaboración de esta tesis, fue necesario continuar la revisión bibliográfica y de fuentes que aborden la información acerca del *tzauhtli* y su importancia para las culturas originarias. Se consultó el *Códice de la Cruz-Badiano*, así como el libro XI del *Códice Florentino* de fray Bernardino de Sahagún destinado a la Historia natural de la Nueva España, entre otros. Se hizo trabajo con comunidades, con visitas a los escultores de Pátzcuaro, Michoacán, a los talladores de alebrijes del centro de Oaxaca y a los lauderos del norte de Oaxaca y Guerrero, para comprender más de sus técnicas en el uso de las orquídeas, entender por qué ha caído en desuso y plantear la posibilidad de su manejo sustentable para potenciar su uso. La información obtenida se analizó bajo el concepto de patrimonio biocultural, de tal forma que el significado de la investigación adquiere una connotación distinta y se fortalece del concepto que refiere a uno de los atributos culturales centrales de la organización de la cultura de los pueblos indígenas: la

relación naturaleza-sociedad (Boege, 2017). Las orquídeas productoras de *tzauhtlis* pertenecen a esta clasificación (ver capítulo 2).

Se estudiaron las propiedades del *tzauhtli* tomando en cuenta la genética y algunos factores que influyen en el crecimiento de las orquídeas, pues estos determinan las particularidades del mucílago extraído (ver capítulo 3). Para cumplir con esta fase de la investigación, y con sugerencias de la doctora Irene Ávila de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se hizo una colecta responsable de especímenes de orquídeas en distintos puntos de la República, con una distancia tal entre sí que permitiera una clara diferenciación genética. Se hizo trabajo de campo en el poblado de San Andrés de la Cal en Morelos, para rescatar ejemplares de *Cyrtopodium macrobulbon* que crecen en caleras que son constantemente explotadas y que, por lo tanto, están en riesgo de perderse.

Las orquídeas colectadas se registraron y resguardaron siguiendo un estricto protocolo. En cada caso se consideraron factores, como la época en que se cortó el bulbo (en temporada de lluvia o sequía), las coordenadas geográficas y el ambiente de crecimiento. Estos factores se deben tomar en cuenta para asegurar una cosecha de bulbos que no afecte ni ponga en riesgo el crecimiento de las orquídeas, y también son determinantes de características como la cantidad de mucílago obtenido, su coloración y flexibilidad. En este proceso, se llevó a cabo un registro fotográfico de cada espécimen acompañado de una hoja de datos (consultar anexos).

Una vez obtenidos los ejemplares de orquídeas, se procedió a la parte experimental de la investigación; para esto se desarrolló una metodología de experimentación. Se extrajo el mucílago y se hicieron probetas en textiles de algodón y seda adheridos con *Laelia speciosa*, y en madera de pino adherida con *Cyrtopodium macrobulbon*. La mitad del total de las probetas se sometió a un proceso de envejecimiento acelerado y al total se le realizaron ensayos físicos para comprobar la eficacia del mucílago como adhesivo. Paralelamente, y bajo la supervisión del Doctor José Luis Ruvalcaba, se hicieron pruebas de Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) y Espectroscopía Raman, además de

complementar con cromatografía de gases de alta temperatura para caracterizar el material (ver capítulo 4).

Con base en esta investigación, es clara la promoción de la conservación y manejo adecuado de las orquídeas productoras de *tzauhtli* como acervo biocultural y, en conjunto con la UNAM e INAH, se tome en cuenta el conocimiento de los pueblos mesoamericanos acerca de su patrimonio biocultural y se propongan estrategias para la reproducción del mismo. El mucílago se destinará a los siguientes usos: como material de referencia para investigadores interesados en el tema, como adhesivo en las prácticas culturales herencia del saber mesoamericano, y como material de restauración orgánico, natural y no tóxico.

Delimitación de la investigación por capítulos

Primero se considera la concepción del mucílago de la orquídea o *tzauhtli* como patrimonio biocultural y se presenta una revisión de fuentes primarias tales como códices y bibliografía especializada para dar un contexto histórico acerca de su uso. También se refieren entrevistas realizadas a artesanos y etnógrafos durante una serie de visitas de campo a poblaciones donde se utilizó o se sigue utilizando el material (capítulo 1).

En los antecedentes de la investigación (capítulo 2), se presentan de manera cronológica las principales fuentes de información actuales, revisadas en la construcción de la investigación y que constituyen las delimitaciones teóricas de la misma. En este apartado se comentan los orígenes y la actualidad de la investigación, se aprecian con mayor claridad las aportaciones, sus propósitos iniciales y cómo éstos se han transformado durante su desarrollo.

Desde hace años, investigadores de distintas disciplinas han intentado caracterizar el material (posiblemente *tzauhtli*) encontrado como aglutinante de pigmentos y colorantes sobre pintura mural, códices, piedra y cerámica; y como adhesivo en mosaicos de pluma y esculturas de pasta de caña de maíz. Sin embargo, han tenido

dificultades para hacerlo, dadas las características inherentes a la naturaleza de este tipo de adhesivos y por la falta de material de referencia. En la disciplina de la restauración de bienes culturales se han realizado pruebas con los *tzauhtlis* de algunas especies de orquídeas, sobre todo como aglutinante en textiles deteriorados y como adhesivo de escamas en pintura de caballete (capítulo 2).

El material ha demostrado tener buenas propiedades a nivel de probetas y bajo una observación organoléptica, pero es necesario complementar estas pruebas y analizarlas a partir del rigor de una metodología científica. Existen técnicas químicas y físicas útiles para la identificación de este tipo de materiales, pero con el fin de lograr una caracterización puntual, es necesario complementarlas con el desarrollo de una metodología de análisis que permita el entendimiento del material, no sólo a partir de sus propiedades físicas y químicas, sino de la relación que existe con las características ambientales del medio de crecimiento en el que habitan, pues estas influyen en el comportamiento de la planta independientemente de que pertenezcan a la misma especie (capítulo 3).

La siguiente fase de la investigación (capítulo 4), se sitúa en el análisis de las orquídeas dentro de un conjunto amplio de desarrollos científicos. Se revisan antecedentes de pruebas y análisis, tanto químicos como físicos, realizados a materiales similares y al mismo mucílago; se consideran las principales limitaciones de estos análisis y se proponen posibles vías de superación de las mismas. Este apartado sugiere también iniciar un intercambio de información y establecer una relación académica con otros investigadores.

Finalmente se hace una recapitulación y se destacan los aportes de la investigación.

CAPÍTULO 1

EL PATRIMONIO BIOCULTURAL:
RESCATE DE MATERIALES Y TÉCNICAS
TRADICIONALES

1.1. El patrimonio biocultural: rescate de materiales y técnicas tradicionales

A los investigadores entrenados en los recintos académicos de la ciencia moderna, nos enseñaron a entender las técnicas, a inventariar las especies utilizadas y a descubrir los sistemas de producción, energía y abasto por medio de los cuales los grupos humanos se apropian la naturaleza. Rara vez nos enseñaron a reconocer la existencia de una experiencia, de una cierta sabiduría, en las mentes de los millones de hombres y mujeres que día con día laboran la naturaleza precisamente mediante esas técnicas, esas especies y esos sistemas.

(Toledo, 2009)

En un país cuya historia está marcada por un patrimonio cultural y un territorio con una riqueza biológica enorme, es imposible tener una visión responsable del futuro sin considerar la profunda conexión entre cultura y naturaleza. El concepto de patrimonio biocultural se crea precisamente al tomar en cuenta el complejo sistema de equilibrio entre los pueblos indígenas, su medio ambiente y aspectos culturales (Toledo, 2009).

Tomando en cuenta la definición de Eckart Boege (2008) sobre patrimonio bio cultural en donde indica que este se refiere a plantas y animales domesticados, semidomesticados, agroecosistemas, plantas medicinales, conocimientos, rituales y formas simbólicas de apropiación de los territorios por parte de las culturas mesoamericanas. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas incluye:

- Recursos naturales bióticos, intervenidos en distintos gradientes de intensidad por el manejo diferenciado y el uso de los recursos naturales según patrones culturales.
- Agroecosistemas tradicionales basados en la siembra y cultivo que permitan la seguridad de las variedades de especies con un mínimo impacto ambiental.



Figura 4: Sistema de equilibrio del patrimonio bio cultural.

Este sistema tiene como resultado un paisaje heterogéneo y variado que idealmente puede convertirse en una reserva natural.

- La diversidad biológica domesticada con sus respectivos recursos fitogenéticos desarrollados y/o adaptados localmente como las más de cien especies de plantas domesticadas alimenticias y cuatro mil especies herbóreas.
- Lo simbólico de un sistema de creencias ligado a los rituales y mitos de origen en relación con los espacios naturales o lugares sagrados (Boege, 2008).

Para desarrollar el concepto de patrimonio biocultural es imprescindible comprender la dimensión de la territorialidad de los pueblos indígenas en un espacio determinado. En las regiones bioculturales se generan diversos paisajes entre la vegetación natural y los agroecosistemas, a veces itinerantes de la actividad agrícola (Boege, 2017). La idea de una naturaleza virgen y prístina se ha reconsiderado, en tanto que representa una mirada idealizada desde la ecología estrictamente biológica. Según Víctor Toledo y Narciso Barrera-Bassols en *El rescate de la memoria biocultural* (2009), estudios realizados en Mesoamérica, la Amazonia y África han demostrado que, desde la incorporación del ser humano a un espacio determinado, la naturaleza cambia por la más simple evidencia del paso del hombre, hasta la conformación de sistemas agrícolas complejos.

El estudio de las culturas originarias está en auge, basta recordar la presencia internacional que ostenta el posgrado en el que se origina la presente tesis. Cada día cobra más importancia la conservación de las tradiciones, lenguas y la protección, no sólo de zonas arqueológicas, sino de la dimensión material e inmaterial de las culturas actuales.

En la convención para la salvaguarda del Patrimonio Cultural Inmaterial de la UNESCO, celebrada en París el 17 de octubre de 2003, se define como *patrimonio cultural inmaterial* a los usos, representaciones, expresiones, conocimientos y técnicas (junto con los instrumentos, objetos, artefactos y espacios culturales que les son inherentes) que las comunidades, grupos y, en algunos casos, los individuos reconozcan como integrantes de su patrimonio. Éste se transmite de generación en

generación y es recreado constantemente por las comunidades y grupos en función de su entorno, su interacción con la naturaleza y su historia, infundiéndoles un sentimiento de identidad y contribuyendo a promover el respeto de la diversidad cultural y la creatividad humana y se manifiesta en particular en los siguientes ámbitos:

- Tradiciones y expresiones orales (incluido el idioma como vehículo del patrimonio cultural inmaterial)
- Artes del espectáculo
- Usos sociales, rituales y actos festivos
- Conocimientos y usos relacionados con la naturaleza y el universo
- Técnicas artesanales tradicionales (UNESCO, 2003)

De acuerdo con la Coordinación Nacional de Antropología:

Las posibilidades de reorientar el desarrollo económico y social hacia un esquema sustentable y respetuoso de la biodiversidad, parecen encontrarse en el conocimiento, documentación y comprensión de los sistemas productivos contemporáneos de tradición mesoamericana, cuyos depositarios históricos han sido los pueblos indígenas que habitan el territorio nacional. (Coordinación Nacional de Antropología, 2013).

La importancia de la naturaleza en cuanto a su aprovechamiento y conocimiento relacionado con un uso cultural queda explícita y anotada dentro de los puntos a considerar en la salvaguarda del patrimonio cultural (UNESCO, 2003; Coordinación Nacional de Antropología, 2013), sin embargo, se debe destacar su relevancia. Víctor Toledo en *El paradigma biocultural: crisis ecológica, modernidad y culturas tradicionales* (2013) hace un llamado urgente a unir el estudio y la conservación de la biodiversidad al estudio y la conservación de las culturas.

Académicamente, el interés biológico y ecológico no pueden separarse del interés antropológico o etnológico. Se están inaugurando nuevos caminos pedagógicos y académicos en los que se articula la dimensión biológica con la cultural, con repercusiones en las materias ambientales, antropológicas y los enfoques interdisciplinarios en los que, por supuesto, se debe incluir la ciencia (Toledo, 2013).

El uso del *tzauhtli* a través del tiempo



Figura 5: *Proceso de la elaboración de un mosaico de plumas.*
Códice Florentino.
Tomo II, folio 65v, siglo XVI.

1.2.1. El *tzauhtli* en Mesoamérica

Tzauhtli o *tzacutli* fue el vocablo náhuatl que se utilizó en la época prehispánica para referirse al mucílago de las orquídeas obtenido de sus órganos de reserva o pseudobulbos. Como primer paso en la trayectoria de esta investigación, fue necesario realizar una exhaustiva revisión bibliográfica de la información acerca del *tzauhtli* y su importancia para las culturas originarias.

Se buscó información en fuentes primarias, tales como crónicas, y en fuentes secundarias, como bibliografía especializada.

Con su lectura, se puede apreciar que, desde épocas remotas, el uso del *tzauhtli* como aglutinante y adhesivo fue común debido a sus propiedades, de ahí que haya sido un recurso natural muy apreciado en distintas actividades artísticas. Esto consta en los códices y las producciones artísticas que aún se conservan y son legado del conocimiento de nuestras culturas originarias.

En la *Historia General de las Cosas de Nueva España*, Fray Bernardino de Sahagún usa la palabra *tzacutli* para referirse a un pegamento, en

general, pero también a un aglutinante para colores elaborado con la orquídea identificada como *Epidendrum pastoris* L.H. (Garibay, 2006: 928).

El fraile franciscano usa el término en español de *engrudo*, para referirse a un pegamento empleado por los indígenas en la elaboración del arte plumario. Al narrar cómo se comercia con este adhesivo en el mercado, deja entrever un poco del proceso de su elaboración:

El que vende engrudo primero saca las raíces del que se hace, y sacada, límpialas y mójalas o machúcalas, sécalas al sol, y siendo secas muélelas bien molidas; y algunas veces engaña con el engrudo porque sus raíces van mal molidas, mezcladas con cañas de maíz molidas. Después de que están bien secas y con granos de maíz y de frijoles, bien molidos con los cuales mezclado el engrudo parece bueno (Sahagún, 2006: 558).

Sahagún (2006) refiere que, como la mayoría de los otros vendedores en la cuenca, los comerciantes de pegamentos no estaban por encima de adulterar su producto vendiéndolo toscamente molido, con frijoles molidos y con tallos y granos de maíz pulverizados. Esto no sólo sugiere un valor más alto para el *tzauhtli* que para el maíz y los frijoles, sino que indica que posiblemente era necesario agregar otros materiales para utilizarlo como adhesivo. También indica que el mucílago de la orquídea se usaba para mezclar y aplicar colores como aglutinante y sin mezclar con frijol o maíz, fungiendo como una especie de temple. El fraile describe tres colores para los que empleaba esta técnica:

- Verde oscuro:

Mezclando el amarillo que se llama *Zacatlazcali*, con color azul claro que se llama *texotli* y *tzacutli*, hacerse un color verde obscuro que se llama *yapalli* (Sahagún, 2006: 676).

- Leonado:

Para hacer color leonado toman una piedra que traen de *Tlauic*, que se llama *tecoxtli*, y molenla, y mezclanla, con *tzacutli*, hacense color leonado, a este color llaman *cuappachtli*. (Sahagún, 2006: 757).

- Morado:

Mezclando grana, con alumbre, que viene de *Mextitlan*, y un poco de *tzacutli*, hacese un color morado que se llama *camopalli*, con que hacen las sombras los pintores (Sahagún, 2006: 756).



Figura 6: Molido de *tecoxtli* en metate para elaboración del color leonado.
Códice Florentino.
Tomo II, folio 65v, siglo XVI.

Es importante notar que Sahagún se entrevistó con varios *principales ancianos* indígenas que le informaban comentando y ayudándose de imágenes y códices. El franciscano comprendió el modo indígena de comunicar a través de la tradición oral, expresándolo en forma de una investigación antropológica (León-Portilla, 1999). Quizá por esta razón no abunda en descripciones botánicas de carácter científico y no se ha logrado determinar en qué tipo de trabajos se empleaban estos colores mezclados con *tzauhtli*. Es posible que se utilizaran en la elaboración de murales, códices e incluso para pintar cerámica; sin embargo, no se han podido realizar estudios que lo demuestren (González, 1996).

El protomédico Francisco Hernández fue enviado por Felipe II a la Nueva España por siete años para estudiar y registrar los recursos medicinales de la región. En 1615 escribió *De la naturaleza de las plantas y animales de la Nueva España* (*Rerum medicarum Novae Hispaniae Thesaurus, seu Plantarum, Animalium, Mineralium Mexicanorum Historia cum notis Joannis Terentii Lineæi*) o los *Quatro libros de la naturaleza, y virtudes de las plantas, y animales* (obra publicada entre 1942 y 1946). Entre sus descripciones botánicas, Hernández se refiere al *tzacutli* como una planta con la que se prepara un “gluten” (Piñero, 1996).

Echa el *Tzacutli* raíces parecidas a las de asfódelo, blancas y fibrosas, de donde brotan hojas como de puerro surcadas de líneas longitudinales, tallos rectos y nudosos, y en ellos flores amarillo rojizas con púrpura, algo parecidas en la forma a las de iris, pero mucho más pequeñas. La raíz es fría, húmeda y glutinosa; se prepara con ella un gluten excelente y muy tenaz que usan los indios y principalmente los pintores para adherir más firmemente los colores, de suerte que no se borren fácilmente las figuras (Hernández, 1942-1946: 376-377).

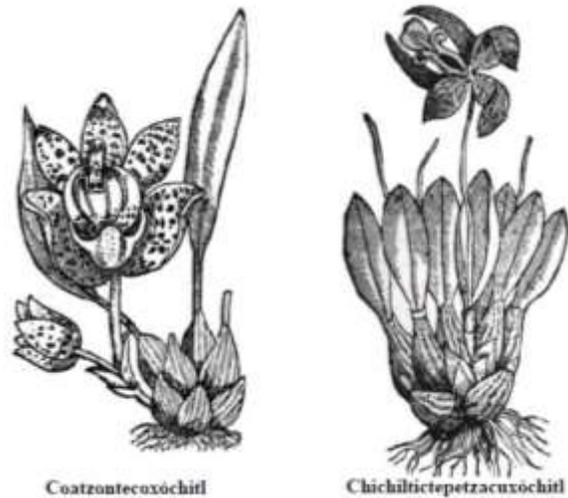


Figura 7: *Cuatzontecoxóchitl* y *Chichiltictepetzacuxóchitl* interpretadas de la obra de Francisco Hernández como *Stanhopea tigrina* y *Laelia autumnalis* (Emeterio-Lara, 2016)

En la descripción de Hernández (1942-1946), el *tzauhtli* es referido como aglutinante de pinturas y lo menciona cuando describe técnicas pictóricas, describiendo que al producirlo “se corta la raíz en trozos pequeños, se saca al sol y se muele, y con el polvo se prepara este famoso gluten” (Hernández: 377).

Al interpretar textos antiguos se debe considerar el contexto histórico en el que los autores utilizaban las palabras. Los términos *engrudo* y *gluten* son usados como sinónimos del mucílago que se obtenía de lo que los cronistas consideraron las raíces y que, en realidad anatómicamente referían a los pseudobulbos o cormos de las orquídeas (Cullina, 2004). Carolusa González indica que el engrudo es una especie de pasta blanca, obtenida al calentar alguna harina u otro material con mucho almidón. Los pseudobulbos de orquídeas secas y molidas, además de mucílago (un polisacárido), tienen almidón (otro tipo de polisacárido) (Comunicación personal, 2017). El término *gluten* puede referirse a cualquier sustancia pegajosa o a la proteína que se encuentra en las gramíneas, junto con el almidón (Haros, 1999).

¿A qué se refieren los cronistas? ¿A una sustancia blanca, como el engrudo, a una transparente como la baba del nopal o al mucílago del bulbo recién cortado de una orquídea?

Hasta ahora, los cronistas citados mencionan diversas especies de orquídeas, posiblemente terrestres. Las orquídeas investigadas en este trabajo, *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon* son epífitas y terrestres, respectivamente y aunque quizás estén consideradas en la bibliografía anteriormente citada, no están referidas directamente. Por ejemplo, entre las orquídeas citadas en el *Códice De la Cruz-Badiano (Leibellus de Medicinalibus indorum herbis, 1991)*, un herbario medicinal mesoamericano con ilustraciones a color, sólo hay una referencia a la vainilla. En los tomos de *Arqueología Mexicana* dedicados a este códice se encontró un recuento de las plantas con la fotografía de cada una, sin la evidencia del uso de *Cyrtopodium* ni *Laelias* (Bye, 2013).

La *Laelia speciosa* es una de las primeras orquídeas mexicanas citadas en la literatura científica. Fue mencionada en la elaboración de adhesivos y denominada como *tzauxóchitl* por Hernández (1942-1946). El barón Alexander von Humboldt encontró esta especie durante uno de sus viajes a México, y su colaborador Karl S. Kunth la describió en 1815 como *Bletia speciosa*. En 1825, los botánicos Pablo de la Llave y Juan Lexarza se refirieron a la misma planta como *Bletia grandiflora* y John Lindley, como *Laelia majalis*. Finalmente, en 1914 Rudolf Schlechter armó la combinación actualmente aceptada: *Laelia speciosa*, y ese nombre se ha usado desde entonces. El botánico alemán Theodore Hartweg fue comisionado para mandar plantas a Inglaterra desde regiones templadas de México y se sorprendió al encontrar especímenes de *Laelia speciosa* cerca de León, Guanajuato en lugares elevados y con temporadas de invierno frías. Desafortunadamente, el cultivo de *L. speciosa*, separado de la corteza de los encinos y ficus del territorio mexicano es sumamente difícil. Las plantas no crecen, no florecen o no se reproducen y, por lo tanto, nunca gozaron de popularidad en el extranjero (Halbinger y Soto, 1997).

Las especies de las plantas productoras de *tzauchtli* se conocen desde el trabajo de La Llave y Lexarza (1825), quienes, de manera tentativa, identificaron algunas de las orquídeas señaladas por Hernández (1942-1946).

La revisión bibliográfica revela que las siguientes especies de orquídeas han sido utilizadas en alguna ocasión como *tzauhtli*, ya sea como mucílago o en engrudo (Urbina, 1970):

1. *Arpophyllum spicatum* (La Llave & Lexarza)
2. *Bletia campanulata* (La Llave & Lexarza)
3. *Bletia coccinea* (La Llave & Lexarza)
4. *Prosthechea cf. citrina* (La Llave & Lexarza; W. E. Higgins)
5. *P. pastoris* (La Llave & Lexarza; Espejo & López-Ferrari)
6. *Govenia liliacea* (La Llave & Lexarza)
7. *Govenia superba* (La Llave & Lexarza)
8. *Laelia speciosa* (Kunth; Schltr; Ávila)
9. *Laelia autumnalis* (La Llave & Lexarza)
10. *Cranichis speciosa* (La Llave & Lexarza)
11. *Cranichis tubularis* (La Llave & Lexarza)

Es probable que varias especies de *Bletia*, aparte de las arriba mencionadas, también hayan sido fuente del adhesivo. La especie ilustrada por Hernández (1942: 117) como *tzacutli* probablemente sea *Bletia jucunda* (González, 2004).

A pesar de las referencias citadas, la información respecto a la identidad de las especies de orquídeas que se presenta en estos documentos no es del todo precisa. Según Adolfo Espejo (comunicación personal, 2011), difícilmente la *Chranichis speciosa* y la *Chranichis tubularis* habrían podido ser usadas en esa época, pues no cuentan con órganos de reserva. Esto pone en duda que una especie de tierra caliente, más bien rara y desconocida en el Valle de México, como la *Bletia coccinea*, haya estado disponible para los mexicas. Pero, a pesar de que el cultivo de esta orquídea sufriera dificultades en este lugar, queda considerar que sus redes

de comercio podrían haber hecho posible su adquisición. También queda la opción de que estas especies fueran usadas por indígenas de tierra caliente de Guerrero o Michoacán. Asimismo, debe considerarse que el método de obtención del *tzauhtli* produce importantes variaciones en su composición: simplemente si se calienta a diferentes grados, ocurre un cambio en sus propiedades.

Por su parte, el trabajo de documentación histórica y la comunicación con biólogos expertos en orquídeas confirman el uso del *tzauhtli* en la elaboración de ejemplares de arte plumario y como aglutinante de pintura, además en la creación de esculturas de pasta de caña de maíz, instrumentos musicales y dulces de amaranto. En *La Historia General de las Cosas de la Nueva España* (1938), Sahagún documenta los usos tradicionales medicinales, comestibles y prácticos de las orquídeas, empleados por los Nahuas del siglo XVI:

Los amantecas eran trabajadores dedicados a elaborar artículos y adornos de plumas finas; estos especialistas elaboraban los adornos y vestimentas para los bailes, armas, trajes e insignias de los guerreros, y las vestimentas y coronas o *copillis* de los señores. (Sahagún, 1938: 163-165).

El arte de trabajar la pluma fue un oficio distinguido en el México precolombino. En Mexico-Tenochtitlán los amantecas eran personajes muy apreciados. La demanda que se generó en el consumo de este tipo de objetos suntuarios propició la especialización de diferentes grupos artesanos, entre los que se encontraban: los que elaboraban vestiduras ceremoniales de las deidades, plumarios al servicio del monarca y trabajadores especialmente escogidos para la elaboración de rodela de pluma con técnica de mosaico (Espejel, 1972).

En el siglo XVI los españoles admiraron el minucioso trabajo que los amantecas realizaban expresado en: mantas, huipiles, brazaletes, tocados, escudos para el pecho y vestiduras ceremoniales. El reconocimiento de esta labor, así como la necesidad de producir imágenes para la evangelización, hicieron que se siguiera fomentando este arte; sin embargo, las piezas que se realizaron a partir de siglo XVI tuvieron como tema principal la imaginería religiosa cristiana. Desde entonces

México fue uno de los principales proveedores de obras plumarias de España y, por lo tanto, de Europa, con Roma como uno de los principales destinos.

Durante los primeros años, los amantecas indígenas, conducidos por los frailes evangelizadores, elaboraron mosaicos piadosos, cubre cálices, mitras e ínfulas, entre otros objetos. En Colegio de la Santa Cruz de Tlatelolco, fundado por la orden franciscana, existió un grupo de indígenas que continuó con el arte plumario. Fray Bernardino de Sahagún recogió de este lugar la información de la técnica y la describió en su ya mencionado libro: *La Historia General de las Cosas de la Nueva España* (1938).

Éste es un ejemplo claro de cómo la tecnología del uso del *tzauhtli* se remonta a la época prehispánica, pero el conocimiento de la extracción y técnica fue adaptado y modificado después de la Conquista. Las técnicas y materiales cambiaron, ya fuera porque algunos eran difíciles de conseguir, o bien porque otros fueron sustituidos por aportes tecnológicos europeos.

1.2.2. El *tzauhtli* en la Colonia

Sabemos que aquellos bosques, montes y valles están cubiertos de infinitos vegetales utilísimos y preciosos, sin haber quien se digne aplicarse a estudiarlos, y describirlos. ¿No es doloroso que, de los inmensos tesoros sacados de aquellas riquísimas minas en el espacio de dos siglos y medio, no se haya dedicado una parte a fundar academias de naturalistas, que, siguiendo los pasos del ilustre Hernández, puedan descubrir en bien de la sociedad los dones inapreciables, derramados allí tan liberalmente por la mano del Criador?

Francisco Xavier Clavigero, *Historia antigua de México y de su conquista*.

La naturaleza y composición del *tzauhtli* y la abundancia de orquídeas en el territorio mesoamericano convirtieron a este material en un adhesivo muy utilizado antes y durante la Colonia. Gracias a la documentación que hizo el jesuita Francisco Xavier Clavigero conocemos más de su uso en esa época.

Clavigero fue un jesuita veracruzano instruido por su padre desde joven. Políglota y catedrático a los veinte, tenía conocimientos de las ciencias exactas, naturales e historia. Se distinguió por su interés en la historia de México y apreció a las culturas prehispánicas tras revisar los textos originales de Carlos de Sigüenza y Góngora, y códices precolombinos. Para Clavigero la herencia de los pueblos indígenas era tan importante como la de la España del Siglo de Oro y así, escribió sobre el México prehispánico (Carmona, 2018).

En 1767 y por orden de su majestad Carlos III, la Compañía de Jesús fue expulsada de la Nueva España. Este acontecimiento eliminó una importante corriente intelectual científica, filosófica e histórica impulsada por los jesuitas. Tanto Clavigero como algunos humanistas y jesuitas tuvieron que trasladarse temporalmente a Italia para reanudar su quehacer intelectual. El cambio resultó provechoso y le permitió alcanzar un grado de calidad y excelencia en su obra que, por la situación política, quizá no hubiera alcanzado en México, lo cual es evidente, por ejemplo, en que su obra fue publicada en Italia (Martínez, 2009).

La obra de Clavigero se compone de diez tomos dedicados a diferentes aspectos de la historia del país de los que destaca, por el interés que supone a la presente investigación, el libro I: *Descripcion del Pais de Anahuac, o breve relacion de la Tierra, del Clima, de los Montes, de los Rios, de los Lagos, de los Minerales, de las Plantas, de los Animales, y de los Hombres del antiguo reino de Megico*. En este tomo Clavigero menciona que se usó el *tzauhtli* como un aglutinante para formar colores, y que los pigmentos naturales se mezclaban con el mucílago de las orquídeas:

Pintaban comúnmente sobre papel o pieles adobadas, o telas de hilos de maguey, o de palma llamada *lcxotl* [...] Los hermosísimos colores que empleaban en sus pinturas y sus tientes, se formaban con madera, con hojas y con flores de muchas plantas, y con diversas producciones minerales [...] Para dar más consistencia a los colores, los mezclaban con el jugo glutinoso del *tzauhtli*, o con excelente aceite de chia (1844: 239-240).

Pese a que Clavigero refiere algunas plantas productoras de pegamentos en el apartado *plantas útiles por su resina, goma, aceite, o jugo* en el tomo 1 de la Historia

Antigua de Megico (1826: 29), no hace mención del *tzauhtli*, por lo que se infiere que el acercamiento o conocimiento que tuvo acerca de su uso fue como aglutinante en pinturas.

El genérico *tzacutli* o *tzauhtli* se aplicó para designar a las plantas de orquídeas que producían una sustancia gomosa (Urbina, 1903); *tzauhtli*, debe ser el término correcto, ya que incluso autores posteriores como Francisco Xavier Clavigero se refieren con este término a la sustancia viscosa, así como a la planta:

El *tzauhtli* es una planta bastante común en aquel país. Tiene las hojas largas el tallo derecho y nudoso, las flores de un amarillo vivo, la raíz blanca y fibrosa. Para sacar el jugo la hacían pedazos y la secaban al sol (1844: 240).



Figura 8: *Detalle de rostro.*
Cristo de caña de maíz, Michoacán.
STREP Escuela Nacional de
Conservación, Restauración y
Museografía, 2011.

Se deduce que, como se señaló en la cita, *tzauhtli* se usa para referirse al mucílago de la orquídea, extraído directamente del bulbo o extraído después de remojar en agua caliente. Éste es un producto viscoso y transparente que también puede referirse al producto que se obtiene del bulbo seco y molido que posteriormente se calienta en agua, un engrudo blanquecino y viscoso con contenidos de almidón y, posiblemente, celulosa además del mucílago o también, como menciona Sahagún, a la mezcla con frijol y maíz. Dependiendo de la elaboración y mezcla, estos productos se emplean para pegar o aglutinar.

Un caso en el que se ejemplifica esta adaptación del uso del material son las esculturas de pasta de caña de maíz, una técnica originalmente prehispánica para elaborar esculturas ligeras. Esta técnica fue modificada para la construcción de esculturas religiosas, especialmente cristos para procesiones. En Michoacán, la técnica se practica desde la época virreinal hasta la

actualidad y, por lo tanto, existe más información al respecto. La pasta es una mezcla a base de caña de maíz en pedazos y pasta, agua y engrudo de orquídeas. Sahagún menciona que en las poblaciones del centro del territorio también se realizaron, aunque no detalla el procedimiento (Sahagún, 2006).

En 1643 Alonso de la Rea narró el trabajo que se llevaba a cabo para fabricar los cristos de pasta de caña en el taller de la familia Cerda, localizado en Pátzcuaro, Michoacán, donde actualmente subsiste la técnica:

...porque cogen la caña de maíz y le sacan el corazón, que es a modo de corazón de cañaja, pero más delicado, y moliéndolo, se hace una pasta con un género de engrudo, que ellos llaman *tatzingueni*, tan excelente, que hacen de ella las famosas hechuras de cristos de Michoacán; que fuera de ser tan propios y tan lindos primores, son tan ligeros, que siendo de dos varas, al respecto pesan lo que pesan siendo de plumas y son las hechuras más estimadas que se conoce (1977: 110).



Figura 9: Detalle de fragmentos de caña de maíz en el brazo de un Cristo de Michoacán. STREP Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 2011.

Después de la Colonia, el mucílago se dejó de utilizar poco a poco a raíz de la introducción de otros adhesivos de origen animal como la cola de hueso de vaca, conejo o pescado proveniente de Europa y la cera de Campeche obtenida de la cera y propóleos de abejas sin aguijón nativas de América.

La Revolución Industrial derivó en aportes tecnológicos europeos que mejoraron los procesos productivos que derivaron en el cambio de la economía tradicional a otra que incorporó a la industria y a la mecanización. Durante el virreinato ocurrió un atraso en el ámbito industrial, la Revolución Industrial, que en Inglaterra comenzó en 1760 pasó inadvertida y el proceso de industrialización comenzó junto con el siglo XX con Estados Unidos, Alemania, Francia y Japón encabezando la lista de los países líderes en la industria y como principales proveedores de maquinaria y productos a México y después América Latina (Oropeza, 2013).

Los pegamentos de cola fueron la opción más socorrida hasta 1941 con la importación de la maquinaria y patentes alemanas de Adhesivos Resistol y la instalación de su primera fábrica en Xochimilco, Ciudad de México. El adhesivo llegó a la industria cervecera para las etiquetas adheridas a las botellas y a empresas fabricantes de cigarrillos. En 1953 lanzó el pegamento blanco, Resistol 850 y, para el siguiente año, el adhesivo de contacto, Resistol 5000, productos con los cuales inició la comercialización al menudeo. En la década de los sesenta, inició la llamada Caravana Resistol, cuyo objetivo era recorrer cada poblado del país durante varios meses para dar muestra de las cualidades del adhesivo sintético a carpinteros, zapateros y artesanos en general con un éxito tal que, para 1969, Resistol era la marca de adhesivos líder en México y había desplazado, por su precio y fácil uso, a los adhesivos naturales como la cola, engrudos y, por supuesto, al *tzauhtli* (Ramírez, 2016) cabe mencionar que un año después, en 1970 publicaron el libro de Fernando Martínez “Pegamentos, gomas y resinas en el México Prehispánico”.

1.2.3. El uso del *tzauhtli* en la actualidad

Actualmente, se cree que el *tzauhtli* podría ser una opción idónea como consolidante y adhesivo en la restauración de materiales orgánicos, pero el acceder a la materia prima es cada vez más difícil. Desde 2011, como parte de un interés personal en el estudio de materiales naturales y tecnologías tradicionales empleadas en la elaboración y conservación del patrimonio cultural, se han retomado los estudios encaminados a reconocer las cualidades del *tzauhtli* como adhesivo para la restauración para, de esta forma, lograr que se promueva el cuidado y cultivo de las orquídeas productoras.

El carácter utilitario de las orquídeas en la época actual se ha visto restringido a usos locales o a algún grupo étnico en particular, que lo ha conservado en algunas de sus producciones, tales como en la elaboración de cristos de pasta de caña de maíz en Michoacán, y en la elaboración de instrumentos musicales en Oaxaca (García, 1981). La técnica, herramientas y materiales utilizados han cambiado, por lo que no existe el registro de una receta. Desde hace décadas algunos artesanos y especialistas de distintas disciplinas se han preocupado por rescatar y preservar este adhesivo natural.

Un caso sobresaliente es la producción de piezas de pasta de caña de maíz que tuvo una reciente valoración y rescate por parte de artesanos de Pátzcuaro, de Tzintzuntzan y de Tupátaro, con el apoyo de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, el Gobierno de Michoacán y algunas instituciones privadas. Los artesanos y las instituciones trabajaron en equipo y, por medio de la consulta en las fuentes y con los artesanos que aún recordaban la técnica para conseguir lo necesario para elaborar las esculturas siguiendo la tradición mesoamericana, facilitaron el acceso a los materiales y promovieron la formación de talleres (Ávila, comunicación personal, 2012). Entre los artesanos que continúan la tradición, destacan los maestros Baldomero Guzmán y Mario Agustín Gaspar Rodríguez. Este último continúa elaborando figuras de pasta de cañada maíz en la Casa de los Once Patios, un edificio en el centro de Pátzcuaro, Michoacán que data de mediados del

siglo XVI y que fue adaptado para albergar talleres y galerías en las que se trabajan y comercian las artesanías más representativas de la región (Gaspar, comunicación personal, 2014).



Figura 10: Casa de los Once Patios. Pátzcuaro, Michoacán, 2014.

En la escultura de pasta de caña de maíz, el pseudobulbo de la orquídea machacado completo y fresco se utiliza para ayudar a que los materiales se aglutinen, se consoliden y se adhieran. Hay que destacar que no actúa sólo y que el éxito radica en la mezcla que se realiza con otras plantas, como hoja de higuera y baba de nopal. Cada hierba o planta aporta un elemento para lograr esa adhesividad. En las fuentes se reporta que los artesanos de Michoacán usaron las orquídeas *Prosthechea citrina* y *Laelia autumnalis* (Hernández, 1942-1946; Urbina, 1970), sin embargo, en la práctica usaban la *Bletia campanulata*, la *Laelia autumnalis* y la *Laelia speciosa*, las tres identificadas por Urbina como *tzauhtli* (1903: 82-83), pero sólo las dos primeras son identificadas en la obra de Francisco Hernández (1942-1946: 374-376).

El maestro Gaspar, por ejemplo, sigue los principios de las técnicas más antiguas y se empeña en conseguir los materiales que en ese entonces se empleaban. De las orquídeas anteriormente mencionadas, utiliza la *L. speciosa*, aunque el día de la visita no se observó ningún ejemplar. La técnica del maestro es la siguiente:

- Selección de la caña

Se inicia con el proceso de selección de caña, ya que hay unas que contienen la fibra y otras que vienen demasiado secas. Se escogen las indicadas y se pelan en una cantidad proporcional al tamaño de la imagen que se va a esculpir.

- Preparación del aglutinante

Se hace una mezcla que incluye baba de nopal, algunas hojas de higuera de la región que, el maestro asegura, aportan sustancias contra la polilla y el pseudobulbo de la orquídea. El pseudobulbo de *Laelia speciosa* se muele en fresco y posteriormente, se agrega a la mezcla para que sea más pegajosa.

- Conformación y consolidación de esqueleto

Las cañas se van cortando según las medidas de la figura y se forma un esqueleto que posteriormente se sumerge en la mezcla de aglutinantes y se deja secar al sol entre ocho y quince días.

- Moldeado

Cuando el esqueleto está listo, se extrae un polvo de la misma caña que se mezcla con el aglutinante. Con esa masa se va empastando y se les da forma a los detalles de la imagen.

- Estucado y decorado

Se prepara un estuco con blanco de España y baba de nopal con la que se recubre la pieza completa. Una vez que seca, la escultura se pule y se elige la técnica para decorarla.

Se suelen utilizar laminados de oro y diseños con maque.



Figura 11: Conformación y consolidación de caña de maíz. Taller del maestro Mario Agustín Gaspar Rodríguez. Pátzcuaro, Michoacán, 2014. Fotografía: Elizabeth Trujillo Huazo.



Figura 12: Modelado de la figura. Taller del maestro Mario Agustín Gaspar Rodríguez. Pátzcuaro, 2014. Fotografía: Elizabeth Trujillo Huazo.



Figura 13: Tienda y taller dealebrijes San Martín Tilcajete, Oaxaca, 2017.

El doctor Adolfo Espejo (biólogo experto en bromelias y orquídeas, encargado actual del orquideario de la UAM-Iztapalapa), apoyó a la investigación con datos sobre las especies consideradas. Descartó algunas y sugirió investigar las especies *Cyrtopodium macrobulbon* y *Catacetus laminatum*, plantas endémicas que crecen en las zonas altas de Oaxaca y en el norte de Morelos y cuyo mucílago tiene un poder adhesivo tal que se utilizó por los lauderos de Oaxaca en la elaboración de instrumentos musicales (Espejo, 2014). El doctor García (experto en orquídeas de la UAM-Iztapalapa), también sugirió que investigara el uso de *C.*

macrobulbon en la en comunidades de lauderos en Guerrero y Oaxaca y posiblemente en el legado de piñatas y figuras de madera, sugirió además investigar la elaboración dealebrijes.

El cartonero Pedro Linares, de la Ciudad de México (1906), concibió la figura y nombre delalebrije tras soñar a las quimeras en el transcurso de una larga enfermedad. El maestro Linares elaboraba judas de cartón y contaba con el reconocimiento de Diego Rivera, Frida Kahlo y otros artistas de la Academia de San Carlos, para quienes realizó varios encargos. Losalebrijes tuvieron una aceptación inmediata en el gremio y pronto comenzaron a ser imitados. Durante toda su vida, Linares obtuvo numerosos reconocimientos por su trabajo



Figura 14: Joven tallandoalebrije. San Martín Tilcajete, Oaxaca, 2017.

En la década de los ochenta, Manuel Jiménez (tallador de figurillas de madera de Oaxaca) fue el primero en realizar los alebrijes en madera a partir de los dibujos de Linares, dado que la talla en madera tenía una duración superior a la cartonería. Su trabajo tuvo muy buena aceptación y demanda y sus artesanías inspiraron a otras familias de artesanos en talla de madera de Oaxaca, principalmente en los poblados de San Martín Tilcajete y Arrazola, lugares en los que las tallas adoptaron el estilo propio de la artesanía del lugar.

La talla en madera en estos poblados comenzó con la elaboración de objetos utilitarios, instrumentos musicales, juguetes para niños y, en temporada de carnaval, se hacían máscaras de diversos personajes. La elaboración ha seguido más o menos los mismos procesos: para dar las primeras formas, se utiliza el machete, después una navaja para seguir tallando y finalmente la cuchilla para dar el acabado fino. En cuanto al material, desde antaño se usa madera de copal, a la vez resistente y no muy dura de tallar. Antes, los artesanos iban a los cerros cercanos a cortar la madera necesaria para el trabajo, pero debido a la reciente demanda de esta artesanía, el copal de la región fue explotado hasta casi extinguirse, lo que obliga a los creadores a traerlo cada vez de más lejos, de la cañada de Huatulco y de los Valles (Hurtado, comunicación personal, 2017).



Figura 15: Decorado de alebrijes utilizando punta de maguey y jeringa.
San Martín Tilcajete, Oaxaca 2017.

Antes, las piezas eran sólo de la madera tallada sin pintar y con el transcurrir del tiempo y la adopción de nuevos estilos, los artesanos comenzaron a pintarlas con anilinas. En la actualidad se usa la pintura vinílica, la cual se coloca dentro de una jeringa y se expulsa por la aguja; esto permite un mayor control y posibilita la elaboración de trabajos más finos y coloridos. Aunque los artesanos implementan nuevas herramientas, algunos están interesados en el conocimiento de sus tradiciones y llevan a cabo pruebas con los materiales de antaño. María Ortega Fabián, del taller Copal Mágico en San Martín Tilcajete, hace pruebas con mezclas de baba de nopal, tierras y pigmentos para pintar alebrijes y recordar las tradiciones de antaño. Ortega admite que después de aplicar los colores naturales es evidente que es imposible lograr la misma finura de trabajo y las características tonalidades brillantes que son tan apreciadas en el gremio.



Figura 16: Probetas de pinturas naturales de Roxana Ortega. San Martín Tilcajete, Oaxaca, 2017.

En Oaxaca, en la primavera de 2017, se visitaron varios talleres para saber si en la elaboración de los alebrijes se utilizaba el mucílago de las orquídeas y, en efecto, algunos artesanos lo recordaban, pero, como en el caso del uso de pinturas acrílicas, admitieron que la comodidad de utilizar material asequible y de características más prácticas ha sido un factor que desplazó a los materiales naturales. Los artesanos del taller familiar “Copal mágico” incluso recordaron que los bulbos de la orquídea *Cyrtopodium macrobulbon* se utilizaban para hacer curaciones en el ganado cuando los animales se fracturaban. El bulbo se partía por la mitad a lo largo y se colocaba directamente sobre la parte afectada, para después vendarse. Pero con la llegada de ungüentos y medicinas veterinarias más eficaces, poco a poco dejó de usarse. Además, el crecimiento rápido del pueblo y la pavimentación de las calles provocaron que las plantas, que por lo general crecían a las orillas del camino, se perdieran.

Aunque el *Cyrtopodium macrobulbon* es una especie de amplia distribución geográfica (ver capítulo 2) y con una considerable adaptación ecológica, cada vez es más difícil encontrar la planta y, por lo tanto, más complicado registrar la evidencia de su uso. De acuerdo con distintas fuentes orales, en el mercado de Ocotlán, cerca del centro de Oaxaca, todavía puede encontrarse la orquídea.



Figura 17: Mercado de Ocotlán. Ocotlán, Oaxaca, 2017.

El mercado de Ocotlán se pone cada viernes y es famoso por la venta de copal y plantas medicinales; el *C. macrobulbon* se vendía como afrodisíaco, pero no fue posible encontrar un ejemplar y la persona que lo vendía hace tiempo que no regresaba al mercado. El doctor Alejandro de Ávila Bloomberg (cofundador de la



Figura 18: Laúd de madera, posiblemente pegado con mucílago de orquídea.
Cortesía del Proyecto de registro de la colección de instrumentos musicales etnográficos Gran Nayar.
ENCRyM-INAH, 2013.
Fotografía: Mariana Mecalco Espejo.

Sociedad para el Estudio de los Recursos Bioticos de Oaxaca y director del Jardín Etnobotánico de Oaxaca), confirmó que la orquídea fue utilizada en cartonería y como planta medicinal hace varios años, pero que ya está en desuso y que el único gremio en el que recordaba que se seguía utilizando era entre los lauderos de la sierra de Oaxaca (de Ávila, comunicación personal, 2017).

En cuanto al uso actual de las orquídeas como material para la elaboración de objetos culturales, consta que se han hecho esfuerzos por ofrecer una alternativa sustentable en el empleo de estos recursos. En el caso de la *Laelia speciosa*, investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás y de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural se acercaron a comunidades de artesanos en Tupátaro y Pátzcuaro, respectivamente, para promover que reincorporen esta tecnología tradicional en la factura de sus productos:

El cultivo de plantas micropropagadas por parte de comunidades locales comenzó el año pasado en la comunidad de los artesanos de la pasta de caña y está contemplado iniciarse el año próximo en otras. Cabe hacer notar que se pretende diversificar los cultivos en estas comunidades para que tengan una mayor oportunidad de comercialización (Ávila, 2002).

La realidad es que este material, aunque apreciado históricamente, es poco práctico de preparar y difícil de conseguir. En una segunda visita a la Casa de los Once Patios, en el mismo año (2014), la asistente del maestro Gaspar comentó que las orquídeas se habían secado y, cuando se le pregunto con qué se aglutinaba la mezcla, respondió: resistol.

No es menester de esta investigación emitir un juicio en cuanto a la elección de materiales, por el contrario, se entiende que los adhesivos modernos aportan las características necesarias en la elaboración de las artesanías y son más fáciles de conseguir. Por esta razón es importante considerar el caso de las comunidades de artesanos de Oaxaca donde son pocos quienes recuerdan el uso del *Cyrtopodium* como material y cada vez menos quienes recuerdan cuando la planta, cualquiera que fuera su uso, podía conseguirse en la región.

Existe un dicho común en la disciplina de la restauración: *lo que no se conoce no se conserva, lo que no se conserva se pierde*. Las orquídeas productoras de *tzauhtli*,

es un hecho, han dejado de utilizarse, lo que no es permisible es que se pierda el conocimiento de su uso e importancia como patrimonio biocultural pues de lo contrario no podremos evitar que se pierdan para siempre.

Como aportación a esta meta, en el siguiente capítulo se ahonda en el uso del *tzauhtli* aplicado a la restauración.

CAPÍTULO 2

PATRIMONIO BIOCULTURAL MESOAMERICANO:
EL *TZAUHTLI* COMO ALTERNATIVA DE CONSOLIDANTE
EN TEXTILES Y ADHESIVO EN MADERAS.

Patrimonio biocultural mesoamericano: el *tzauhtli* como alternativa de consolidante en textiles y adhesivo en maderas.

2.1. Antecedentes

Tras la revisión de los antecedentes de investigación del *tzauhtli*, Carolusa González (1996) caracterizó el mucílago de la orquídea *Bletia campanulata* en un mosaico de pluma sobre metal mediante cromatografía (HT-CGC). Logró identificar la orquídea por comparación porque ya se tenía un cromatograma de esta especie y de otros mucílago, como algunas cactáceas y agaváceas.

Para que un adhesivo se considere *ideal* para este fin, no debe manifestar influencia notable sobre la apariencia visual y táctil de la pieza original; no debe cambiar de color ni amarillear, debe resistir a la luz y a la contaminación atmosférica, sin que estos agentes alteren su apariencia y composición, sus cualidades adhesivas deben permanecer al pasar el tiempo y no debe desprender productos nocivos de descomposición para el medio ambiente y el ser humano.

Como se mencionó en los antecedentes generales de la investigación, en 2002 se realizó la conservación y restauración del mosaico de plumas Cristo Salvador del Mundo, en la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía. Al llevar a cabo el dictamen de conservación se notó que, a pesar del deterioro de la obra, las plumas seguían firmemente adheridas a una capa de algodón no hilado dispuesta sobre el soporte de la tela. Se constató que la técnica de factura del mosaico de plumas consistía en una superposición de capas



Figura 19: Mosaico de plumas “Cristo Salvador del Mundo” 2003. Fotografía: Gerardo R. Hellion.

de plumas de diferentes especies y colores, las cuales fueron adheridas a la superficie de algodón sin hilar con *tzauhtli*. Se observó que no había pérdida de adherencia entre las diferentes capas del mosaico ni un efecto pronunciado de envejecimiento en el tejido, y además se conservaba la resistencia y flexibilidad que caracterizan a una tela, a pesar de que la pieza fue realizada a mediados del siglo XVI. El deterioro se debía al envejecimiento natural de la pluma, no del adhesivo (Román, Gutiérrez, Huazo, 2014).

A partir de la restauración del mosaico, se consideró hacer pruebas con el mucílago para extender su uso a la restauración de textiles de seda y algodón altamente deteriorados. La maestra Lilia Félix (entonces profesora del taller de artes plásticas de la ENCRyM) realizó varias pruebas siguiendo distintos métodos de extracción, para lo cual utilizó tanto el mucílago solo como en combinación con el adhesivo METHOCEL™ (un polímero derivado de la pulpa de pino). La mezcla de estas dos sustancias fue utilizada en distintos trabajos de restauración: para la consolidación de una caja de palma de contexto arqueológico y de los hilos de seda del bordado de las banderas de Barradas “Legión Real” y “El Rey a la fidelidad”, así como para adherir un abanico de seda del siglo XVIII. La mezcla se convirtió en una alternativa



Figura 20: Banderas de Barradas “Legión Real” antes y después de proceso de restauración, 2010.
Fotografías: Gerardo R. Hellion.



Figura 21: Cesta de palma proveniente de la cueva del gallo, 2009.
Fotografía: Gerardo R. Hellion.

tan popular que varios restauradores buscaron la asesoría de la maestra Félix para aprender la técnica e, incluso, se escribió una tesis sobre el tema (ver capítulo 1).

En un principio, el mucílago de la especie *Prosthechea citrina* fue el más utilizado, en mezcla con METHOCEL™ (Corona, 2009; Lara, 2012; Núñez, 2013). Después, tras contactar con Irene Ávila en 2013, se consiguieron ejemplares de *Laelia speciosa* y se constató que esta orquídea es referida en las fuentes como productora de *tzauhtli* y que su uso continúa en la actualidad. La especie se empleó para consolidar una colección de textiles arqueológicos peruanos en 2014 y, debido a sus propiedades adhesivas, se utilizó solo. Desde entonces, el *tzauhtli* fue extraído de cada orquídea referida como productora y, aunque el material no se utilizó en la restauración de ninguna pieza, los mucílago sí se liofilizaron y almacenaron para su análisis futuro.

El mucílago obtenido del *Cyrtopodium macrobulbon* se sigue utilizando por los maestros lauderos de Guerrero y Oaxaca para adherir madera de pino en el armado de sus instrumentos musicales (Espejo, comunicación personal, 2014), razón por la que se consideró su uso, no como consolidante, sino como adhesivo para maderas e incluso para fijar escamas en pintura de caballete. En 2015 se hicieron pruebas con el adhesivo a dos medallones provenientes del estandarte de la Virgen de Guadalupe perteneciente a la Cuasi Parroquia de San Lucas Evangelista, en Tecámac, Estado de México. El mucílago, directamente extraído de los bulbos de la orquídea, adhirió las escamas



Figura 22: Medallones del estandarte de la Virgen de Guadalupe, 2015.
Fotografía: Rocío Mota.

de la capa pictórica y base de preparación al soporte textil y permitió que los medallones fueran colocados nuevamente al estandarte.

Es evidente que el *tzauhtli*, sin importar la especie ni si es utilizado solo o en mezcla, es ya una alternativa de adhesivo en la restauración. A la fecha se han hecho pruebas físicas y químicas a la mezcla de *Prosthechea citrina* y METHOCEL™ sobre seda y algunas pruebas preliminares al mucílago de *Laelia speciosa*, pero, aunque los resultados obtenidos son complementarios a esta investigación, es necesario confirmar si este adhesivo cumple o no con los parámetros necesarios para que su uso en restauración continúe o sea promovido. Por esta razón, entre otras antes consideradas, el *tzauhtli* debe ser estudiado y caracterizado.

Para que un adhesivo se considere efectivo es necesario que exista una compatibilidad con los materiales constitutivos del objeto en el que se va a utilizar, con el fin de que trabajen como unidad, y por ende, se pueda conservar. La elección de un adhesivo para la intervención suele sustentarse en los principios y criterios de la teoría de la restauración que rigen la disciplina. Actualmente, en la ENCRyM los talleres se guían por los *Lineamientos institucionales generales en materia de conservación del patrimonio cultural*, establecidos en la normateca del INAH (2014), y los complementan por la propuesta teórica: *Una primera aproximación a la normativa en materia de conservación del patrimonio cultural de México* (Castro, García, Marín, Medina, 2009).

En ambos documentos consta que, antes y durante la intervención, es necesario realizar una investigación general y multidisciplinaria que involucre al objeto y a los materiales empleados, mediante la cual se busque adquirir las bases necesarias para respetar los aspectos histórico-materiales y valorativos del objeto. Con la intervención se busca la estabilidad, permitir la retratabilidad y compatibilidad de los materiales que comprenden el sistema y un comportamiento afín de los componentes originales y añadidos. De esta manera, se previene que el material empleado afecte negativamente a la pieza y que, de ser necesario, ésta se pueda intervenir de nuevo.

La falta de cohesión en la estructura interna de los materiales y la pérdida de adhesión entre estratos puede estar causada por el envejecimiento natural tras el paso del tiempo o por defectos en la técnica de factura: “Estos procesos de desprendimiento, además, aumentan la porosidad de los materiales, independientemente de la que poseen al comienzo” (Matteini & Moles, 2008: 272). Para resolver este problema, se utilizan adhesivos y consolidantes, tanto naturales como sintéticos, con los cuales se busca devolver dicha cohesión y adhesión. Al penetrar en el objeto, la sustancia empleada solidifica, restableciendo un nivel de cohesión adecuado a la naturaleza del material degradado (Matteini & Moles, 2008).

2.2. Adhesivos naturales utilizados en la restauración

En el capítulo 2 se explicó qué se entiende por *tzauhtli*, un mucílago, polímero natural o heteropolisacárido, es decir, un polisacárido que en su estructura contiene dos o más tipos de monosacáridos diferentes.

Los mucílagos se caracterizan por formar disoluciones coloidales viscosas y geles en agua. La diferencia entre goma y mucílago radica en que los mucílagos son constituyentes normales de las plantas, mientras que las gomas son productos que se forman en determinadas circunstancias, mediante la destrucción de membranas celulares y la exudación. En la planta, los heteropolisacáridos son los componentes más importantes de la matriz extracelular, la cual mantiene unidas a las células en los tejidos, y les provee protección, forma y soporte (Nave, 2010). Esta característica de los mucílagos, así como su capacidad para formar puentes de hidrógeno, hace que funcionen como adhesivos y consolidante y, por su naturaleza orgánica, no son tóxicos con el medioambiente ni el ser humano.

En México se han realizado esfuerzos para la caracterización de nuevos materiales para intervención, así como para la identificación de los mismos como parte de material constitutivo de una obra. Un tema recurrente en estas investigaciones concierne a los materiales orgánicos de origen biológico, por ejemplo, las resinas vegetales empleadas en procesos de manufactura de esculturas y pinturas de

caballete, los mucílagos de distintas plantas y algas usados para la consolidación o adhesión de papel y textiles y las caseínas y colas empleadas para la restauración de pintura mural y de caballete, respectivamente.

Adhesivos de origen vegetal

A partir de 1996 la CNCPC comenzó a emplear, con buenos resultados, morteros de cal mezclados con exudados vegetales de plantas locales para la conservación de construcciones en diferentes proyectos (Pérez, 2009). Se han empleado extractos vegetales de cortezas de árboles como el *pixoy* y *chucún* y derivados del nopal como el mucílago y la goma como parte de mezclas de morteros para la preparación de estucos y pintura mural principalmente en la conservación de materiales arqueológicos, pintura mural y en ocasiones adicionándolos a mezclas con cal, para restaurar y proteger edificios históricos. Los restauradores han empleado estos aditivos en distintas formas dependiendo de la región en que se obtienen los materiales y las experiencias del personal involucrado (Jáidar, 2006, Magaloni, 2007., Pérez, 2009., García, 2013).

El uso actual del nopal y sus derivados abarca la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética, y de la construcción. En México se ha utilizado el mucílago de nopal en combinación con la cal para aumentar su plasticidad y mejorar su repelencia al agua. Existe registro de reportes de conservación y restauración sobre la consolidación de adobes, esculturas de lítica, improntas de huellas humanas, cerámicas, pintura mural y hasta textiles arqueológicos, empleando derivados del nopal (Contreras, 2010, 2011., Martínez, 2013., García, 2013).



Figura 23: Presentación comercial del funori seco.
Fotografía: Anya Alatorre Seidel.

El *funori* es un adhesivo extraído de las algas rojas de la especie *Gloiopeltis*, un grupo de especies de algas comestibles ampliamente utilizadas en las industrias alimentaria, cosmética y médica. Las moléculas de heteropolisacáridos de *Gloiopeltis* pueden formar una gran cantidad de puentes de hidrógeno. Esta característica es la responsable de la capacidad del *funori* para

absorber y unirse con el agua, lo que lo convierte en un material útil en el campo de la conservación del arte (Harrold, 2015).

En el Seminario Taller de Restauración de Pintura de Caballete (STRPC), de la ENCRyM, el funori se utiliza desde hace diez años como consolidante (principalmente en pinturas de caballete al temple), debido a que mantiene la apariencia mate original. Se han hecho investigaciones en donde se comparó el funori con consolidantes acuosos tradicionales, como la gelatina, la cola de esturión, el *Klucel E* (hidroxipropilcelulosa) y el Methocel^{MC} (metilcelulosa). Los resultados mostraron que la consolidación con funori muy difícilmente cambia la apariencia mate de una capa de pintura, caso contrario en la consolidación con otros adhesivos. También se demostró que tiene buena estabilidad al ataque biológico, variaciones de humedad y envejecimiento (Geiger y Michel, 2005). Este material se utiliza para la restauración de papel, textiles y en algunas obras de arte contemporáneo.

Los engrudos y mezclas de almidones de trigo y arroz son utilizados en restauración de materiales celulósicos como son los soportes textiles de pintura de caballete, obra gráfica, encuadernación y textiles. En la restauración de textiles altamente deteriorados también “se han utilizado adhesivos naturales provenientes de almidones (de trigo, maíz o arroz); de derivados de la celulosa (metil, hidroxietil y carboximetilcelulosa)” (Román, Gutiérrez, Huazo, 2016: 71), ya sea como adhesivos

o consolidantes. El Methocel™ está formulado a base de éteres de celulosa y metilcelulosa hidrosoluble, derivados de la pulpa de pino, el polímero más abundante en la naturaleza. Este polímero de alta viscosidad está específicamente diseñado para combinar con agua y su uso más común en restauración es como adhesivo para laminados, refuerzos e injertos de papel y para el pegado 6565Página **65** de **198**de tiras de Non Woven™ en el velado de superficies en pintura de caballete (The Dow Chemical Company, 2017). Este producto también se utiliza como adhesivo y consolidante de textiles y en mezcla con otros adhesivos, incluido el *tzauhtli*.

Adhesivos de origen animal

La caseína es una proteína animal y el componente principal de la leche. Ésta se obtiene mediante una hidrólisis ácida y debe transformarse en una sustancia soluble para que pueda emplearse como adhesivo o aglutinante, después debe mezclarse con la cal. Esta transformación se puede dar de diversas maneras, pero el producto resultante se denomina siempre caseinato y en Restauración es utilizado para consolidar o adherir fragmentos en pintura mural (Doerner, 1998). Aunque tradicionalmente ha sido uno de los adhesivos más utilizados y ha tenido múltiples aplicaciones industriales, a partir de la aparición de los productos sintéticos, su uso se ha reducido considerablemente (Muñoz, 2014).

El colágeno, quizá la proteína más abundante en el mundo animal, es el mayor componente fibroso de la piel, tendones, ligamentos, cartílagos y huesos, y es el encargado de brindar la dureza del cuero, la tenacidad del pegamento y la viscosidad de la gelatina (Gross, 1961).

La molécula básica del colágeno se conforma por grupo de tres cadenas polipeptídicas, cada una compuesta por miles de unidades de aminoácidos entrelazados. Cuando un colágeno se sintetiza, inmediatamente después de que la cadena molecular se une, se forman hidroxipropil e hidroxilicina. Los nuevos aminoácidos se crean por la unión de grupos OH a las unidades de prolina y lisina



Figura 24: Caseinato de calcio.

en la cadena. Esta alteración de la estructura molecular primaria, no se observa en la síntesis de otra proteína más que en la del colágeno y su función brindar rigidez y estabilidad a la molécula al prevenir la rotación de las regiones en las que se ubican (Gross, 1961).

Las moléculas de colágeno tienen una cualidad anfótera, es decir, que puede reaccionar tanto con una base como con un ácido, en donde el $-\text{COOH}$ provee la parte ácida y $-\text{NH}_2$ la parte básica, además de que esto le otorga a la cola animal una mayor facilidad de establecer enlaces mediante afinidades a sus dos polaridades. Este tipo de uniones en las

moléculas, sucede principalmente gracias a la formación y presencia de puentes de hidrógeno. Estos enlaces son los responsables de establecer la relación con el agua y, por ende, con la superficie que se busca adherir (Heinze, 2011).

Este material, conocido como *cola*, se deriva principalmente de los huesos y piel de conejos y del esturión, y se utiliza en la restauración de bienes muebles, como pinturas de caballete y objetos de madera para tratamientos de fijado, consolidación y adhesión de elementos y como aglutinante en la elaboración de pastas de resane (Heinze, 2011).

Es importante considerar que los adhesivos utilizados en diversas manifestaciones plásticas y también en distintos procesos de restauración, especialmente cuando se utilizan como consolidantes, cambian las propiedades de las piezas intervenidas y su aplicación es irreversible. Por esta razón, es importante conocer sus propiedades físico químicas antes de decidir utilizarlos.

2.3. Antecedentes sobre el estudio de las propiedades físico-químicas y mecánicas de los polisacáridos naturales utilizados como adhesivos

Los últimos años han estado marcados por un crecimiento asombroso en el uso de plásticos y polímeros sintéticos, que también ha influido en la elección de materiales de restauración. La mayoría de estos materiales derivan de la extracción y procesamiento de carbón fósil, típicamente aceite y gas. Su elaboración provoca el incremento de los gases atmosféricos y la acumulación persistente de materiales plásticos en el ambiente.

El término “mucílago en plantas” refiere a sustancias solubles o que se hinchan perceptiblemente en agua y que, al agregar alcohol, se precipitan en una masa más o menos amorfa o granular. El mucílago se origina en la planta ya sea como parte del contenido de la célula o como parte de la pared de la misma y está compuesto por cadenas de distintos monosacáridos o heteropolisacáridos (Singh, 2014).

Recientemente y para contrarrestar este problema, se ha analizado una variedad de heteropolisacáridos naturales con propiedades adhesivas para emplearse en restauración. La baba de nopal, el agar de algas y el *tzauhtli* son compatibles, a nivel físico y químico, con una gran variedad de materiales y, más importante, con el medio ambiente y la seguridad humana (Kazak, 2010). Estos materiales aún son escasos y, a pesar de que su uso no está tan difundido como el de los plásticos, cada vez son más considerados como alternativas naturales de adhesivos. Uno de los principales objetivos de esta investigación es apoyar esta causa.

Los heteropolisacáridos son macromoléculas conformadas por distintos monosacáridos, cuya composición, estructura y concentración determinan la viscosidad y otras propiedades físicas presentes en los mucílagos de las orquídeas. Los métodos utilizados para su análisis son muy específicos, costosos y consumen mucho tiempo (Coimbra, 2002). Tanto la goma como el mucílago de nopal contienen diversos azúcares en distintas concentraciones: galactosa, arabinosa, ramnosa y

xilosa; el mucílago de orquídea, sin embargo, contiene más glucosa (González, 1996; Luján, 2010).

Las investigaciones para identificar, caracterizar y emplear mucílagos desde la disciplina de la Restauración destacan por su aproximación experimental a los materiales. En cuanto al uso de mucílagos de nopal, Elisa Carmona como tesis de licenciatura realizó una “Propuesta para la elaboración de capas de sacrificio para el Edificio B (‘Altar de cráneos’) del Templo Mayor” (2017) en la que probó recubrimientos superficiales de protección temporal con 16 muestras de morteros de cal con variables en agregados de mucílago de nopal y arcillas. Evaluó la resistencia a la abrasión hídrica, la permeabilidad y la resistencia a la cristalización de sales. De acuerdo a Carmona el mejor comportamiento en las pruebas lo tuvieron las probetas con el mucilago de nopal como aditivo.

La restauradora Yareli Jáidar, en “Los extractos vegetales usados como aditivos en los morteros de cal con fines de conservación” (2006), realizó pruebas con cuatro extractos vegetales de los árboles *chucúm*, *pixoy*, *chacá* y *jolol* nativos de Yucatán (específicamente del sitio arqueológico Ek’ Balam) utilizados como aditivos en morteros de cal. Las técnicas analíticas que utilizó fueron: observación con microscopio óptico y petrográfico y la determinación de propiedades como tiempo de fraguado, adhesión al soporte, dureza, porosidad, densidad, permeabilidad al vapor de agua y absorción. Los aditivos vegetales, especialmente el *chacá* y el *chucúm* hicieron que la pintura fraguara más lento promoviendo la formación de cristales más grandes que, por lo tanto, redujeron la porosidad.

En cuanto a la investigación del mucílago de orquídea principalmente destacan las tesis de las restauradoras Carolusa González (1996) y la de Fernanda Núñez (2013) ya referidas en capítulos anteriores. A estos trabajos se suma la tesis de maestría de la química Ana María Montañez (dirigida también por la doctora Peña) que, si bien no parte de la disciplina de la restauración, su investigación es sumamente importante pues aporta al material de referencia y estudio de los mucílagos de orquídea. Entre los trabajos de González y Montañez se lograron los cromatogramas de varias especies de orquídeas. Este acervo, aunque sumamente

útil, necesita crecer, demostrar que el método es repetible y compararse con otros para lograr ser referencia en la identificación del mucílago de otras orquídeas, por lo que es necesario contar con los cromatogramas de más especies (González, comunicación personal, 2016).

La elección de una secuencia de análisis apropiados para la caracterización química y física del mucílago no sólo requiere del conocimiento de las distintas técnicas, también es necesario considerar otras cuestiones, como el costo, la disponibilidad y los límites de cada una. De esta forma, es posible determinar con qué técnica se obtendrán los resultados esperados o, si es necesario, hacer un examen de este tipo. En el caso de este trabajo y, como se verá más adelante, realizar la técnica de cromatografía de gases para la caracterización de los mucílagos de *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon* fue posible gracias a que se contaba con el material vivo y en condiciones de cuidado tales que permitieron una cosecha de bulbos suficiente para desarrollar una metodología de experimentación y realizar pruebas físicas y químicas sin poner en riesgo las plantas.

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales y métodos

En la búsqueda del material para realizar las probetas de investigación necesarias para llevar a cabo la metodología de experimentación se consideró como prioridad el acceso al material vivo de manera informada y responsable. Se estudiaron los ejemplares de *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon*, pues no sólo han demostrado ser útiles en la restauración del patrimonio cultural, sino que se cuenta con referencias históricas de su uso en la factura de mosaicos de pluma, como aglutinante de pigmentos y en la elaboración de instrumentos musicales (capítulo 1). El *Cyrtopodium* se sigue utilizando en Oaxaca, para la elaboración dealebrijes y piñatas, y como pegamento de instrumentos musicales, en Guerrero. La *Laelia speciosa* todavía es utilizada como aglutinante en Pátzcuaro, Michoacán, en la factura de esculturas ligeras.

Las propiedades del *tzauhtli*, o mejor dicho *tzauhtlis*, se modifican de acuerdo con su preparación y aplicación, como se vio en los capítulos anteriores. Es importante aclarar que el factor que determina sus propiedades es la especie de la que se extrae el mucílago. A continuación, se hace una revisión botánica de las orquídeas estudiadas en la presente tesis y, en seguida, se describe la labor de colecta, cultivo y resguardo.

3.1. Características de *Orchidaceae*

Entre las familias de plantas encontradas en el territorio nacional, destaca la familia *Orchidaceae*, con aproximadamente 1300 especies (Hágsater et al., 2005). Es uno de los grupos de plantas más diverso con aproximadamente 25 mil especies distribuidas por todos los continentes, a excepción de la Antártida, y con mayor concentración en zonas tropicales. México alberga una notable riqueza de orquídeas, con 170 géneros y con un 40% de especies endémicas.

Las orquídeas son consideradas como una de las familias más especializadas, ya que por un desarrollo evolutivo cuentan con características fisiológicas muy

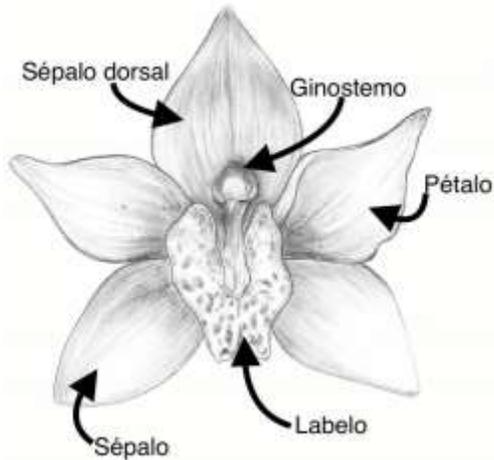


Figura 25: Anatomía simple de una orquídea.

avanzadas y notables en su morfología floral, la cual varía en estructura de acuerdo con la especie (Soto, 1996), si bien, en términos generales, poseen una simetría bilateral. La mayoría de las orquídeas poseen flores hermafroditas que presentan a la vez órganos masculinos (androceo) y femeninos (gineceo). La flor presenta tres sépalos: uno dorsal y dos laterales, además de tres pétalos, de los cuales el dorsal se encuentra modificado respecto a los otros,

transformándose en una plataforma llamada labelo, cuya función es la atracción de los polinizadores (Miceli et al., 2014).

Las orquídeas crecen como epífitas, litófitas (o rupícolas) y terrestres. La mayoría se ubican en el primer grupo de las epífitas, creciendo bajo diferentes niveles de luminosidad, según el tipo de planta y de bosque. Las orquídeas crecen de manera diferente dentro del bosque y así también varía su requerimiento de luz para realizar su fotosíntesis. La necesidad de luz directa o indirecta, depende del género y hábitat de crecimiento; por esto, al cultivarse plantas que proceden de bosques, es necesario tomar en cuenta este aspecto para no producir un estrés a la planta. La disponibilidad de agua en las raíces de algunos géneros determina la producción de flores, algunos requieren de una condición de estrés hídrico (ausencia de agua), para que se activen los procesos fisiológicos ligados a la producción de primordios florales (Miceli et al., 2014).

El riego insuficiente produce estrés en las plantas, el cual se caracteriza por plasmólisis de las células y debilitamiento de los pseudobulbos, éstos se ven aplastados o arrugados, se produce clorosis o amarillamiento. Estas condiciones adversas a la planta favorecen el desarrollo de enfermedades o el ataque de plagas. De manera semejante, el exceso de riego produce necrosis en las raíces y, si crecen en un sustrato saturado de agua, se favorece la generación de enfermedades bacterianas.

3.1.1. Formas de vida

Las áreas montañosas con sequía estacional marcada, como la Cuenca de México, albergan una diversidad moderada de especies, entre las cuales predominan las especies terrestres, en contraste con los ambientes más cálidos y húmedos, donde son preponderantes las especies epífitas. Estas formas de vida se adaptan a su ambiente de crecimiento y sus características varían de acuerdo con él (Salazar, 2009).



Figura 26. Tipos de hábitat (terrestre, epífita, semiepífitas, litófilas)

- **Epífitas:** Son orquídeas que crecen sobre otras plantas adheridas a troncos, ramas de árboles y arbustos, su nombre proviene del griego *epi*, “sobre”, y *phyte*, “planta”. El hospedero o *forofito* sobre el que crecen es utilizado sólo como soporte, sin recibir más daño que el que pueda provocar su abundancia dentro del ramaje; por lo tanto, una epífita difiere de una planta parásita en que esta última obtiene agua y nutrientes del hospedero. Las orquídeas epífitas no roban el agua ni los nutrientes de los árboles hospederos. No obstante, no todos les proporcionan un estrato suficientemente rico en nutrientes, y suelen colonizar troncos con cortezas resquebrajadas o arrugadas, cubiertas de líquenes y musgos ya que al parecer ofrecen un buen lugar para el establecimiento de las semillas (granados-sánchez, 2003).
- **Rupícolas:** También conocidas como litófitas, utilizan las rocas recubiertas de musgo o restos de hojas en descomposición para desarrollarse. Se

alimentan de los nutrientes disueltos en el agua de lluvia y de los desechos acumulados en las rocas (Dressler, 1990).

- Terrestres: Las orquídeas terrestres tienen sus raíces en la tierra y necesitan de los nutrientes específicos del suelo en el que crecen. El *Cyrtopodium macrobulbon* y *Bletia campanulata* son ejemplos de estas plantas.



Figura 27:
Cyrtopodium macrobulbon
Orquídea terrestre

3.1.2. Heteropolisacáridos y material de reserva

De acuerdo con González (1996):

En general, el *tzauhtli* está compuesto por polisacáridos o carbohidratos de alto peso molecular, solubles o dispersables en agua. En la composición de las gomas y mucílagos, además del polisacárido como su principal constituyente, se localizan moléculas de azúcares libres, que no están unidos al polisacárido (González, 1996: 50).

El mucílago de las orquídeas consiste en azúcares complejos cuya función es ayudar a conservar de una manera más eficiente el agua durante el periodo crítico en temporadas secas, característico del centro-occidente de México (Ávila-Díaz, comunicación personal, 2011). Los ambientes extremos o críticos generalmente se caracterizan por temperaturas, pH, presión y salinidad atípicas a las que los organismos tienen que adaptarse mediante el desarrollo de propiedades específicas (Kazak, 2010).

Los heteropolisacáridos son macromoléculas presentes en los mucílagos de algunas orquídeas su composición, estructura y concentración son determinantes en la viscosidad (entendida como la cantidad que describe la resistencia de un fluido al flujo; los fluidos resisten el movimiento relativo de objetos sumergidos a través de ellos, así como el movimiento de capas con diferentes velocidades dentro de ellos) y otras propiedades físicas. Estos biopolímeros, entendidos como polímeros sintetizados por organismos vivos pueden ser polinucleótidos (ácidos nucleicos ADN y ARN), polipéptidos (proteínas) o polisacáridos (carbohidratos poliméricos). Éstos consisten en cadenas largas hechas de unidades repetidas unidas covalentemente, como nucleótidos, aminoácidos o monosacáridos (Springer nature, 2017). Son sumamente interesantes y útiles, pero los métodos utilizados para su análisis son muy específicos, costosos y consumen mucho tiempo (Coimbra, 2002). El material de reserva de las orquídeas también cambia sus propiedades dependiendo de la especie de la que se obtengan, de sus características biológicas y del ambiente en el que crecen de allí que el mucílago obtenido de los pseudobulbos

de, por ejemplo, una orquídea terrestre sea distinto que el de una epífita y que estos *tzauhtlis* tengan distintos usos y aplicaciones.

3.2. Especies y sitios de colecta

3.2.1. *Laelia speciosa*

El género *Laelia* fue establecido en 1831 por el botánico inglés John Lindley, en su obra "Los géneros y especies de plantas orquídeas", donde dio cuenta de dos especies: *Laelia grandiflora* y *L. autumnalis*. La *Laelia grandiflora* se conoce hoy como *L. speciosa*, y es la especie tipo del género. De acuerdo con Halbinger y Soto, el nombre genérico probablemente se originó del nombre de una de las Vírgenes Vestales de la antigua Roma, o tal del nombre femenino "Laelia" que era popular durante ese periodo (1997:15). La mayor parte de la información sobre la ecología de *Laelias* ha sido recogida por Hernández (1992; Soto, 1994), quien realizó un detallado estudio demográfico sobre *Laelia speciosa* (ver Anexo 1).

Las *Laelias* mexicanas existen en una variedad de tamaños de plantas significativa, el ejemplar más grande es *L. superbiens*, mientras que la *L. speciosa* es el más pequeño. La *L. speciosa* crece en áreas secas, en las que no pueden sobrevivir otras orquídeas epífitas, de allí que los autores propongan que un aspecto importante de la evolución de las *Laelias* es la ocupación de lugares cada vez más secos y más fríos con clima subtropical. Existen otras características morfológicas correlacionadas con la sequedad del hábitat, como pseudobulbos cortos, ovoides,

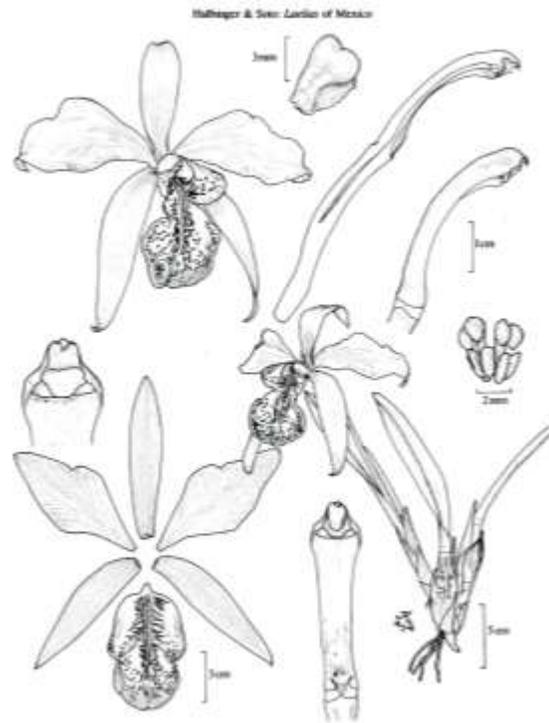


Figura 28: *Laelia speciosa* (Llave & Lex.)
(Halbinger y Soto, 1997: 134)
Dibujo por R. Jimenez

inflorescencias cortas, hojas más cortas y más estrechas, rizomas abreviados, número reducido de brácteas de la inflorescencia y mayor tiempo de maduración de las cápsulas o frutos con las semillas y hábito con caída de hojas de los forofitos durante el desarrollo de las plántulas (Halbinger y Soto, 1997).

Una vaina de *Laelia speciosa* tiene de 250 mil a 1 millón de semillas. Las nuevas plántulas se pueden ver (con la ayuda de una lupa) en agosto y germinan sobre todo en parmelia, un líquen crustáceo que cubre los troncos del encino huésped *Quercus deserticola*. Hernández (1992) estimó que 1 de 5 mil a 20 mil semillas (dependiendo de la localidad) germina en condiciones naturales y la *L. speciosa* es probablemente más tolerante a la sequía que las otras especies del género, pero en muchos aspectos todas las especies comparten rasgos en su historia de vida (Halbinger y Soto, 1997).

Miles de plantas de *Laelia speciosa* son cosechadas cada año desde su hábitat para ser vendidas en las calles y mercados de la Ciudad de México, y varias otras ciudades y pueblos de México. Algunas plantas se cultivan en huertos familiares por la belleza de las flores, pero éstas no duran una vez que se cortan; otras son utilizadas en ceremonias religiosas, como la fiesta de Corpus (Salazar-Chávez, 1996; Halbinger y Soto, 1997; Ávila-Díaz y Oyama, 2007).

Una vez que las plántulas de *Laelia speciosa* germinan, después de 17 meses, tienen oportunidad de éxito del 68-88% en su supervivencia, si cuenta con "sitios seguros" para su establecimiento. Una vez establecida, la plántula requiere un periodo muy largo, en promedio total de entre 9 a 32 años, para almacenar los recursos necesarios, antes de convertirse en una muestra reproductiva y producir la primera inflorescencia. Una planta que ha alcanzado la madurez produce inflorescencias el resto de su vida, aunque la probabilidad de reproducirse intermitentemente cada año es mayor en los ejemplares más antiguos (Halbinger y Soto, 1997).

No sólo la antigüedad de la planta y sus características anatómicas influyen en su desarrollo y permanencia en el ecosistema, es importante considerar las formas de reproducción y variabilidad genética de las especies. La diversidad genética de

Laelia speciosa se puede explicar de diferentes formas. De acuerdo con los doctores Irene Ávila y Ken Oyama, la *L. speciosa* es principalmente una planta de reproducción por exogamia, aunque también es capaz de aceptar su polen a través del polinizador. En este sistema de reproducción mixta, a pesar de que el cruzamiento es el mecanismo más común para producir semillas, la autogamia y el apareamiento entre parientes es posible (Ávila y Oyama, 2007).

Tomando en cuenta las características reproductivas de *Laelia speciosa*, no es de extrañar que la cosecha de plantas para su cultivo, en el mejor de los casos, sea tan compleja y, en el peor, que los ejemplares consumidos por compradores que los desconocen se pierdan irremediablemente. Los estudios demográficos de *L. speciosa* en poblaciones con diferentes niveles de perturbación del ecosistema asociado han demostrado que las poblaciones perturbadas son más propensas a la extinción que las menos perturbadas (Hernández-Apolinar, 1992; Pérez-Pérez, 2003, Ávila y Oyama, 2007).

Por esta razón algunos autores recomiendan el mantenimiento de un banco de germoplasma para la conservación *ex situ* de *L. speciosa* (Izawa et al., 2007, Li & Ge, 2006) y que se promueva su cultivo para futuros usos culturales y religiosos por parte de las comunidades locales (Rojas-Méndez, 2017).

3.2.2. *Cyrtopodium macrobulbon*

En su ambiente natural, la especie *Cyrtopodium macrobulbon* crece en sitios de baja altitud y climas cálidos. Espejo indica que son plantas terrestres que crecen en zonas rocosas, de hasta 1.5 m de alto, con los pseudobulbos agrupados, fusiformes, de 15 a cien centímetros de largo, con numerosos entrenudos y cubiertos por vainas escariosas. Poseen numerosas hojas, plegadas, caducas, lanceoladas a linearlanceoladas. Sus flores tienen dimensiones de 2.5 a 3cm de diámetro, verdoso-amarillentas con manchas rojas, el labelo trillado, amarillo con manchas anaranjadas. La columna es de color verde con un largo pie con la canícula de más de 50 flores, laxamente dispuestas (Espejo, 2002).

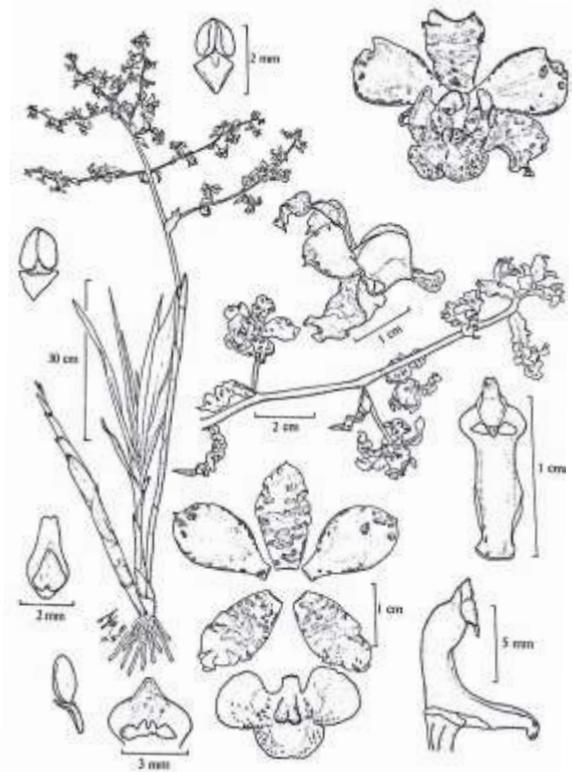


Figura 29: *Cyrtopodium macrobulbon*
(Espejo, 2002: 65)

Se puede encontrar hasta en altitudes de 2,500 metros (Pérez, 2007). Existen reportes de ejemplares hallados en el Pedregal de San Ángel en la Ciudad de México. Se desarrollan sobre las rocas donde se acumula algo de hojarasca (ver Anexo 2).

El doctor Eduardo Alberto Pérez García ha estudiado esta especie por varios años y recomienda que su cultivo se haga en maceta con poca tierra de hoja, tezontle, carbón y roca calcárea, imitando su estrato natural. En su época de reposo (finales del invierno e inicios de primavera) la especie pierde hojas y es recomendable disminuir el riego.

Varias especies que fueron registradas hace décadas en los Jardines del Pedregal, en la Ciudad de México, no han sido vueltas a encontrar recientemente. Estas incluyen *Cyrtopodium macrobulbon*, *Epidendrum anisatum*, *Habenaria strictissima*, *Liparis greenwoodiana* y *Microthelys minutiflora*. En el caso de *Cyrtopodium macrobulbon*, la única planta que ha sido vista en este Pedregal tenía una talla reducida para el tamaño adulto normal de esa especie y no mostraba signos de haber florecido. De allí se deduce que esta planta representara un intento de colonización que no prosperó (Salazar, 2009).



Figura 30: Ejemplares de orquídeas comercializados en el municipio de Tenancingo, Estado de México.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682016000200197

Estas orquídeas están en riesgo cuando son extraídas ilegalmente para su venta, pues quienes las comercializan no saben cómo darles el adecuado manejo y cultivo una vez que están fuera de su ambiente.

La recolección de orquídeas sigue dos fechas: la primera a principios de mayo hasta junio, y la segunda desde finales de octubre hasta inicios de diciembre. Esta actividad por lo general se realiza en familia y en grupos pequeños en los que participan el padre e hijos y las madres se dedican a la venta de los productos extraídos (Emeterio-Lara, 2016).

Lamentablemente, la creciente expansión urbana asegura la pérdida del hábitat, no sólo de *Cyrtopodium macrobulbon* y *Laelia speciosa*, sino de otras especies. En México, la extracción para venta local e internacional de orquídeas está considerada como uno de los mayores problemas de su conservación, tanto por los académicos, los grupos conservacionistas y las autoridades ambientales. Se estima que el tráfico ilegal de orquídeas, entre 1993 y 1996, fue de 9 a 12 millones de plantas, y sólo se comercializaron legalmente 152 mil (Flores-Palacios, 2002).

Quizá el mayor problema sea el impacto negativo a nivel ecológico que ocurre por la deforestación y explotación del medio ambiente, lo cual pone en riesgo a las especies, pues éstas requieren una base u otro tipo de sustrato específico, que pierden junto con su hábitat natural. Es necesaria la creación de áreas de conservación que les permitan continuar con su proceso evolutivo *in situ* (Ávila-Díaz, comunicación personal).

El cultivo y domesticación de estas especies de orquídeas no sólo es un recurso ecológico que permite asegurar su permanencia, es una práctica conservacionista que vuelve posible que las especies se mantengan vivas el tiempo que requiere su tipo de reproducción, generalmente dada por agentes polinizadores, como abejas, moscas, mariposas nocturnas y otros. El manejo de orquídeas también permite la germinación de semillas mediante la reproducción *in vitro*, es decir, la germinación en diferentes medios de cultivo hechos en un laboratorio, o mediante el cultivo de

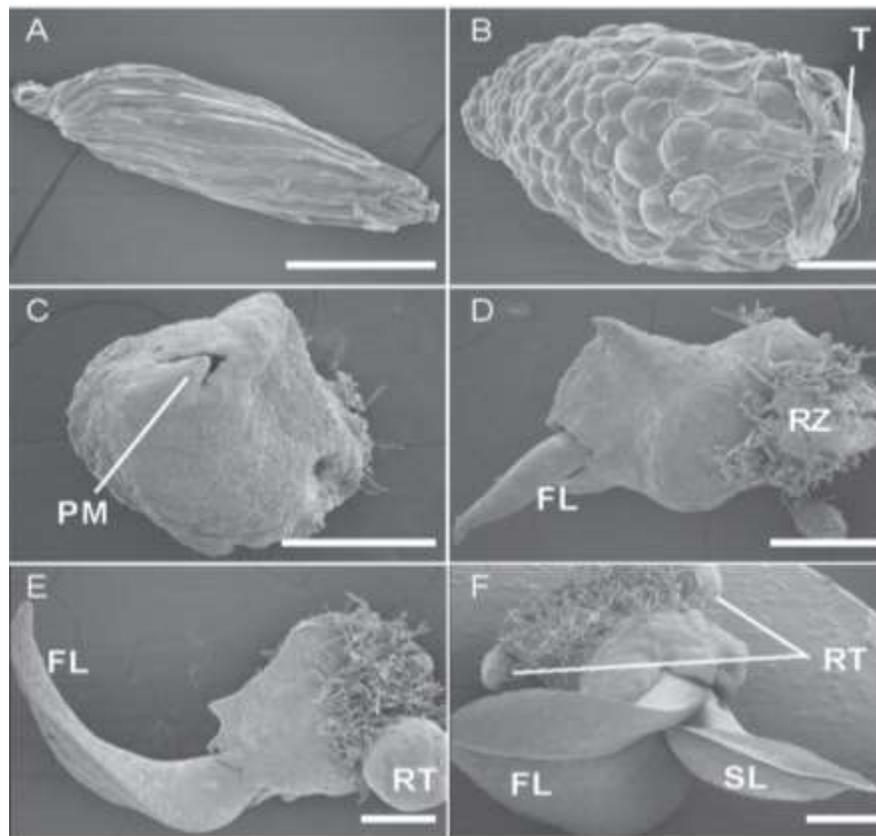


Figura 31: Microscopía electrónica de barrido de germinación de semillas y desarrollo posterior de *Eulophia alta*. **A)** Etapa 0 semilla no germinada; Barra de escala = 100 μ m. **B)** Etapa 2 protocormo; Barra de escala = 100 μ m. **C)** Etapa 3 protomersitemo; Barra de escala = 1 mm. **D)** Protocormo Etapa 4; FL = primera hoja; RZ = rizoides; Barra de escala = 1 mm. **E)** Etapa 5 protocormo; RT = raíz; Barra de escala = 1 mm. **F)** Planta de semillero 6; SL = segunda hoja; Barra de escala = 1 mm. Placa fotográfica:

Johnson, 2007.

meristemas partiendo de un explante, ya sea de la sección de hojas nuevas, nudos de tallo, yemas o secciones de raíz (Alvarenga, 2012).

3.3. Sitios de colecta

Para caracterizar el mucílago de estas orquídeas, se evaluaron sus propiedades físicas y se analizaron sus componentes a nivel molecular. Se cuenta con tres especímenes de cada una, colectados en zonas de crecimiento con una distancia tal que permita una diferenciación genética y de características sensoriales. Se analizaron las especies: *Cyrtopodium macrobulbon* (proveniente de San Andrés de la Cal, Morelos; Chilpancingo, Guerrero, y la sierra de Huautla, Oaxaca) y *Laelia speciosa* (proveniente de Hualula, Hidalgo, el monte del Olvido, Michoacán, y Bolaños, en el norte de Jalisco).



Figura 32: Cima del monte del Olvido, Michoacán, 2016.

La decisión de tomar especímenes con una diferenciación genética representativa entre sí deriva del estudio realizado por los doctores Irene Ávila y Ken Oyama a nueve poblaciones diferentes de *Laelia speciosa* para determinar su diferenciación genética. Ávila y Oyama tomaron pequeñas muestras a lo largo de un rango geográfico de 50 individuos reproductores (cada uno de un árbol huésped diferente), excepto en la Lobera, Jalisco, donde sólo se recolectaron 17 muestras, ya que era el número total de árboles de soporte (encinos) encontrados. De cada grupo se

recolectaron de 3 a 5 seudobulbos dejando la mayor parte de la planta en su hábitat que posteriormente cultivaron bajo condiciones medioambientales similares durante dos años. El resultado fue que las poblaciones tenían una diferenciación genética baja pero significativa entre sí, indicativo de diferencias de frecuencia alélica detectables entre los sitios de colecta (Ávila y Oyama, 2007).

Es importante conocer las características del mucílago de acuerdo con el sitio de colecta para determinar si la diversidad genética de cada ejemplar influye en la composición del mucílago y, principalmente, en sus propiedades como adhesivo o consolidante.

Las poblaciones tienen una alta diversidad genética y presentan una diferenciación baja, pero significativa, entre las poblaciones. Así, se distinguen tres grupos principales: las poblaciones de la Sierra Madre Oriental, las del Eje Neovolcánico Transversal y las de la Sierra Madre Occidental. Por lo mencionado anteriormente, en este estudio se tomaron orquídeas de estas poblaciones.

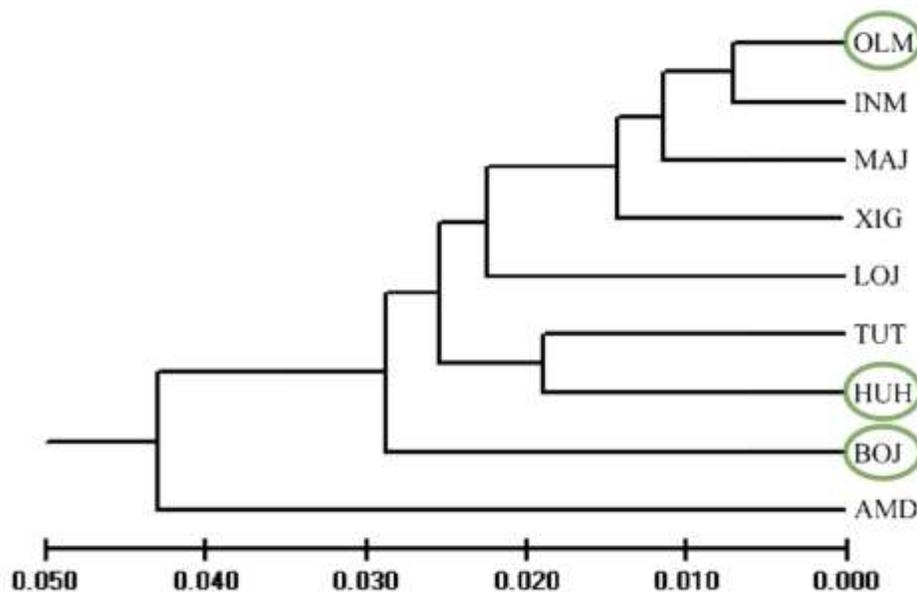


Figura 33: Dendrograma de las relaciones entre las nueve poblaciones de *Laelia speciosa*. La línea horizontal marca la distancia genética entre poblaciones (Ávila y Oyama, 2007:187). En círculos se marca el Olvido, Michoacán; Hualula, Hidalgo, y Bolaños, Jalisco.

Con estos ejemplares se estudiaron las propiedades del *tzauhtli*, tomando en cuenta su diferenciación genética y las características sensoriales del ambiente de crecimiento de cada orquídea, que determinan las particularidades del mucílago extraído. Estos datos también son necesarios si se plantea reproducir las orquídeas y asegurar una cosecha de bulbos que no afecte ni ponga en riesgo su permanencia en el medio ambiente.

En cada colecta se tomaron en cuenta factores como:

- Conocimiento de la región
- Identificación de las distintas zonas de vegetación
- Identificación de caminos
- Localización de poblaciones de orquídeas
- Fotografías de la región
- Cosecha de ejemplares



Figura 34: Estructura de metal y carpa de *tyvek* para resguardar las orquídeas.

3.4. Cultivo de ejemplares

En la segunda parte se especificó que las orquídeas están en riesgo cuando son obtenidas ilegalmente para su venta, pues quienes las comercializan no saben cómo darles un adecuado manejo y cultivo, una vez extraídas de su ambiente. En la mayoría de los casos, las especies mueren, con lo que queda en riesgo la permanencia de estas plantas en el ecosistema.

Los ejemplares de *Laelia speciosa* fueron colectados con un permiso de colecta tramitado en la SEMARNAT y de manera responsable. En el caso de cada planta, con la finalidad de no afectarla, sólo se colectó menos de la mitad de los bulbos. Los ejemplares de *Cyrtopodium macrobulbon* fueron traídos de Oaxaca y donados por el doctor Eduardo Pérez, otros ejemplares fueron colectados en San Andrés de la Cal, Morelos y en Xaltianguis, Guerrero por biólogos del CEAMISH, dependencia de la UAEM. Es importante mencionar que, a lo largo de la investigación, se consiguieron otros especímenes citados como productores de *tzauhtli*. Estas plantas fueron donadas por biólogos, restauradores, jardineros y estudiantes.



Figura 35: Colecta responsable en el monte del Olvido, Michoacán, 2016. Se puede apreciar cómo se deja más de la mitad de la planta sobre el árbol.

En 2013, cuando el acervo comenzó a crecer, fue evidente la necesidad de implementar un espacio en el que las especies pudieran resguardarse y mantenerse bajo las condiciones más adecuadas. Con la asesoría de Irene Ávila y los jardineros de la ENCRyM, José Ángel García Martínez y Julio César Sánchez Monroy, se destinó un espacio bajo la sombra de un árbol en el que se colgaron las orquídeas colectadas.



Figura 36: Marcado de ejemplares de *Laelia speciosa* con números y letras de acuerdo con el sitio de colecta, 2016.

Cada ejemplar se preparó de acuerdo con sus características de crecimiento. Las orquídeas epífitas se colocaron sobre cortezas y se sujetaron con cordones de algodón y alambre recubierto de plástico; las orquídeas de Michoacán se marcaron en el reverso de la corteza con una secuencia de arábigos, las de Jalisco con letras, las de Hidalgo con números romanos y se colgaron bajo la sombra de un árbol. Las orquídeas terrestres se plantaron utilizando un sustrato específico a sus necesidades, por ejemplo, el *Cyrtopodium macrobulbon* crece en zonas cerca de caleras, en suelos ricos en carbonatos; por eso, el sustrato de esta especie tiene

tezontle, carbón, tierra y cáscara de huevo, para proveerle de los nutrimentos necesarios.

El resto de las orquídeas se prepararon y marcaron con datos como: nombre, fecha y lugar de colecta; posteriormente se colocaron en un invernadero elaborado con una estructura de metal cubierta por una carpa de Tyveck™, como se muestra en las figuras 34 y 38, que permite un intercambio de vapor pero no de líquidos; de esta forma se asegura el correcto resguardo de las especies.



Figura 37: Preparación de *Laelias*, 2016.

3.4.1. Invernadero

La relevancia de resguardar las orquídeas obedeció en su momento a la necesidad de acceder al material para elaborar probetas y realizar análisis. Con el transcurso del tiempo fue evidente la importancia no sólo de conservar los ejemplares, sino de cuidarlos, catalogarlos, estudiarlos, reproducirlos y darlos a conocer.

La variedad vegetal del mundo mesoamericano que incluye, por supuesto orquídeas, pero también otra serie de especies, fue reflejo del conocimiento del entorno y de las plantas con aplicaciones productivas. Por ejemplo, la chinampa o la milpa, ambos sistemas agropecuarios complejos que permitían la conservación, producción y consumo de especies tanto vegetales como animales. En su conjunto, el mundo vegetal forma parte de este legado, por lo tanto, no sólo deben preservarse las especies de orquídeas, sino el conocimiento de las tecnologías tradicionales de éstas y otras especies en conjunto.



Figura 38. José Ángel García Martínez, el orquideario y algunas especies de orquídeas, 2016.

Los productos forestales no madereros (PFNM) son bienes de origen biológico, distintos de la madera, derivados del bosque, de otras áreas forestales y de los árboles fuera de los bosques; pueden recolectarse en forma silvestre o producirse en plantaciones forestales o sistemas agroforestales (FAO, 2018). Los PFNM forman parte de la vegetación natural, de los ecosistemas de bosque, selvas y semi desiertos, su presencia coincide a menudo con las áreas llamadas "de monte" o terrenos de uso común en ejidos y comunidades.

Las orquídeas son PFNM; en ocasiones, las características que permiten que pertenezcan a esta clasificación son la causa de que no se les dé el valor preciso o se permita el saqueo por personas ajenas. Dados los sitios en que se tienen los PFNM y las técnicas de manejo sostenible que se han generado en torno a ellos (y que dependen en buena medida de la existencia de áreas forestales en buenas condiciones de conservación), su presencia está casi siempre asociada directamente con la conservación de los ecosistemas de bosques, selvas o semi desiertos (Menchaca, 2012).



Figura 39. Milpa: ejemplo de sistema agro cultural mesoamericano.

El patrimonio biocultural debe ser documentado, inventariado, comprendido y vigorizado por la ciencia; no solamente por su valor intrínseco de carácter universal, sino por el potencial que encierra en la búsqueda de modelos alternativos de manejo de recursos naturales. Idealmente la conservación de los PFNM debe ser complementaria y considerar la relación de éstos con los demás recursos naturales presentes en el territorio, pues su manejo adecuado puede llevar a mejorar el cuidado de los recursos naturales en su conjunto y viceversa. Así, la conservación de las orquídeas y otras especies vegetales engloba un sistema que involucra las relaciones con otras especies que permiten su reproducción y supervivencia. Esta labor compete tanto a las comunidades interesadas, en este caso la comunidad académica, los grupos científicos y las organizaciones vinculadas, de cualquier forma, con el desarrollo sostenible (Folores-Palacios, 2001; Menchaca, 2012).

Se pretende, pues, conservar el conocimiento del uso del *tzauhtli*, pero también de las orquídeas productoras. De esta forma, y con miras a largo plazo, la pequeña carpa se convirtió en un invernadero que actualmente alberga todas las orquídeas mencionadas en diversas fuentes, como productoras de *tzauhtli* y otros ejemplares por estudiar: plantas mexicanas productoras de colorantes, fibras y saponinas. Éste es un proyecto de conservación ambiental y cultural que pretende seguir creciendo. A continuación, se profundiza en el porqué de su relevancia.

3.4.2. La conformación de la UMA

Las Unidades de Manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) se identifican como uno de los esquemas legales de mayor importancia en México para el aprovechamiento sustentable, además de ser una de las alternativas de conservación más viable:

Las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre UMA representan la síntesis del paradigma de la conservación y el desarrollo. Son una salida conceptual e instrumental para la conciliación de posturas ideológicas (o quizá éticas) sobre la vida y el medio ambiente. Decir lo anterior no es una exageración (Robles, 2009: 3).

Funcionan a través de la reproducción de plantas, animales (o cualquier otro organismo vivo de especies de origen mexicano), de los cuales, mediante previa autorización de la SEMARNAT se puede obtener un beneficio económico y educativo, mediante su reproducción o propagación.

En las UMA se contempla a todos los criaderos extensivos e intensivos, los viveros e invernaderos, así como las alternativas viables que permitan la elaboración de productos y subproductos que puedan ser incorporados al mercado legal de vida silvestre, bajo algún estatus de riesgo (Robles, 2009). En este sentido, las orquídeas pueden manejarse bajo el esquema de UMA para su aprovechamiento sustentable, pero aún es necesario crear conciencia de la enorme riqueza que representan. Para ello, hace falta cooperar en la labor de divulgación sobre la manera de conservarlas, reproducirlas y aprovecharlas, así como acerca de los mecanismos necesarios para su aprovechamiento sustentable. Para su mejor aprovechamiento, esta responsabilidad debe caer en manos de investigadores y comunidades académicas, mediante el esquema de unidades de manejo ambiental (Menchaca, 2012).

El orquideario de la ENCRyM es un ejemplo de los esfuerzos por el resguardo y aprovechamiento a todos niveles de las orquídeas productoras de *tzauhtli*. Durante el transcurso de la investigación fue evidente que también es necesario conservar y difundir otros materiales empleados en tecnologías tradicionales mesoamericanas. Actualmente el invernadero alberga agavaceas, que son plantas

productoras de fibras naturales: *Gossypium herbaceum* (algodón blanco) y *Gossypium mexicanum* (algodón coyuchi); colorantes: *Indigofera suffruticosa* (añil), *Cosmos sulphureus* (xochipalli), *Tagetes erecta* (cémpazuchil) y *Haematoxylum campechianum* (palo de Campeche), orquídeas y una nopalera.

La planeación y propósito del invernadero ENCRyM fueron ejemplo para la construcción del invernadero del LANCIC, en el que se resguardan ejemplares de orquídeas y plantas productoras de colorantes. En Bangkok, Tailandia, sirvió para dar un taller teórico y práctico acerca del cuidado, estudio y aplicaciones prácticas del material biocultural de México y sureste asiático. Este taller fue convocado por el Museo Sirikit de Textiles y por el Ministerio de Cultura del Sureste de Asia.



Figura 40: Proceso de construcción del invernadero del LANCIC en el Instituto de Física de la UNAM, 2017-2018.

En los últimos años, en la ENCRyM se ha visitado la colección en prácticas con los alumnos de licenciatura y están en proceso dos tesis acerca de sus distintas posibilidades de uso. El Departamento de Restauración del Museo Nacional de

Historia solicitó un bulbo de *Prosthechea citrina* para utilizar el mucílago como aglutinante en la restauración de un abanico de seda del siglo XVII. A principios de 2017 el director de Templo Mayor, Leonardo López Luján, solicitó un ejemplar de la misma especie para exhibirlo en la exposición “semillas de vida”; al ejemplar se le dieron los cuidados sugeridos para que pudiera ser expuesto el tiempo que duró la exposición. En 2018 el Instituto de Química de la UNAM solicitó ejemplares para realizar análisis. En el mismo año, tesis de doctorado del Instituto de Física emplearon un bulbo de *Laelia speciosa* para utilizar el mucílago como aglutinante de colorantes. Esto prueba que el material es utilizado, estudiado y merece ser conservado.



Figura 41: El orquideario de la ENCRyM: algunas especies de nopales y agavaceas, 2018.

El invernadero está en vías de registrarse como UMA; para lograrlo, es necesario cumplir con ciertos requisitos que están cubiertos casi en su totalidad y, de esta forma, asegurar oportunidades para la investigación y aprovechamiento de las especies que resguarda. La protección de estos ejemplares permitió hacer los análisis y pruebas de caracterización que se presentan a continuación.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN

Desarrollo de la metodología de experimentación

La caracterización de materiales se refiere a la identificación de sus componentes, a partir del estudio de sus propiedades físicas y químicas. Al conocer las propiedades del material a estudiar puede definirse su naturaleza, así como sus posibles aplicaciones. En el caso del *tzauhtli*, y como se vio en el capítulo 2, ya se han realizado estudios, pero la falta de material vivo y el difícil acceso a técnicas (como la espectrometría y cromatografía de gases) han complicado su caracterización.

En esta tesis se siguió una metodología que contempla la colecta de especímenes bajo la observación de las características del medio ambiente de crecimiento, el análisis del mucílago, así como la elaboración de probetas con los materiales en los que se suele utilizar: textiles y maderas. Las pruebas físicas incluyen técnicas como: espectrometría infrarroja con transformada de Fourier al mucílago solo, pruebas de tracción sobre probetas de textiles y maderas, simulación de envejecimiento acelerado, y colorimetría. La caracterización de las propiedades químicas se hizo con cromatografía de gases de alta temperatura. A continuación, se describe la metodología seguida en la caracterización del *tzauhtli* de *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon*.

4.1. Análisis físicos

Espectrometría infrarroja con transformada de Fourier FTIR

FTIR es una de las técnicas más comúnmente utilizados para la investigación de materiales del patrimonio cultural (Casanova, comunicación personal, 2016). La microscopía FTIR está establecida como una herramienta esencial en el análisis microdestrutivo de muestras pequeñas; gracias a la reciente introducción de equipos de mapeo y de imagen ha sido posible recoger un gran número de

espectros en una superficie, proporcionando un mapa de distribución de compuestos.

Con ayuda del doctor Edgar Casanova del Instituto de Física de la UNAM y bajo la dirección del doctor José Luis Ruvalcaba, se hicieron pruebas con Raman, pero no se obtuvieron resultados por lo que esta técnica analítica fue remplazada por FTIR.

La técnica de FTIR permite trazar un espectro de transmitancia o absorbancia, que da cuenta de a qué longitudes de onda la muestra absorbe el IR, y facilita una interpretación de los enlaces presentes.

Funciona con enlaces covalentes, por lo tanto, puede ser útil en química orgánica y complementaria para la caracterización de mezclas complejas. Por esta razón se hicieron

mediciones de todas las orquídeas. Se conformó una biblioteca de referencia de espectros de todas las orquídeas productoras de *tzauhtli*, que será útil para su futura comparación.

Esta técnica está indicada y bien establecida para la identificación de compuestos inorgánicos, pero dado que su uso en la caracterización de sustancias orgánicas aún está en desarrollo, es recomendable utilizarla en conjunto con otras técnicas; en este caso, la cromatografía.

4.1.1. Preparación de probetas

Las fuentes refieren que en la preparación del *tzauhtli* “para sacar el jugo hacían pedazos el bulbo y lo secaban al sol” (Carrillo, Abelardo, 1946: 42). El protomédico Francisco Hernández hacía constar que la raíz se cortaba en pequeños pedazos que se secaban al sol y se molían, el polvo resultante se disolvía en agua para preparar el pegamento (González, 1996).



Figura 42: Análisis con FTIR en el LANCIC, 2016.
Doctor Edgar Casanova.

Frances F. Berdan, en su artículo "La tecnología de los antiguos mosaicos mesoamericanos: una investigación experimental de súper pegamentos alternativos", cita a Sahagún y refiere que los vendedores de pegamentos no estaban por encima de adulterar su producto vendiéndolo "toscamente molido, con tallos de maíz pulverizados, con granos molidos de maíz, con frijoles molidos". Esta mezcla se vendió en el mercado como polvo (Berdan, 2007).

Es lógico pensar que el *tzauhtli* se utilizara de varias formas, ya sea machacado en fresco, en polvo y en mezcla con otros polisacáridos, como el maíz o polvo de frijol. El *tzauhtli* se conserva bien en esa forma y así se facilitaba su transporte "también tiene sentido desde el punto de vista económico, especialmente si las fuentes de las orquídeas se encontraban a cierta distancia del mercado, y dado que todo el transporte fue a pie o en canoa" (Berdan, 2007: 151).

De acuerdo con González (1996: 308) existían tres métodos para obtener el *tzauhtli*:

1. Triturar los seudobulbos, ponerlos a secar al sol y molerlos. El polvo podía almacenarse; para utilizarlo se disolvía en agua.
2. Cocer los seudobulbos en agua, con lo cual soltaban el aglutinante.
3. Partir el seudobulbo y recoger la goma segregada.

En el caso de esta investigación se utilizó el mucílago recién extraído de los seudobulbos, éstos se seleccionaron, pelaron, partieron, machacaron y el mucílago se aplicó directamente sobre las sedas y maderas a adherir.

Se hicieron una serie de ensayos preliminares. Para obtener el mucílago de *Laelia speciosa* se hizo una mezcla de tres bulbos de cada planta por zona de colecta. Se seleccionaron seudobulbos jóvenes y sanos, sin ataque de insectos, estos se enjuagaron, cortaron en pedazos pequeños, machacaron y colaron. La misma mezcla se dejó secar durante un mes, después se volvió a machacar y se dejó reposar en agua caliente por cinco minutos para obtener un engrudo. Se cortaron tiras de 3x7 mm de seda y algodón y se impregnaron con las mezclas, tras esperar unos segundos se unieron este sí y se dejaron secar. Las probetas pegadas con engrudo no permanecieron unidas y, tras secarse el adhesivo, se separaban por lo que esta mezcla quedó parcialmente descartada como aglutinante y por completo

como adhesivo. Las tiras de algodón tampoco se adhirieron entre sí con mucílago pese a que se utilizó suficiente material para pegarlas. Por esta razón, se descartaron los análisis de pelado a estas probetas.



Figura 43: Preparación de probetas de seda adheridas con *Laelia speciosa* y madera con *Cyrtopodium macrobulbon*.

En el caso de las probetas de *Cyrtopodium macrobulbon* el mucílago se oxida tras extraerse y cambia a un tono pardo amarillento, por lo cual no es apto para adherir telas.

Se hicieron tres probetas utilizando el mucílago de ejemplares de cada sitio de colecta: Oaxaca, Guerrero y Morelos. Sólo fue necesario cortar un extremo de cada pseudobulbo, a diferencia del caso de la *Laelia*, pues los cormos de *C. macrobulbon* son sumamente grandes y su contenido de mucílago es muy alto. En cada caso, se seleccionó un pseudobulbo joven de la orquídea, ya que contienen los nutrientes de la planta que la mantiene viva y, por ende, tienen el mucílago fresco. Éstos se forman por entrenudos. Para evitar dañar a la planta, se cortó hasta el último entrenudo antes de la raíz. Como medida de precaución las tijetas se quemaron con un soplete portátil y limpiaron con alcohol antes de cortar la zona.



Figura 44: Selección y corte de pseudobulbo de *Cyrtopodium macrobulbon*.

Los pseudobulbos producen más mucílago durante la temporada de secas, debido a la escasez de humedad en el ambiente. Los pseudobulbos se cortaron a finales de mayo, cuando apenas comienza la temporada de lluvias, por lo que todavía se alcanzó a aprovechar suficiente cantidad de mucílago.

La parte cortada se refrigeró durante 24 horas dentro de una bolsa con cierre hermético marca Ziploc®, antes de la obtención del mucílago, para simular condiciones de estrés climático y facilitar la extracción. Cuando existe una situación de clima extremo, ya sea mucho frío y poca humedad o viceversa, retienen líquidos y el mucílago se vuelve más viscoso. El pseudobulbo se peló con un bisturí para

eliminar las marcas de los entrenudos y la cáscara. El peso del bulbo pelado fue de 95 gramos.



Figura 45: Extracción de mucílago de *Cyrtopodium macrobulbon*.

El pseudobulbo machacado se coló utilizando una malla de organza de nylon para obtener únicamente el mucílago y eliminar las fibras de la planta. El peso total del mucílago colado fue de 46 gramos. Para preparar las probetas de madera se cortaron polines de 2cm x 2.5mm² y 1cm de largo y barras de madera de pino de 4mm (ancho) x 1cm (largo) y se adhirieron en su extremo a otro polín y a lo largo, en el caso de las barras, con mucílago de cada ejemplar de *C. macrobulbon*.



Figura 46: Preparación de probetas de madera de pino adheridas con *Cyrtopodium macrobulbon*.

Los ensayos físicos se utilizaron para medir la resistencia de estas probetas, antes y después de un proceso de degradación, simulando las condiciones reales de uso con ciclos de temperatura y humedad controlados. Para cumplir este fin, las tiras de seda y tabletas de pino se colocaron dentro de una cámara de envejecimiento acelerado durante un mes. Durante este tiempo la cámara simula las condiciones de luz y temperatura a las que estarían sometidas las piezas a lo largo de cinco años. Este proceso se realizó en el Laboratorio de Conservación, Diagnóstico y Caracterización Espectroscópica de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio del INAH, bajo la supervisión del maestro Armando Arciniega.



Figura 47: El Mtro. Armando Arciniega Corona colocando las probetas dentro de la cámara de envejecimiento del Laboratorio de Conservación, Diagnóstico y Caracterización Espectroscópica de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio del INAH, septiembre de 2017.

Las probetas se colocaron en el interior una cámara de intemperismo acelerado, con humedad constante, se sometieron a ciclos de exposición a radiación UV (16h) y radiación IR (16h). Las probetas estuvieron en cámara por un periodo de 1036 horas; durante este tiempo se monitoreó la temperatura y la humedad relativa. En la Figura 43 se presentan los gráficos de humedad relativa y temperatura en función del tiempo. La humedad se mantuvo en un intervalo de 20% hasta 70%, mientras que la temperatura presenta un comportamiento inverso y se encuentra en el intervalo de 15 a 45°C. Los datos colectados se pueden consultar en extenso en los anexos de la tesis.

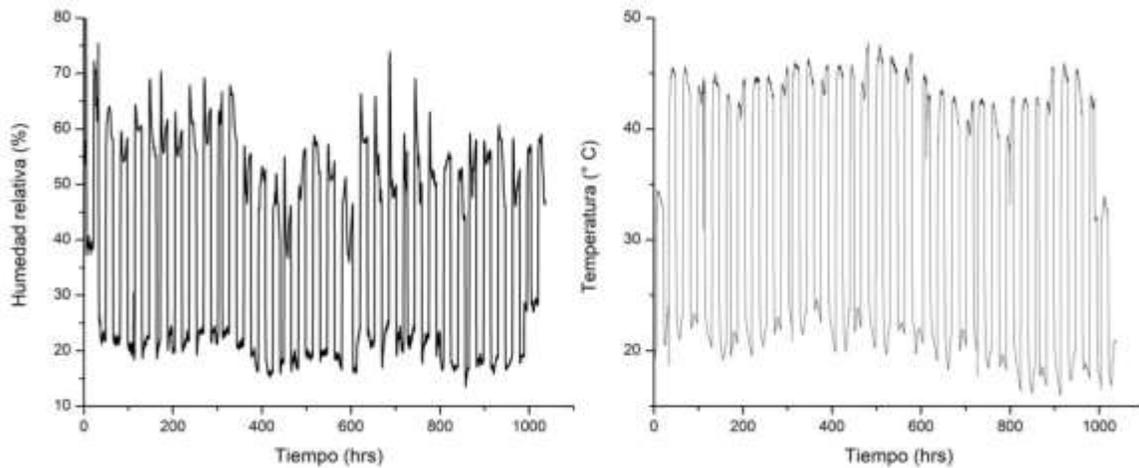


Figura 48: Gráficas humedad relativa y temperatura en función del tiempo, 2018.

4.1.2. Pruebas mecánicas

Las pruebas mecánicas consistieron en medir la resistencia de las probetas antes y después de un proceso de degradación. Las normas de ensayo de adhesivos establecen una geometría concreta de la unión y condiciones de ensayo determinadas, con el objetivo de que los resultados obtenidos se puedan comparar entre los adhesivos estudiados. Esto permite seleccionar el más adecuado a necesidades específicas o caracterizar las propiedades de uno nuevo. Cada país tiene normas y existe un ente internacional: el International Organization for Standardization (ISO) conformado para unificar estándares en normas de medición (Oliva, 2012).

Se hicieron pruebas para evaluar la fuerza de unión del *Cyrtopodium macrobulbon* aplicado a madera de pino, y se utilizaron las normas para uniones sometidas a tracción de juntas de tope. Para evaluar la resistencia a la escisión de las uniones adhesiva (es decir, la fuerza de unión entre dos tiras de tela de algodón y seda unidas con *L. speciosa*) se utilizó la norma ISO 11339, correspondiente al ensayo de pelado en T para uniones encoladas flexible sobre flexible (Oliva, 2012).

Las normas de la ISO se caracterizan de acuerdo con el esfuerzo al que está sometido la unión. Para fines de esta investigación, se utilizaron las citadas a continuación.

1. Esfuerzos normales para uniones sometidas a tracción pura

La adherencia es el esfuerzo de la capa molecular del adhesivo que entra en contacto con la capa superficial de los substratos, tales como la madera (Quevedo, 2014). Para evaluar la fuerza de esta unión se utilizaron las normas para uniones

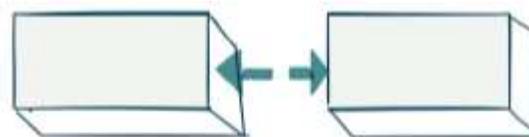


Figura 49. Esfuerzos de tracción

sometidas a tracción de juntas de tope, la acción de este tipo de fuerzas se ilustra a continuación:

Norma utilizada:

ISO 6922. Determinación de la resistencia a la tracción de las juntas de tope.

Esfuerzos de pelado y desgarro:

El ensayo consiste en tomar una tira de material con ambas capas unidas entre sí, iniciando un desgarro artificial, o la separación en un extremo de la tira, insertando estos extremos libres en un conjunto de mordazas, y tirando de las capas de separación. La línea de carga apropiada normalmente consiste en mordazas con caras planas, mecánicas o neumáticas, y una célula de carga de tamaño adecuado para captar las fuerzas implicadas (Oliva, 2012).

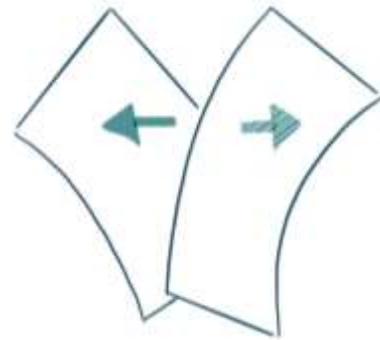


Figura 50. Esfuerzos de pelado.

La elección de la cédula de carga depende de las características del material a evaluar, en este caso, se recomienda utilizar una cédula de baja capacidad debido a la fragilidad característica de la seda. Los equipos para medición de pelado, desgarro y fricción permiten una medición de la carga máxima ejercida al momento de provocar una separación o desgarro de varios centímetros, y establecen un promedio de acuerdo a la medida de las muestras que se ve representado por medio de gráficos con picos y valles.

Normas utilizadas

ISO 11339. Ensayo de pelado en T para uniones encoladas flexible sobre flexible.

ISO 15107. Determinación de la resistencia a la escisión de las uniones adhesivas.

La micro maquina es un dispositivo que se limita a pruebas de tensión y compresión de diversos tipos de materias, utiliza una cédula de baja capacidad (1800g) con sensores que permiten registrar el desplazamiento y la carga aplicada a los materiales de análisis y, por medio de un programa de computación, se realiza la adquisición de datos. Este aparato fue diseñado y adaptado por el estudiante de la licenciatura de física Germaín Castro Aburto y se encuentra en el

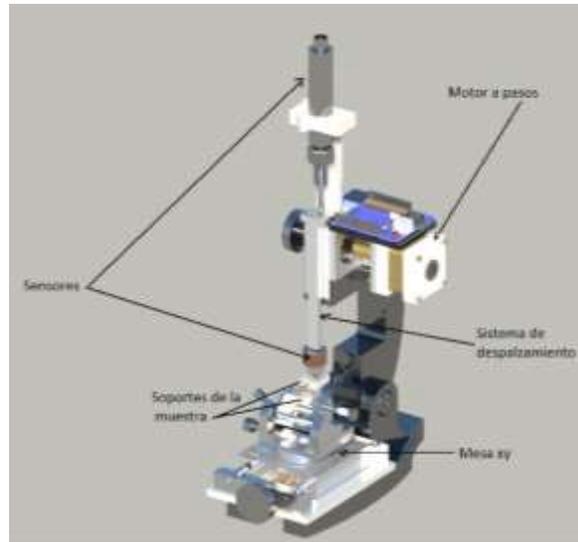


Figura 51. Micro máquina
Esquema por: Germaín Castro Aburto.

Laboratorio de Cristalofísica y Materiales Naturales dentro de las instalaciones del Instituto de física en la UNAM. Se hicieron pruebas de tracción a las probetas de seda adheridas con *Laelia speciosa* y a fragmentos de madera de pino con adhesivo de *Cyrtopodium macrobulbon*, antes y después de someterlos al proceso de envejecimiento controlado.

4.1.3. Colorimetría

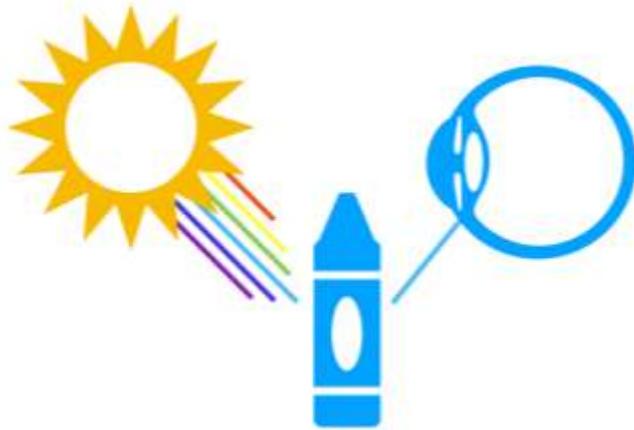


Figura 52. Esquema de percepción de color. Frente de luz, objeto y observador (ojo).

El color existe a través de la combinación de tres elementos: una fuente de luz, un objeto y un observador. Es una sensación subjetiva que se puede describir con un nombre. La Comisión Internacional de la Iluminación CIE (del francés *Commission Internationale de l'Éclairage*) definió algunos estándares que

permiten cuantificar los colores. En consecuencia, los espacios colorimétricos se definen para diferentes pares de iluminante/observador y el color se identifica y nombra mediante tres coordenadas, por ejemplo: CIELAB, CIELUV.

Se suelen emplear dos tipos de instrumentos para caracterizar el color de un objeto: colorímetros y espectrocolorímetros. Un colorímetro es un equipo simple que utiliza una serie de filtros de colores para simular las curvas normalizadas de un observador estándar. La medición no es muy precisa y no permite a los usuarios detectar diferencias que son invisibles para algunos iluminantes y visibles para otros (colores metaméricos). Un espectrocolorímetro incluye un componente dispersivo (rejilla, prisma) que permite la medición de la luz reflejada por el objeto de una manera más precisa para el rango



Figura 53: Pruebas con espectrocolorímetro RUBY del LANCIC, 2018.

completo de longitudes de onda visibles (Medina, 2008)

Para esta investigación se utilizó el espectrocolorímetro RUBY marca STIL del LACIC que es apto para mediciones espectroscópicas y sin contacto de superficies, que cuenta con una base de datos de colores de referencia que permiten el reconocimiento de firmas características correspondientes a un color determinado. Las pruebas fueron realizadas gracias a la asesoría del doctor Miguel Maynez.

Se hicieron tomas de color a tres muestras: una probeta de seda sin adhesivo y sin envejecer, una probeta de dos fragmentos de seda adheridos entre sí con la mezcla de mucílago de bulbos de *Laelia speciosa* proveniente de Hualula Hidalgo y una probeta de dos fragmentos de seda adheridos entre sí con el mismo mucílago y envejecidos en la cámara de intemperismo acelerado del laboratorio CODICE.

Se promediaron quince tomas por cada probeta para evaluar la tendencia a la degradación por luz a nivel microscópico de la sedas pegadas con adhesivo *tzauhtli* evidentes en cambios de color apenas perceptibles a simple vista.

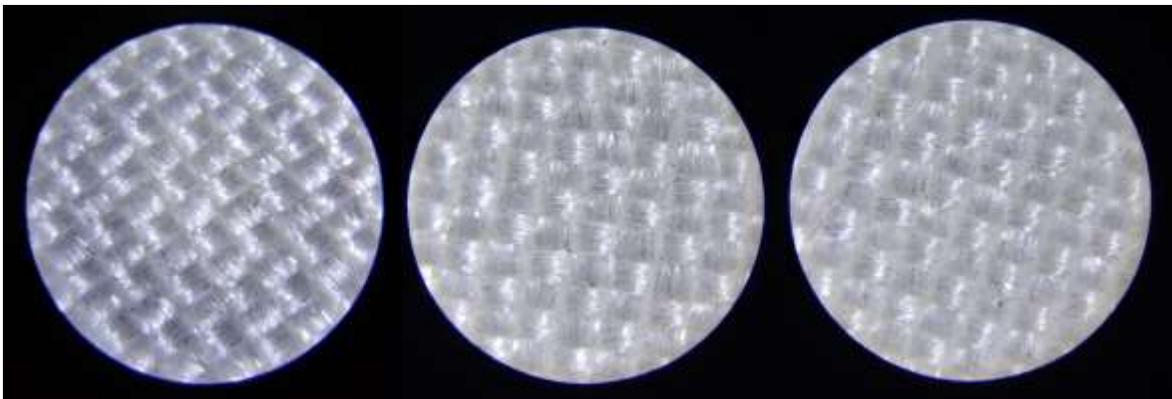


Figura 54: Seda sin adhesivo, seda con adhesivo, seda con adhesivo envejecida
Vista al microscopio óptico a 100X.

4.1.4. Cromatografía de gases de alta temperatura

La cromatografía es la técnica más empleada en la identificación de mono y polisacáridos y, por lo tanto, es muy útil para identificar consolidantes y medios pictóricos orgánicos. En el trabajo de investigación de la *Tlaltecuhтли* coordinado por Leonardo Luján (2010) se hicieron varias pruebas para identificar el aglutinante orgánico que fijaba los pigmentos a la roca. Se enviaron muestras al Getty Conservation Institute y la doctora Joy Mazurek las sometió a un análisis de cromatografía de gases para saber si los aglutinantes habían sido elaborados con gomas vegetales, proteínas animales, aceites, ceras o resinas. Sólo se detectaron bajísimas concentraciones de azúcares que, salvo en un caso, siempre eran menores al 0.04%. Los azúcares identificados fueron consistentemente la glucosa y la manosa, lo que le hizo presumir, aunque sin poder afirmarlo, que pudiera tratarse de un mucílago de orquídea:

A la postre sólo detectó bajísimas concentraciones de azúcares que, salvo en un caso, siempre eran menores al 0.04%. Los azúcares identificados fueron consistentemente la glucosa y la manosa, lo que le hizo presumir, aunque sin poder afirmarlo, que pudiera tratarse de un mucílago de orquídea (Luján, 2010: 72).

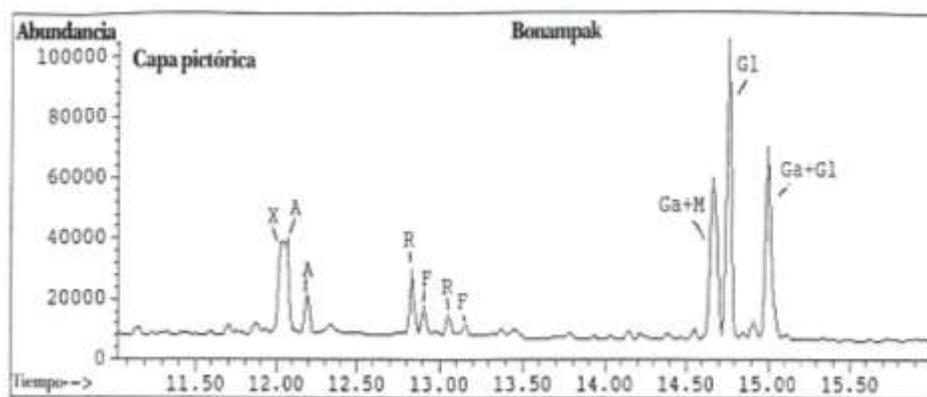


Figura 55. Cromatograma de una zona de los murales de Bonampak (Magaloni, 1998).

Twilley (1984) tiene un análisis de exudados de diversas plantas para aplicaciones artísticas. Allí señala que la glucosa es un monosacárido poco común en los polisacáridos de exudados vegetales, por lo que su presencia no indica la especie

de la que proviene, pero sí descarta mucílagos de otras plantas:

“la glucosa es un monosacárido poco común en las gomas de plantas de los polisacáridos de exudados vegetales” (Twilley, 1984: 386).

Para estudiar los murales de Bonampak, Diana Magaloni también recurrió a la técnica de cromatografía (HT-CGC) para identificar el aglutinante de los pigmentos. Entre los resultados de los cromatogramas se encontraron cantidades altas de glucosa como puede apreciarse en la figura 55 y Tabla 1.

La glucosa está siempre presente 5/5 y en una cantidad alta (**). Es importante anotar que su presencia debe ser considerada como diagnóstica de una goma particular (Magaloni, 1998: 63).

Tabla 1: Contenido de monosacáridos en muestras de pintura mural y gomas vegetales usadas como referencia en la identificación de los materiales asociados a las pinturas de Bonampak (Magaloni, 1998).						
CANTIDAD RELATIVA DE MONOSACÁRIDOS EN LA PINTURA MURAL Y EN ESTÁNDARES						
MUESTRA	XILOSA	ARABINOSA	RAHMNOSA	FUCOSA	GALACTOSA	GLUCOSA
Bonampak (azul)	**	***	*	*	**	***
Bonampak (verde)	**	***	*	*	**	***
Chacmultún (azul)	***	***	**	*	***	***
Palenque (rojo)	***	**			**	***
Toniná (rojo)	**	***	**	*	**	***
ESTÁNDARES						
Corteza Corcho (Ver.)	***		***	*	**	*
Goma de Jobo (Chis.)		***	*	**	***	
Goma Ciruelo (Mor.)	*?	***	**		***	**
Goma de Orquídea (Mor.)					***	**
Goma de Cedro (Guate.)		***	***	*	***	
Goma de Chakah (Chis.)		**	*		***	

En la ENCRyM, Lorena Román quien ha utilizado el *tzauhtli* para restaurar sedas deterioradas, recomienda realizar análisis puntuales al mucílago de las orquídeas: “Es necesario efectuar análisis por Cromatografía de Gases Capilar a Alta Temperatura (HT-CGC), intemperismo, y otros para conocer y determinar con mayor precisión las propiedades de esta sustancia” (Román, 2014: 78) y reconoce la importancia de experimentar y contar con el análisis completo de más orquídeas

pues, como comenta en comunicación personal, sólo ha experimentado con *Laelia autumnalis* por la facilidad de obtención.

Existe un acervo de cromatogramas de diferentes mucílago, sobre todo de cactáceas y agaváceas y algunos de orquídeas. El acervo de cromatogramas de orquídeas productoras de *tzauhtli* requiere más muestras, en parte porque no es fácil contar con los ejemplares de orquídeas y porque es sumamente complicado caracterizar un heteropolisacárido. El problema principal es que no hay suficientes cromatogramas para comparar.

Se consultaron varios artículos científicos sobre caracterización de mucílago, en especial solubles en agua, para identificar la mejor secuencia a seguir para su extracción, fracción, hidrólisis y eventual identificación. El método elegido con la asesoría del maestro Baldomero Esquivel del Instituto de Química de la UNAM, fue el seguido por Araceli Peña y Carolusa Tirado para la caracterización de la orquídea *Bletia Campanulata*, mediante cromatografía de Gases Capilar a alta temperatura (HT-CGC). Éste se repite en la tesis de Montañez (2009), en la que presenta una metodología para la identificación de carbohidratos y lípidos de pseudobulbos de orquídeas mexicanas utilizadas en arte plumaria.

Las pruebas se hicieron en el LANCIC del Instituto de Química a los mucílago obtenidos de la mezcla de bulbos de las *Laelias* de Michoacán, Jalisco e Hidalgo y a los mucílago del bulbo más sano de los ejemplares de *Cyrtopodium macrobulbon* de Morelos, Guerrero y Oaxaca, con el objetivo de obtener, registrar y compartir la huella digital de los mucílago. Las pruebas corrieron a cargo de Mayra León Santiago.



Figura 56: Secuencia a seguir para las pruebas de cromatografía de Gases Capilar a alta temperatura. (HT_CGC)

4.2. Resultados

4.2.1 Espectrometría infrarroja con transformada de Fourier

Las diferencias entre los espectros son mínimas. Ésta es una primera aproximación y es posible distinguir que sí hay cambios de acuerdo con la especie, pero es necesario contar con más tiempo para que un experto en esta técnica realice un análisis por comparación de cada uno de los espectros para su correcta interpretación.

Afortunadamente, con estos espectros ya existe una base de datos de referencia disponible para su consulta con la autora de la tesis y en el LANCIC. Ésta es una gran aportación, pues los expertos interesados en los resultados podrán solicitarlos. A continuación, se presenta una tabla de los espectros disponibles:

ESPECIE	FTIR	3 C/U	PROCEDENCIA
<i>Laelia speciosa</i>	3	9	Espectros de ejemplares del Olvido, Michoacán, Jalisco e Hidalgo
<i>Cytropodium macrobulbon</i>	3	9	Espectros de ejemplares de, Guerrero, Morelos, y la sierra de Oaxaca
<i>Laelia autumnalis</i>	1	3	Morelia, Michoacán
<i>Bletia purpurata</i>	1	3	Estado de México
<i>Bletia campanulata</i>	1	3	San Francisco, Nayarit
<i>Prosthechea citrina</i>	1	3	Tetela del Monte, Morelos
<i>Oncidium sphacelatum</i>	1	3	Oaxaca, Oaxaca
<i>Dendrobium nobile</i>	1	3	Cuernavaca, Morelos
<i>Gobenia superba</i>	1	3	Oaxaca, Oaxaca
<i>Encyclia hambria</i>	1	3	Tetela del Monte, Morelos
<i>Catacetum laminatum</i>	1	3	Apaxtla, Guerrero

4.2.2. Ensayos físicos

Los resultados demostraron que la micro máquina es factible para el análisis y estudio de probetas de madera y textiles adheridas con pegamentos naturales, con tamaños pequeños en relación con los utilizados en máquinas de ensayos universales, como las de tipo comercial que se utilizan en los laboratorios o en la misma industria.

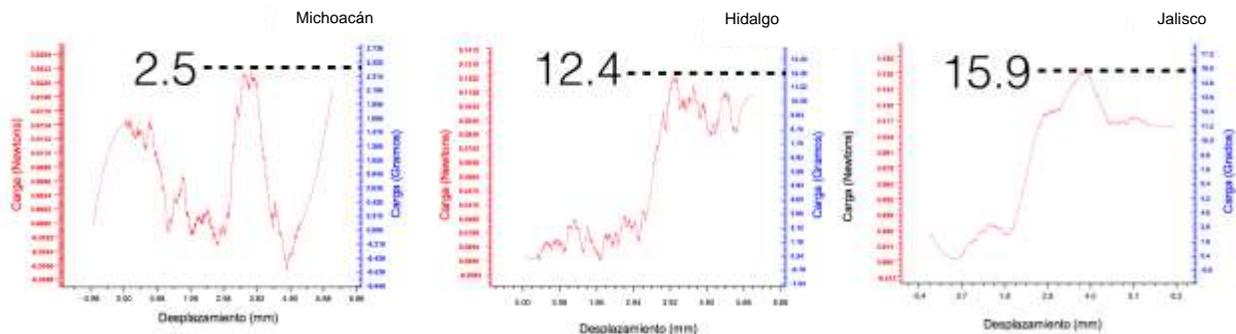


Figura 57. Gráficas del desplazamiento y carga aplicada a las probetas de seda adheridas con *Laelia speciosa*.

La mezcla de mucílagos de orquídeas provenientes de Michoacán ofreció la menor resistencia, mientras que la mezcla de la frontera entre Jalisco y Nayarit soportó una mayor carga.

De acuerdo con Brenda Curiel (2014) en su tesis de licenciatura titulada: “Análisis comparativo de las propiedades fisicomecánicas de los reentelados transparentes aplicados en México”, es posible evaluar la adhesión entre dos sustratos mediante un ensayo de rotura de la unión adhesiva y el fallo de esta unión ocurre por las siguientes razones:

- Separación por adhesivo: cuando la separación se produce en la interface del sustrato adhesivo.
- Separación por cohesión: cuando se produce la ruptura del adhesivo.

- Ruptura del sustrato: si éste se rompe antes que la unión adhesiva o que la interface sustrato adhesivo (Curiel, 2014: 44).

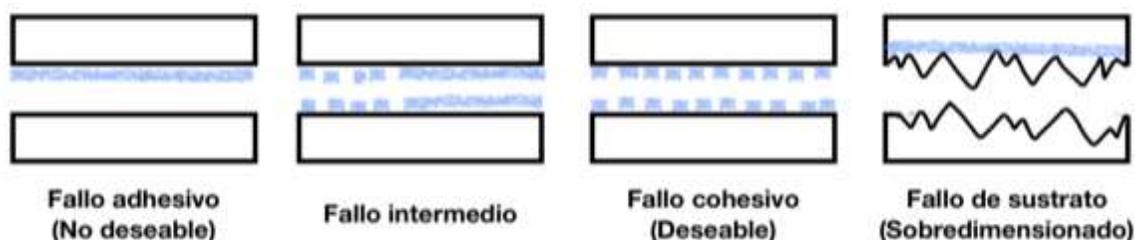


Figura 58: Tipos de fallos entre uniones adhesivas en reentelados de textiles. (Curiel, 2014).

Las muestras se desprendieron de manera fácil pero el adhesivo permaneció en la superficie de las dos telas por lo que se puede considerar como un fallo cohesivo deseable pues el adhesivo permanece en la superficie textil y no lo daña. También es importante notar que la resistencia que ofrece ante una fuerza externa es mínima y después del envejecimiento acelerado nula. Por esta razón y, en concordancia con Fernanda Núñez (2013), el mucílago puede funcionar como consolidante para fibras deterioradas, pero no es suficientemente fuerte para emplearse como adhesivo.

En la elección del mucílago como adhesivo influyó el hecho de que los restauradores que han utilizado el material como adhesivo o consolidante en restauración lo aplican recién extraído del bulbo y reportan buenos resultados. Sin embargo, los restauradores utilizan el mucílago, ya sea de *Prosthechea citrina* o *Laelia speciosa* en mezcla con METHOCEL™ (Corona, 2009; Lara, 2012; Núñez, 2013, Román, 2017) por lo que los resultados positivos, posiblemente se deban más al empleo del adhesivo industrial que al *tzauhtli*.

Las muestras de madera adheridas con mucílago de *Cyrtopodium macrobulbon* resultaron muy fuertes y superaron la capacidad del dispositivo (1.8 kg-f/17.652 Newtons). El pegamento ofreció una mayor resistencia a la tracción de lo que se esperaba antes y después del proceso de envejecimiento controlado.

4.2.3. Colorimetría

Las pruebas de colorimetría se realizaron únicamente a las muestras de seda adheridas con bulbos de *Laelia speciosa* proveniente de Bolaños, por ser la que resistió más en las pruebas de tracción. Los resultados indican que existe un cambio mínimo de color en la seda tras usar el adhesivo. Esto no es de sorprender, pues las fibras se saturan del material. La coordenada que genera más cambio por el adhesivo corresponde a la b^* , que puede estar contribuyendo a un aumento en el amarillamiento (ver en Anexos: Resultados obtenidos entre cada medición de la seda con adhesivo y la seda pura).

Los cambios en las coordenadas cromáticas son distintos a comparación con el par adhesivo-puro, puesto que la luminosidad y a contribución amarillo-azul (b^*) generan el mayor cambio, y la contribución rojo-verde (a^*) permanece prácticamente sin variación. lo anterior genera que el cambio de color resulte similar a la superficie de seda con adhesivo pues una diferencia de color de menos de tres es imperceptible para el ojo humano. ver en anexos: resultados obtenidos entre cada medición de la seda con adhesivo deteriorada y la seda pura.

Tabla 3. Medición promedio de color de la diferencia promedio de valores y pseudocolores.

Medición	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	Y _n	X _n	Z _n	Condición			R'	G'	B'	Coordenadas para 3D'			Pseudocolor
							Variable Yn	Variable Xn	Variable Zn				R _{3D'}	G _{3D'}	B _{3D'}	
Medición promedio de la seda pura	92.11	-0.06	4.68	0.9320	0.9319	0.9086	Yn=Yn*3	Xn=Xn*3	Zn=Zn*3	0.92646	0.90996	0.87615	236	232	225	
Medición promedio de la seda con adhesivo	92.64	0.33	7.06	0.9366	0.9372	0.9013	Yn=Yn*3	Xn=Xn*3	Zn=Zn*3	0.94309	0.91430	0.86431	240	233	220	
Medición promedio de la seda con adhesivo	93.82	0.00	6.26	0.9467	0.9467	0.9154	Yn=Yn*3	Xn=Xn*3	Zn=Zn*3	0.95126	0.92844	0.88128	243	237	225	

4.2.4. Cromatografía de Gases con Detección de Ionización de Flama

Se hizo una prueba preliminar al mucílago de un pseudobulbo de *Bletia campanulata* para repetir la metodología planteada por la doctora Araceli Peña (2006, 2009) y corroborar los resultados presentados. Las cromatografías corrieron a cargo de Alberto Fiesco, quien se encontraba realizando la tesis de licenciatura titulada: "Identificación de carbohidratos en los pseudobulbos de orquídeas". Fiesco también analizó los pseudobulbos de orquídeas propuestos en esta investigación y los resultados de los cromatogramas constarán en su trabajo final, además de incluirse en el archivo virtual derivado de ésta y otras investigaciones. Los pseudobulbos requeridos en su investigación fueron tomados de los ejemplares de orquídeas de esta colección.



Figura 59: Extracción e hidrólisis del mucílago de la orquídea *Bletia campanulata*.

Extracción e hidrólisis: primero se limpió y peló el pseudobulbo y se cortó en cuatro fragmentos, se pesaron 30 mg de y se colocaron en un vial de reacción.



Figura 60. Derivatización del mucílago de la orquídea *Bletia campanulata*.

Para la derivatización del mucílago se adicionaron 2mL de H_2SO_4 0.05M y se calentó a $80^\circ C$ durante 2h 30 min. Posteriormente se neutralizó con NaOH 2N y congeló con un baño de hielo seco/acetona y se liofilizó. Se obtuvieron aproximadamente 15 mg de mucílago liofilizado (ver Figura 60).

Las condiciones cromatográficas de referencia empleadas fueron las siguientes (Peña, 2006; López, 2009):

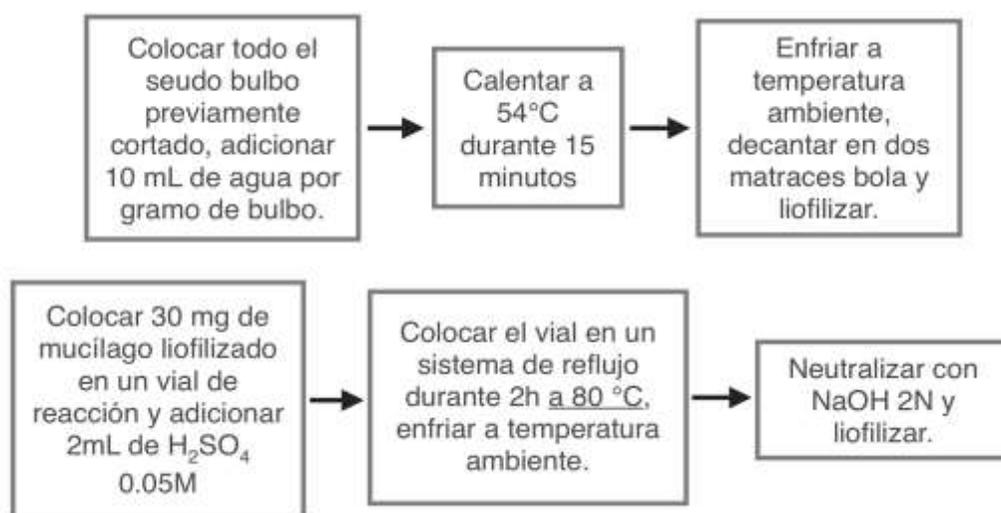


Figura 61: Proceso de extracción, liofilización y derivatización propuesto. Química Ana María López Montañez y doctora Araceli Peña Álvarez (2009).

Instrumentación:

- Equipo de cromatografía CG-FID (Hewlett Packard 5890 Serie II).
- Sistema de Inyección *Cool On-Column* y control eléctrico de presión.
- Columna capilar (ZB-5HT: 5% fenil, 95% polidimetilsiloxano, 15m x 0.25mm x 0.10 μ m, Zebrón Phenomenex).
- Hidrógeno como gas acarreador.

Programa de temperatura:

- $40^\circ C$ durante 1 min., calentamiento de $15^\circ C/min.$ hasta $150^\circ C$.
- Calentar $4^\circ C/min.$ hasta $170^\circ C$.
- Calentar a $8^\circ C/min.$ hasta $370^\circ C$ durante 15 minutos.

A las condiciones propuestas por Peña se les realizaron algunos cambios. A continuación, se describen las condiciones cromatográficas adecuadas por Alberto Fiesco en la experimentación con el mucilago liofilizado de *Bletia campanulata*. Estas se repitieron con los mucílagos de *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon*.

Instrumentación:

- CG-FID (Agilent 7890B)
- Sistema de Inyección *Split (50:1) / Splitless*
- Columna capilar (HP-1: 100% polidimetilsiloxano, 15m x 250µm x 0.25µm, Agilent Technologies)
- Helio como gas acarreador

Programa de temperatura 1:

- Llevar a 40°C durante 0 min., incrementando 15°C/min. hasta 150°C.
- Incrementar a 4°C/min. hasta 170°C.
- Incrementar a 8°C/min. hasta 280°C durante 5 minutos.

Programa de temperatura 2:

- Llevar a 100°C durante 0 min., incrementando 10°C/min. hasta 170°C.
- Incrementar a 4°C/min. hasta 250°C.
- Incrementar a 25°C/min. hasta 340°C durante 5 minutos.

Las condiciones propuestas por Fiesco se repitieron en tres ensayos con mucílago de *B. campanulata*, para comparar y corroborar la metodología con la propuesta por Peña y para asegurar que el método es repetible.

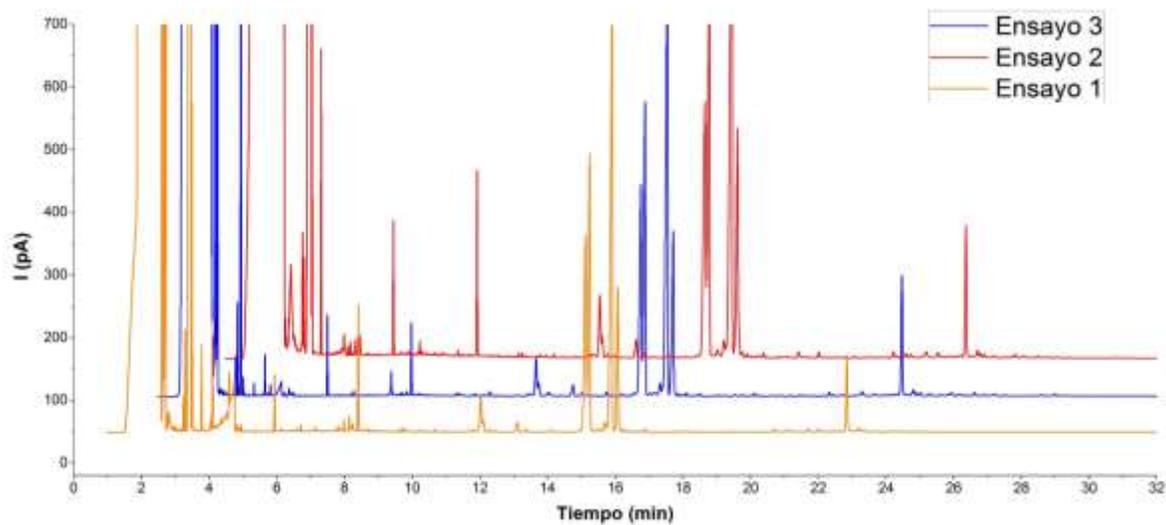


Figura 62: Cromatograma correspondiente a la especie *Bletia campanulata*, evidencia de la repetibilidad del método. Fiesco 2019.

Las cromatografías permitieron identificar los carbohidratos presentes en cada muestra de mucílago, incluso en material escaso y envejecido, como el caso del mucílago de *Cyrtopodium macrobulbon* tomado de probetas de madera de pino envejecidas.

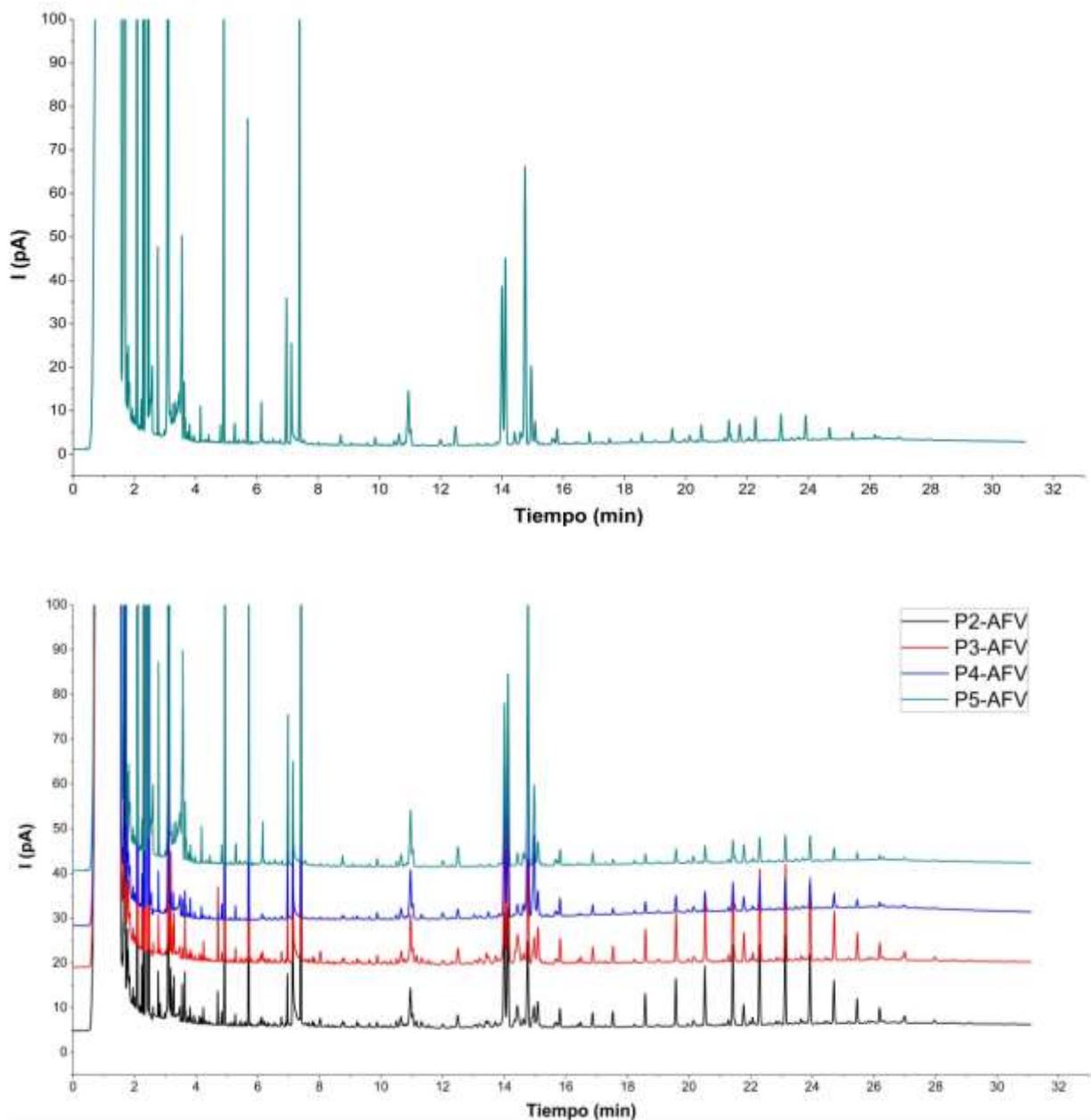


Figura 63: Cromatograma de muestra de *Cyrtopodium macrobulbon* tomada de una probeta de madera envejecida y el mismo cromatograma cotejado con otros tomados del mucilago liofilizado de ejemplares “frescos” de la misma especie. Fiesco 2018.

A continuación, se presenta una tabla con los carbohidratos identificados en cada mucílago analizado, es importante notar la constante en glucosa que Magaloni (1998) ya mencionaba como indicativa de una goma particular, posiblemente de orquídeas además de arabinosa y galactosa que no se encuentran, por ejemplo, en el mucílago de nopal, este contiene altosa y xilosa entre sus monosacáridos (Góngora, 2016., Fiesco, 2019) a diferencia del *tzauhtli* y sus porcentajes de carbohidratos sí son distintos.

Tabla 4. Porcentaje de carbohidratos identificados y la masa del mucílago obtenido para cada especie						
Muestra	Masa total/ g	Masa liofilizada/ g	Carbohidratos	% Monosacáridos	% Disacáridos	% Trisacáridos
<i>Laelia speciosa</i> (n=5)	0.4949	0.0795	Arabinosa Fructosa Glucosa Galactosa	87.09	11.93	0.79
<i>Bletia campanulata</i> (n=5)	0.5284	0.0322	Arabinosa Fructosa Glucosa Galactosa Sacarosa	98.88	0.84	0.28
Goma de nopal (n=1)	0.5311	0.0622	Glucosa Manosa Fructosa Xilosa	97.03	2.88	0.08
<i>Cyrtopodium macrobulbón</i> (n=5)	0.5098	0.0440	Arabinosa Fructosa Glucosa Galactosa Sacarosa	92.91	7.00	0.10
<i>C macrobulbon</i> probeta envejecida (n=3)	0.0352		Arabinosa Fructosa Glucosa Galactosa Sacarosa	96.22	2.72	1.06

4.3. Resultados globales

Las muestras de seda adheridas con *Laelia speciosa* provenientes de Michoacán, Hidalgo y Jalisco no ofrecieron tanta resistencia al desplazamiento, pero sí variaron de acuerdo al lugar de colecta. La probeta adherida con el ejemplar proveniente de Bolaños, en la frontera entre Jalisco y Nayarit, presentó mayor resistencia al desplazamiento mientras que el ejemplar del monte del olvido, Michoacán apenas resistió. Este dato es sumamente interesante considerando que se trata de la misma especie y que las plantas estuvieron más de seis meses resguardadas bajo las mismas condiciones ambientales. La diversidad genética de cada ejemplar sí influye en las propiedades del mucílago como adhesivo o consolidante. Los ejemplares de madera de pino adheridos con mucílago de *Cyrtopodium macrobulbon*, sin importar el lugar de procedencia, resistieron una carga superior a 2kg, sorprendente si se considera que las probetas eran de 4mm de ancho por 1cm de largo.

La caracterización de materiales constitutivos del patrimonio cultural precolombino implica trabajar con objetos que presentan alteraciones químicas y físicas debidas al paso del tiempo, por esta razón, los análisis incluyeron pruebas de resistencia, colorimetría y cromatografía en probetas expuestas a una simulación de condiciones de intemperismo para comprender el comportamiento del adhesivo después de esta modificación.

En cuanto a la colorimetría, el cambio de color de las muestras de seda adheridas con *Laelia speciosa* es apenas perceptible (ver resultados: colorimetría) y las probetas con adhesivo envejecidas resultan similares en color a la superficie de seda con adhesivo sin envejecer. El material es adecuado para su uso como consolidante en algodones deteriorados y como adhesivo ligero en sedas, no altera el color ni el pH del material y no ocurren cambios significativos con el paso del tiempo. En el caso del *Cyrtopodium macrobulbon* no fue necesario hacer colorimetría pues este se utilizó como adhesivo de madera y, al ser un material opaco, no lo traspasa y no ocurre un cambio de color. El uso de este mucílago es

adecuado como adhesivo en maderas nuevas y para maderas envejecidas como material de restauración.

Los cromatogramas realizados a los mucílagos demuestran que el método elegido por Fiesco, adaptado de Peña, es repetible y los resultados constantes (ver anexos: cromatogramas). Se identificaron los carbohidratos en los mucílagos de las orquídeas *Bletia campanulata*, *Laelia speciosa*, *Cyrtopodium macrobulbon* y se identificó la constante de glucosa en cada uno que corrobora la hipótesis de que su presencia es indicativa del mucílago de una planta en particular, posiblemente orquídeas (Magaloni, 1998; Luján, 2010).

Se utilizaron las probetas de madera adheridas con *Cyrtopodium macrobulbon* para extraer mucílago envejecido y se comprobó que el material asociado a un objeto (madera), y en poca cantidad, puede caracterizarse mediante cromatografía de gases. Los cromatogramas superpuestos del mucílago fresco liofilizado y del mucílago envejecido de las probetas lo corroboran (ver anexos: cromatografía).

Los resultados obtenidos servirán como material de referencia para investigadores y, a su vez, permitirán que el *tzauhtli* se utilice en la conservación y restauración de materiales, como maderas y textiles, promoviendo el empleo de materiales nacionales, orgánicos y no tóxicos.

4.3.1. Discusión de resultados

Es evidente que la identificación de los productos derivados de los heteropolisacáridos de las orquídeas es una necesidad de especialistas de distintas áreas, el problema es que no hay suficientes espectros para comparar y los que existen son difíciles de conseguir por pertenecer a una institución o estar contenidos en un trabajo de investigación de difícil acceso. Gracias al trabajo de campo, colecta y cultivo de los especímenes de orquídeas ahora es posible una solución: generar una biblioteca de espectros FTIR y cromatogramas de mucílagos productores de *tzauhtli*. Los ejemplares vivos están resguardados para su uso y aprovechamiento en caso de que se deseen correr más análisis o se requiera repetir los cromatogramas.

La caracterización química del mucílago es un antecedente para la síntesis del mismo, pero no se contempló realizarla debido a que existen materiales derivados de la celulosa que cumplen con funciones parecidas a las del mucílago de *Laelia speciosa* como el Methocel™ y, en el caso del mucílago de *Cyrtopodium macrobulbon*, este tiene características ideales para utilizarse como adhesivo de maderas y, por las características de la planta, es factible de producirse a partir de un cultivo sostenible.

Se repitieron ensayos de cromatografía a ejemplares de *Bletia campanulata* y *Laelia speciosa* esto, no sólo comprobó la eficacia del método implementado por Fiesco, sino que no hubiera sido posible de no contar con el material vivo.

En cuanto a la elaboración de probetas o extracción de mucílago es importante tomar en cuenta las condiciones climáticas al momento de colectar los bulbos debido a que en época de lluvias estos producen menos material que en secas. Antes de hacer la extracción se debe tener claro con qué fin va a utilizarse y contar con el material necesario para su aplicación tomando en cuenta que el mucílago puede permanecer almacenado dentro de un frasco de vidrio o plástico con tapa y en refrigeración entre 15 y 20 días.

Ninguna planta de la que se extrajo mucílago sufrió daño y aún hay suficiente material para permitir esta y otras pruebas.

CONCLUSIÓN

Discusión, reflexiones finales y perspectivas

...aquellos bosques, montes, y valles están cubiertos de infinitos vegetales
útilísimos y preciosos, sin haber quien se digne aplicarse a estudiarlos, y
describirlos. ¿No es doloroso que de los inmensos tesoros sacados de aquellas
riquísimas minas en el espacio de dos siglos y medio, no se haya dedicado una
parte a fundar academias de naturalistas, que siguiendo los pasos del ilustre
Hernández, puedan descubrir en bien de la sociedad los dones inapreciables,
derramados allí tan liberalmente por la mano del Criador?

Tomo 1, 34

Las referencias históricas son un recurso valioso para abordar la complejidad de los materiales que constituyen el patrimonio cultural, acercarse al pasado y a lo que se escribió sobre éstos bajo la perspectiva de otras épocas y así, emprender una investigación con sustento teórico para plantear una metodología científica.

Al realizar la investigación histórica, se comprendió la importancia, a lo largo del tiempo, del uso y comercio de los *tzauhtlis*, utilizados como polvo para preparar engrudo o como extracto fresco del bulbo. También se corroboró la información descrita, por ejemplo, en la representación de *Chichiltictepetzacuxochitl* o *Laelia autumnalis* (La Llave y Lexarza, en Hernández 1825) en la *Historia de las Plantas de la nueva España* (1825) y gracias a la intervención de Ávila, se identificó la planta como *Laelia speciosa* (ver introducción). Éste hecho supone un aporte importante pues durante años se habían realizado probetas con *Laelia autumnalis* con resultados negativos.

La identificación de *Laelia speciosa* en lugar de *Laelia autumnalis* a partir de las fuentes históricas marcó la pauta para seguir con la caracterización de esta especie que, además, conserva una tradición de uso en Michoacán. Ésta demostró cualidades óptimas como adhesivo en sedas, mantiene una resistencia a la tracción adecuada para el uso en sedas pues no es tan fuerte como para rigidizarlas y mantiene la flexibilidad. Comparado con un adhesivo de uso común en la

restauración como el funori es incluso superior, y el cambio de color que genera el mucílago recién aplicado y envejecido no es perceptible por el ojo humano.

Se comprobó que las características del medio ambiente de crecimiento de las orquídeas sí influyen en la calidad del mucílago sin importar que se trate de la misma especie. En el caso del *tzauhtli* de *L. speciosa* la planta proveniente de Hualula, Hidalgo mostró mejores propiedades aun después de estar climatizada bajo las mismas condiciones que las plantas de la misma especie provenientes de otros estados. Esto supone un aporte al comprobar que, en efecto, las características ambientales asociadas al crecimiento de la planta influyen en sus propiedades. La especie de orquídea muestreada del monte del Olvido, que también es la especie más alejada genéticamente de las traídas de Bolaños y Hualula, fue la que menos resistencia ofreció al desprendimiento. Para utilizar el mucílago con éxito entonces se debería reproducir la especie traída de Hualula, Hidalgo.

En el caso del *Cyrtopodium macrobulbon* no se contaba con registros históricos de su uso, pero sí con la comunicación oral, recuerdo y permanencia de uso en algunas regiones de Guerrero y Oaxaca (ver capítulo 1). Para comprobar la resistencia del *tzauhtli* empleado como adhesivo, fue crucial hacer pruebas con base en un parámetro estándar de medición cualitativa. Los resultados confirman que el extracto fresco del bulbo de *C. macrobulbon* tiene buena resistencia ante una fuerza externa cuando se emplea como adhesivo entre maderas, y ésta se conserva aun cuando el material está envejecido. Los análisis incluyeron pruebas de resistencia en probetas expuestas a simulación de condiciones de intemperismo controladas.

El uso de distintas técnicas analíticas permitió tener mayor precisión en la interpretación de resultados y comprobar que los *tzauhtlis* son una alternativa de adhesivos viable. Este resultado se complementó con la caracterización química de los mucílago. Para determinar cuál es la técnica analítica adecuada para caracterizar los materiales del patrimonio cultural y con ello, realizar bancos de datos que se nutran y actualicen para aportar en la investigación de materiales, fue importante contar con una metodología de investigación específica a las características del objeto de estudio. A partir de este trabajo se resaltan las particularidades para identificar los heteropolisacáridos contenidos en bulbos de

orquídeas recolectadas de ocho estados en México: Michoacán, Jalisco, Hidalgo, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Estado de México y la frontera de Jalisco y Nayarit. Una de las aportaciones es la biblioteca de espectros FTIR del total de orquídeas consideradas como productoras de *tzauhtlis*.

En el caso de la caracterización química, ésta se hizo por cromatografía de gases con detección de ionización de flama, una adaptación de la metodología con cromatografía de gases de alta temperatura seguida por González y Peña (2006). La adaptación, realizada por Fiesco y León, permitió la caracterización de los mucílago de *Bletia campanulata*, *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon* por medio de la obtención de porcentajes de carbohidratos. Estos cromatogramas y los espectros FTIR constituyen una suerte de huellas digitales de los materiales que pueden compararse con las de otros materiales orgánicos, conocidos o desconocidos, para interpretar los materiales constitutivos presentes en el patrimonio cultural. Además de que se comprobó que basta una pequeña cantidad de muestra para lograrlo (ver capítulo 4: resultados de cromatografía).

La limitante de estas técnicas es que, en el caso del FTIR, las bandas de los soportes originales sobre los que generalmente se encuentra el adhesivo son muy similares al objeto del patrimonio cultural a estudiar y esto puede dificultar la interpretación de resultados. En el caso de la cromatografía la limitante de la técnica son los tiempos y que el equipo requiere comprar una columna y reactivos específicos que pueden resultar costosos. Afortunadamente ya se cuenta con cromatogramas de tres de las especies productoras de *tzauhtlis* que se suman a los obtenidos por Peña y Montañez. Estos contribuyen para comparar los compuestos del contenido de los bulbos de orquídeas y contar con el material vivo, además de que permitió realizarlos asegura que estos análisis se sigan llevando a cabo.

En el caso de las pruebas de cromatografía al seudobulbo de *Bletia campanulata*, desde el trabajo de González había resultado muy difícil conseguir la especie (Félix, comunicación personal 2018). Esto comprueba la necesidad de acceder al material vivo y, al mismo tiempo, asegurar la permanencia de la planta. Contar con un acervo viviente no solo es útil para el estudio de las propiedades físicas y químicas de

distintas especies de orquídeas sino necesario como referencia para su identificación en diversos ejemplares del patrimonio cultural.

En el 2014 se inició la colecta formal de los especímenes de orquídeas y su cultivo y, desde entonces, la colección de ejemplares resguardados en la ENCRyM es visitada por alumnos de esta y otras instituciones. Este acervo ha permitido la realización de varias probetas, dos tesis de licenciatura acerca de las distintas posibilidades de su uso y permite que los profesores del Taller de restauración de textiles sigan aprovechando el material. El departamento de restauración del Museo Nacional de Historia solicitó un bulbo de *Prosthechea citrina* para utilizar el mucílago como aglutinante en la restauración de un abanico de seda del siglo XVII. A principios de 2017 el director de Templo Mayor, Leonardo López Luján solicitó un ejemplar de la misma especie para exhibirlo en la exposición “semillas de vida”, al ejemplar se le dieron los cuidados sugeridos para que pudiera ser expuesto el tiempo que duró la exhibición. En el 2018 el Instituto de Química solicitó ejemplares para realizar análisis y, el mismo año, tesis de doctorado del Instituto de Física aprovecharon un bulbo de *Laelia speciosa* para usar el mucílago como aglutinante de colorantes. Una prueba más de que el material es utilizado, estudiado y merece ser conservado.

La alternativa del uso de *tzauhtlis* como material de restauración es una manera de impulsar el reconocimiento y recuperación de las tecnologías tradicionales mexicanas prehispánicas. Además, son un producto 100% natural que no afecta ni contamina al medio ambiente y contempla la importancia ecológica de las especies productoras, lo que justifica la necesidad de introducir este tipo de materiales al ámbito de la restauración y conservación. Se considera que el cultivo de orquídeas puede ser una práctica sostenible en cuanto a la producción de materiales orgánicos para la restauración con impacto directo a la preservación del patrimonio bio cultural.

La síntesis del mucílago para su reproducción en el laboratorio como material de restauración no se consideró pues, en el caso de *L. speciosa*, que pudiera resultar necesario puesto que esta requiere de un tiempo considerable para alcanzar la madurez y reproducirse el *tzauhtli* es efectivo, pero existen alternativas a éste por lo que no es necesario poner en riesgo el crecimiento de la planta. El *tzauhtli* de

Cyrtopodium macrobulbon tiene propiedades adecuadas para su uso como adhesivo para maderas y, por sus características de crecimiento y reproducción, es posible obtenerlo de la planta sin dañarla. Este punto es importante porque esta especie tiene una tradición de uso que se está perdiendo y esto puede revertirse. Las formas de uso de las orquídeas, que han variado históricamente, y la disponibilidad de éstas determinan la intensidad de su colecta y también pueden contribuir a su conservación. Dar un uso específico a la orquídea permite regresar la atención a ella y su producción y cultivo pueden protegerla del olvido (Emeterio-Lara, 2016).

En síntesis, se puede decir que los aportes más importantes de esta tesis son:

La identificación de la especie de orquídea como *Laelia speciosa* en los grabados de la Historia de las plantas de la Nueva España (1825).

Corroborar las propiedades de *Laelia speciosa* como consolidante de textiles altamente deteriorados.

La comprobación de que la zona de colecta de la misma especie sí hace una diferencia en sus propiedades como consolidante sin importar que las plantas estuvieran bajo las mismas condiciones ambientales dos años.

Comprobar que las propiedades adhesivas de las orquídeas terrestres son superiores a las epífitas mientras que el mucílago de éstas funciona mejor como consolidante y que el *tzauhtli* fresco funciona mejor que el engrudo preparado a partir del material seco.

La experimentación y comprobación de las propiedades de *Cyrtopodium macrobulbon* como adhesivo de maderas (es la primera vez que se hacen pruebas sistemáticas a esta especie).

El acierto al elegir el mucílago de las especies *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon* para utilizar en restauración.

La biblioteca de espectros FTIR del total de orquídeas mencionadas en distintas fuentes como productoras de *tzauhtli*.

La adaptación en temperatura y reactivos a la metodología de Cromatografía antes probada (González y Peña, 2006., López, 2009) que resultaron en la obtención de

los cromatogramas de *Bletia campanulata*, *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon*.

La comprobación de que las diferencias en las proporciones de monoacáridos son evidentes en los cromatogramas entre un bulbo fresco y uno seco. Los bulbos secos pierden sus propiedades adhesivas.

La propuesta del uso del adhesivo obtenido de la especie *Cyrtopodium macrobulbon* como material de restauración no tóxico y, por lo tanto, su puesta en valor como patrimonio bio cultural.

Este trabajo pretende ser parte de un proyecto más amplio que involucre el estudio de otros aspectos de la biología de las orquídeas productoras de *tzauhtlis* así como el trabajo con comunidades académicas y gubernamentales para establecer un programa que ofrezca alternativas de manejo sostenible.

Es necesario facilitar el acceso a los datos obtenidos en esta tesis, a los trabajos que la precedieron, ordenar e integrar los datos. La solución puede ser un sitio web con un dominio asociado al instituto de física, este se actualizaría conforme a los aportes relacionados con el tema y estaría dirigido a un público especializado, a estudiantes y académicos.

Es importante continuar con las pruebas de los *tzauhtlis* en otros objetos y soportes, es decir: en pinturas al temple, al óleo, escultura policromada y papel. De esta forma se contará con mayores referencias que permitan determinar si el mucílago es útil para la restauración de otros objetos patrimoniales. En estos casos sería importante determinar el rendimiento del mucílago para así controlar y saber cuánto adhesivo se necesita dependiendo del área en que se desee aplicar.

El abordaje interdisciplinario que se llevó a cabo en esta investigación permite dar cuenta de los orígenes de una tecnología tradicional que, a través del tiempo y de los procesos de industrialización, se fue perdiendo. La importancia del patrimonio bio cultural tiene raíces históricas, pero es vigente y cobra sentido a partir de la ciencia, la historia, el arte y la conservación.

Alcances del estudio

A partir de la caracterización física y química de los *tzauhtlis* de *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon*, y de los resultados de las pruebas de FTIR y espectroscopía Raman a estas y otros ejemplares de orquídeas, se conformó una biblioteca de espectros y cromatogramas que permitirá a otros investigadores identificar el posible uso de *tzauhtli* en distintas expresiones artísticas, para poder complementar sus estudios acerca del material.

Se logró construir un invernadero con las características necesarias para asegurar la permanencia de los ejemplares de orquídeas adquiridos durante esta investigación. Se consiguieron los insumos recomendados para el cuidado de los especímenes y, desde hace años, el orquideario de la ENCRyM resguarda, aparte de *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium macrobulbon*, el total de los ejemplares referidos en distintas fuentes como productores de *tzauhtli*. Estas orquídeas pueden ser estudiadas en su totalidad, todos los ejemplares están sanos, han crecido más bulbos, con inflorescencias en primavera y otoño, de acuerdo con su temporada de floración, y varios de ellos se han reproducido.

Con el doctor José Luis Ruvalcaba se construyó un invernadero en el Instituto de Física de la UNAM, inspirado en el orquideario de la ENCRyM, con las especificaciones idóneas para el cultivo de orquídeas de diversas características. La construcción del orquideario y el haber conseguido tantas especies, ya sea por donación o compra, es un logro muy significativo, pues al cosechar los bulbos para su estudio, ninguna planta es afectada y el orquideario es la primera reserva de plantas destinadas al estudio aplicado a la conservación y restauración del patrimonio biocultural. Mediante el establecimiento de estas unidades, se asegura el mantenimiento de las especies de orquídeas y se continúa con la promoción del uso e investigación de materiales orgánicos aplicados a la conservación y restauración.

Dentro de los alcances de esta investigación, y a partir de los resultados obtenidos sobre la eficacia del mucílago de las especies *Laelia speciosa* y *Cyrtopodium*

macrobulbon, es necesario plantear un sistema autosustentable de su producción y rescate. Por ejemplo, plantear distintas posibilidades de cooperación con comunidades, incluida la académica, dedicadas al cultivo y aprovechamiento de estas plantas.

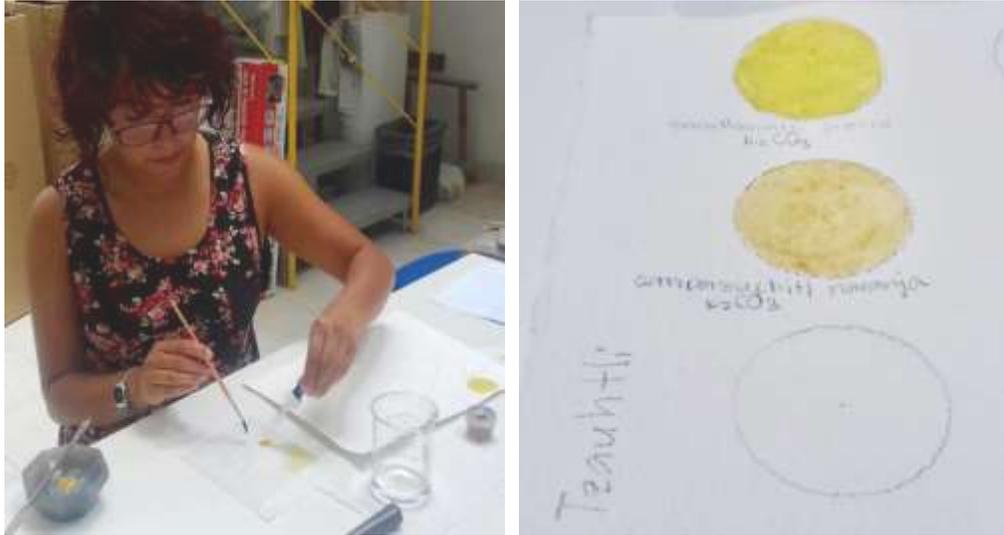


Figura 64: Angelica Bucio realizando pruebas con lacas de *Xochipalli* con aglutinante de *tzauhtli* en las instalaciones del LANCIC, 2018.

GLOSARIO

Conservación: Medidas y acciones encaminadas a salvaguardar el patrimonio cultural tangible al tiempo que garantice su accesibilidad a las generaciones presentes y futuras. Abarca la conservación preventiva, la conservación correctiva y la restauración. Todas las medidas y acciones deben respetar el significado y las propiedades físicas del patrimonio cultural (ICOM-CC, 2018).

Restauración: Acciones que se aplican directamente a un objeto, destinadas a facilitar su apreciación, comprensión y uso. Éstas sólo se llevan a cabo cuando el elemento ha perdido parte de su significado o función, debido a una alteración o deterioro del pasado. Se basan en el respeto por el material original (ICOM-CC, 2018).

Bio cultural: Vínculos entre los pueblos indígenas y comunidades rurales con los recursos naturales presentes en su territorio, lo cual permite una conservación de la diversidad biológica y la utilización sustentable de sus componentes, por medio de prácticas y conocimientos tradicionales (SCJN, 2014: 138).

Sostenible: Aquello que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos (SEMARNAT, 2017).

Mucílago: Producto orgánico de origen vegetal, de alto peso molecular (con un rango de 200 mil y más), de estructura definida. Químicamente, está estrechamente relacionado con las gomas y las pectinas, pero difiere en ciertas propiedades físicas. De ahí que el término se use a menudo, de manera intercambiable, con el término **goma** (Hadley, 2014).

Heteropolisacárido: Componente más importantes de la matriz extra celular, la cual mantiene unidas a las células individuales en los tejidos y les provee protección, forma y soporte. Contiene en su estructura dos o más tipos de monosacáridos, y usualmente proporciona soporte extra celular a diferentes organismos.

Cromatografía de gases: Técnica analítica que permite cuantificar los componentes de una mezcla, mediante la cual se puede determinar el número de

componentes y su concentración en una gran variedad de productos (Instituto de Química, 2009).

Cromatograma: representación gráfica o de otro tipo de la respuesta del detector, de la concentración del o los analitos en el efluente u otra cantidad usada como medida de concentración en el efluente en función del volumen de este o del tiempo (Uniquim, 2015).

LISTA DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
ENCRyM	Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía
ECRO	Escuela Nacional de Conservación y Restauración de Oriente
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
ICOM	International Council of Museums
IIC	Internacional Institute for Conservation
AIC	American Institute for Conservation
AMO	Asociación Mexicana de Orquideología, A. C.
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
SCJN	Suprema Corte de Justicia de la Nación
FTIR	Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier
HT-CGC	Cromatografía de Gases Capilares a Alta Temperatura
CG-DIF	Cromatografía de Gases con Detección de Ionización de Flama

FUENTES CONSULTADAS

Aguilar-Morales, M. y López-Escamilla, A. (2013). *Germinación in vitro de Laelia speciosa (Kunth) Schltr., una herramienta para su conservación ex situ en “Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas”*. Volumen II. México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Zea E-Books. Book 16. Recuperado a partir de: <http://digitalcommons.unl.edu/zeabook/16>

Ávila-Díaz, I. y G. R. Salgado. (2006). Propagación y mantenimiento in vitro de orquídeas mexicanas, para colaborar en su conservación. *Biológicas* 8:138-149

Ávila-Díaz, I. y Oyama, K. (2007). *Conservation genetics of an endemic and endangered epiphytic Laelia speciosa (Orchidaceae)* en “*American Journal of Botany*”, 94, 184–193.

Berdan, F. (2007). *La Tecnología de los Antiguos Mosaicos Mesoamericanos: Una Investigación Experimental de Super Pegamentos Alternativos*. (Lomónaco, A. Trad.). Recuperado a partir de: <http://www.famsi.org/reports/06015es/06015esBerdan01.pdf>

Brendan, F. F., Stark, E. A., & Sahagún, J. D. (2009). *Production and Use of Orchid Adhesives in Aztec Mexico: the Domestic Context* en “*Archeological Papers of the American Anthropological Association*”, 19 (1), 148-156.

Boege, E. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

Boege, E. (2017). *El patrimonio biocultural y los derechos culturales de los pueblos indígenas, comunidades locales y equiparables*. *Diario De Campo*, (1), 39-70. Recuperado a partir de <http://revistas.inah.gob.mx/index.php/diariodecampo/article/view/11153>

- Bye, R., & Linares, E. (2013). *Códice De la Cruz-Badiano: Medicina prehispánica México*, Arqueología Mexicana.
- Carbonell, C. (1986). *La historiografía*. México, fondo de cultura económica.
- Carmona, E. (2017). Propuesta para la elaboración de capas de sacrificio para el Edificio B ('Altar de cráneos') del Templo Mayor. Escuela Nacional De Conservación, Restauración Y Museografía "Manuel Del Castillo Negrete". Instituto Nacional De Antropología e Historia.
- Carrillo y Gariel, A. (1983). *Técnica de la pintura de Nueva España 2~ ed.* Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Estéticas, México.
- Carton de Grammont, P., Cruz-Angón, A. (2007). *Estrategia para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica del Estado de Michoacán*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Castro, M. García, V.; Marín, M.; Meehan, P.; Medina, I. (2009) *Una primera aproximación a la normativa en materia de conservación del patrimonio cultural en México*. En: Renata Schneider, (ed.), "La conservación-restauración en el INAH, el debate teórico", México: INAH.
- Clavigero, F. J. (1844). *Historia antigua de México y de su conquista: sacada de los mejores historiadores españoles* (J. J. Mora, Trad.) México: Imprenta de Lara.
- Coimbra, M (2002). *Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometric Analysis of White Wine Polysaccharide Extracts* en "Journal of Agriculture and Food Chemistry". 50, 3405–3411
- Cruz, M. D. L. (1991). *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis: Manuscrito azteca de 1552 según traducción latina de Juan Badiano* (No. 581.634 C78). Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Cullina, W. (2004). *Understanding Orchids: An Uncomplicated Guide to Growing the World's Most Exotic Plants*. Houghton Mifflin Harcourt.

- Curiel, B. (2014) *Análisis comparativo de las propiedades fisicomecánicas de los reentelados transparentes aplicados en México* tesis de licenciatura en Restauración de bienes muebles. México. Escuela Nacional de Conservación y Restauración de Oriente.
- Davidson, E. (2016) *Carbohydrate Chemistry* United States, Georgetown University.
- Doerner, M. (1998) *Los materiales de pintura y su empleo en el arte* España, Editorial Reverté.
- Dressler, R. L. (1990). *The orchids: natural history and classification* Cambridge, Mass; Harvard University Press, (No. Sirsi i9780674875265).
- Emeterio-Lara, E.; Palma-Linares, A.; Vázquez-García, V. & Mejía-Carranza, J. (2016) *Usos y comercialización de orquídeas silvestres en la región sur del Estado de México* en "Polibotánica", (42), 197-214. Consultado en: <https://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.42.10>
- Fedeniuk, R. (1994). *Composition and Physical Properties of Linseed Mucilage* en "J. Agric Food chemistry" Canada. Food Science Department, University of Manitoba.
- Flores-Palacios y Valencia (2002) *Introducción al cultivo de orquídeas*. Instituto de Ecología A. C. y Asociación Mexicana de Orquideología, A.C.
- García, M. (1981). *Uso de las orquídeas en Mexico desde la época prehispánica hasta nuestros días* en "Revista Orquídea". México. 59-75.
- García, Y. (2011). *Memoria del nuevo mundo: imágenes para grabar de la expedición botánica de Sessé y Mociño (1787-1803)* Madrid, Universidad Complutense de Madrid.
- Garibay, Á. (2006). *Vocabulario. De las palabras y frases en náhuatl que usa Sahagún en su obra* en B. d. Sahagún, "Historia General de las cosas de la Nueva España". México: Porrúa.

- Geiger, T., Françoise, M. (2005). *Studies on the Polysaccharide JunFunori Used to Consolidate Matt Paint* en "Studies in Conservation", vol 50, 193-204.
- González, C. (1995). *El Tzauhtli: Mucílago de Orquídeas, Obtención, Usos y Caracterización* Tesis Profesional para optar por el título de Licenciado en Restauración de Bienes Muebles, ENCRyM. México: INAH- SEP.
- González, C., Peña, A. (1996) *Characterization and Identification of the Mucilage Extracted from Orchid Bulbs (Bletia campanulata) by high temperature capillary gas chromatography (HT-CGC)* en "High Res. Chromatography".
- González, C. (1996). *El tzauhtli: Adhesivo prehispánico obtenido a partir de orquídeas* en "Imprimatura" *Revista de Restauración*. México, Imprimatura S.C. pags12-15.
- González, C. (2004) *El pegamento de tzauhtli* en "Creaciones de la pluma. Materiales, producción y circulación". Nueva York: Sociedad-Instituto hispánico de artes finos.
- Granados-Sánchez, D. (2003) *Ecología de las plantas epífitas* en "Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente". 9: 101-111 México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Gross, J. (1961) *Collagen* en "The Chemical Basis of Life. An Introduction to Molecular and Cell Biology". Estados Unidos: W. H. Freeman and Company.
- Hadley, E. (2014) *Mucilage* en "Access Science" McGraw-Hill Global Education Holdings, LLC. Recuperado a partir de: <https://www.accessscience.com/>
- Halbinger, F y Soto, M. (1997) *Laelias of México* en "Orquídea" (Mex), vol. 15, Mexico. Asociación Mexicana de Orquideología.
- Haros, C. M. (1999) *Molienda húmeda de Maíz: Optimización del proceso y desarrollo de nuevas técnicas tendientes a mejorar la calidad de sus productos*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

- Harrold, J., Wyszomirska-Noga, Z. (2017) *Funori: The use of a traditional Japanese adhesive in the preservation and conservation treatment of Western objects* en “Adapt & Evolve 2015: East Asian Materials and Techniques in Western Conservation. Proceedings from the International Conference of the Icon Book & Paper Group”, London 8–10 April 2015 London, the Institute of Conservation: 2017, 69–79.
Consultado en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Hernández, F. (1942-1946) *Historia de las plantas de la Nueva España. Libro Tercero*. México: Instituto de Biología, UNAM.
- Heinze, S. (2011) *Evaluación y análisis de cuatro colas animales para su aplicación en los procesos de restauración de adhesión y consolidación en pintura de caballete sobre tela*. Tesis de licenciatura en Restauración de bienes muebles. México. Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-INAH.
- Izawa, T., Kawahara, T., & Takahashi, H. (2007). Genetic diversity of an endangered plant, *Cypripedium macranthos* var. *rebunense* (Orchidaceae): background genetic research for future conservation. *Conservation Genetics*, 8(6), 1369-1376.
- Jalal, J., Tewari, L. & Pangtey, Y. (2009). *Pholidata articulata* Lindl., an Orchid Used in Bone Jointing in Kumaun Region, Western Himalaya. En “Ethnobotanical Leaflets”, 2009(8), 9.
- Jáidar, Y. (2006). Los extractos vegetales usados como aditivos en los morteros de cal con fines de conservación. Escuela Nacional De Conservación, Restauración Y Museografía “Manuel Del Castillo Negrete” México. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Johnson TR, Stewart SL, Dutra D, Kane ME, Richardson L (2007) *Asymbiotic and symbiotic seed germination of Eulophia alta (Orchidaceae)- preliminary evidence for the symbiotic culture advantage* en “Plant Cell, Tissue and Organ Culture” 90, 313-323

- Kazak, H., Toksoy, E., Dekker, R. (2010) *Extremophiles as sources of Exopolysaccharides* en "Handbook of Carbohydrate Polymers". Nova Science Publishers, Inc. 605-619.
- Kendall, K., Kendall, M., & Rehfeldt, F. (2010) *Phenomenology of Adhesion: From Macro-to Nano-Systems* en "Adhesion of Cells, Viruses and Nanoparticles" (pp. 21-43). Springer, Dordrecht.
- Landa, D. (2010) "Relación de las cosas de Yucatán" Ciudad de México: INAH, libros de Historia de los países de América.
- Lara, E.; Palma-Linares, A.; Vázquez-García, V. & Mejía-Carranza, J. (2016) *Usos y comercialización de orquídeas silvestres en la región sur del Estado de México* en "Polibotánica" (42), 197-214. Recuperado a partir de: <https://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.42.10>
- Lehninger, A. (1977) *Biochemistry*. Nueva York: Worth Publishers, Inc.
- León-Portilla, Miguel. (1999) *Bernardino de Sahagún. Pionero de la antropología* en "Arqueología Mexicana" núm. 36, pp. 8-13 México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lobo, M. Medina, C. (2009) *Conservación de recursos genéticos de la agrobiodiversidad como apoyo al desarrollo de sistemas de producción sostenibles* en "Ciencia y Tecnología Agropecuaria". Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.
- López, A. (2009). *Identificación de carbohidratos y lípidos de pseudo-bulbos de orquídeas mexicanas utilizadas en el arte plumaria*. México. Tesis de maestría y doctorado en Ciencias Químicas. Facultad de Química-UNAM.
- Luján, L. (2010) *Tlaltecuhltli*. México, Fundación Conmemoración/INAH/Sextil Editores.
- Madrid, M. (2014) *Tecnología de la adhesión* España, Departamento Técnico de Loctite.

- Magaloni, D. (1998) *El arte en el hacer: Técnica pictórica y color en las pinturas de Bonampak*, en “La pintura mural prehispánica”. México: Colección PAPIIT-UNAM.
- Martínez, A. (1988) *Francisco Xavier Clavigero en la Ilustración mexicana 1731-1787*. México: El Colegio de México, Centro de Estudios Históricos.
- Martínez, F. (1970) *Pegamentos, gomas y resinas en el México Prehispánico*. México: Resistol.
- Matsuhiro, B (2005) *Chemical characterization of the mucilage from fruits of Opuntia ficus indica* en “Carbohydrate Polymers”. Chile, Universidad de Chile, Elsevier 263–267.
- Matteini, M.; Moles, A. (2008) “La química en la restauración”. España: Nerea.
- Menchaca, R.; Lozano, M. & Sánchez, L. (2012) *Estrategias para el aprovechamiento sustentable de las orquídeas de México* en “Revista mexicana de ciencias forestales”. 09-16 México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Miceli, C., Borraz, F., Córdoba, M. & Gutiérrez, H. (2014) “Orquídeas de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México”. México. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Mociño, J. (2010) *De familia Marantaceae a familia Passifloraceae* en “La Real Expedición Botánica a Nueva España”. Volumen VIII, Siglo XXI Editores y UNAM.
- Núñez, D. (2013) *Análisis y evaluación del mucílago de la Prosthechea citrina para su uso como adhesivo y consolidante en sedas altamente deterioradas*. México: Tesis de licenciatura en Restauración de bienes muebles. México. Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-INAH.
- Oliva, Y. (2012) *Ingeniero Adhesivos* España, Blog educativo de Plantilla Sencillo. Con la tecnología de Blogger. Consultado el 23 de octubre de

2016 en <http://ingeniero-adhesivos.blogspot.com/2011/12/adhesivos-naturales.html>

- Oropeza, A. (2013) *México en el desarrollo de la Revolución Industrial*. México. Instituto de investigaciones jurídicas. Biblioteca Jurídica virtual del Instituto de investigaciones jurídicas de la UNAM. Consultado en: <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/7/3371/10.pdf>
- Piñero, J. M. L., & Tomás, J. P. (1996). *La influencia de Francisco Hernández (1512-1587) en la constitución de la botánica y la materia médica modernas*. Universitat de València.
- Quevedo, V. (2014) *Adherencia y adhesivos para madera: Materiales de Nueva Generación y Materiales Eficientes*. España, Universidad de Alcalá.
- Ramírez, M. (2016) *Resistol, 75 años de historia en México*. México, Milenio Consultado en: <http://www.milenio.com/negocios/resistol-75-anos-de-historia-en-mexico>
- Radnaa, N (2008) *Novel Rhamnogalacturonan I and Arabinoxylan Polysaccharides of Flax Seed Mucilage* en "Plant Physiology. Vol. 148". United States of America, American Society of Plant Biologists.132-14.
- Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española* (22.a ed.). Consultado en <http://www.rae.es/rae.html>
- Robles, R. (2009) *Las unidades de manejo para la conservación de vida silvestre y el Corredor Biológico Mesoamericano México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, México, Recuperado a partir de: http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/cbmm/DOC/31_105.pdf.
- Rojas-Méndez K., Peñaloza-Ramírez, J., Rocha-Ramírez, V., Cortés-Palomec, A., Ross A., McCauley, R., Oyama, K. (2017) *Massive Extraction of the Orchid *Laelia speciosa* (HBK) Schltr. for Trading in Local Markets Affect Its Population Genetic Structure in a Fragmented Landscape in Central Mexico*. Tropical Conservation Science Volume 10.

Román, R. Gutiérrez, A., Gutiérrez, N., Félix, L. (2008) *El tzauhtli y su aplicación a la restauración: La experiencia del Mosaico de plumas Cristo Salvador del Mundo*. México: INAH.

Román, R.; Gutiérrez, N.; Gutiérrez, A. & Huazo, E. (2014) *El inicio de la recuperación del mucílago de orquídea como material de restauración para Textiles a través del estudio del Cristo Salvador del Mundo* México: Publicaciones Digitales ENCRyM.

Sahagún, B. (2006) "Historia general de las cosas de la Nueva España" en *Códice Florentino del Siglo XVI*. México: Porrúa, Tomo II.

Salazar, G. (2006). "Orquídeas y otras plantas nativas de la cañada Cuicatlán, Oaxaca, México" México. Instituto de Biología-UNAM.

Salazar, G. (2009) "Orquideas" en *Diversidad biológica e inventarios*. México: Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017) *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010* en "Diario Oficial de la Federación" (DOF). México. Consultado: miércoles 22 de febrero de 2017.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000) *Ley General de Vida Silvestre* en "Diario Oficial de la Federación" (DOF). México. Consultado: martes 4 de julio de 2017.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (1997) *Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural 1997-2000*, México, Instituto Nacional de Ecología.

Singh, S. & Bothara, S. (2014) *Manilkara zapota (Linn.) Seeds: A Potential Source of Natural Gum* en ISRN pharmaceutics.

- Toledo, V., Barrera-Bassols, N. (2009) *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales* Barcelona, España. Editorial Icaria.
- Toledo, V. (2013) *El paradigma biocultural: crisis ecológica, modernidad y culturas tradicionales*, en "Sociedad y ambiente". México, año 1, vol 1, núm. 1
- Twilley, J. (1984) *The Analysis of exudate Plant Gums in their Artistic Applications: an Interim Report* en "Archaeological Chemistry III" Advances in Chemistry. Series 205.
- Urbina, M. (1903) *Nota acerca de los tzauhtli u orquídeas mexicanas* en "Anales del Museo Nacional Mexicano". 2ª época. Tomo I, México, 1903.
- UNESCO (2003) *Convención para la salvaguarda del Patrimonio Cultural Inmaterial*.
- Viesca, C. (2009) *Códice de la Cruz-Badiano* en "Colección de códices de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia". Tomo 7, México: UNAM.
- Wang, C., Chang, S., Chen, B. (2009) *Chromatographic determination of polysaccharides in Lycium barbarum Linnaeus* en "Department of Food Science. Vol. 116 Issue 2", Taiwan, Fu Jen University, Department of Food Science. 595-603.

Laboratorios e instituciones participantes

Asociación Mexicana de Orquideología, A. C.

Centro de Educación Ambiental e Investigación de la Sierra de Huautla (CEAMISH) dependencia de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete” (ENCRyM).

Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Morelia, Michoacán.

Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Jardín etnobotánico de Morelos del Centro INAH Morelos.

Jardín etnobotánico de Oaxaca del Centro Cultural Santo Domingo, Oaxaca de Juárez.

Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural. Instituto de Física, UNAM.

Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural. Instituto de Química, UNAM.

APÉNDICES Y ANEXOS

APÉNDICE 1. Ficha botánica: *Laelia speciosa*

Taxón: *Liliopsida, Asparagales, Orchidaceae, Laelia, Laelia speciosa.*

Sinónimos: —

Nombres comunes: flor de mayo, laelia de mayo, *dentzá*, flor de corpus, flor grande, *itzámahua*, lirio, *tlacuxóchitl, chichiltepetzacuxóchitl.*

Clasificación:

Reino: Plantae Subreino:

Tracheobionta División:

Magnoliophyta Clase: Liliopsida

Subclase: Liliidae Orden:

Asparagales Familia:

Orchidaceae

Subfamilia: Epidendroideae Tribu:

Epidendreae Subtribu: Laeliinae

Alianza: Cattleya

Género: *Laelia* (Kunth) Schltr., 1914



Laelia speciosa Orquídea epífita,
dibujo: Lilian García-Alonso

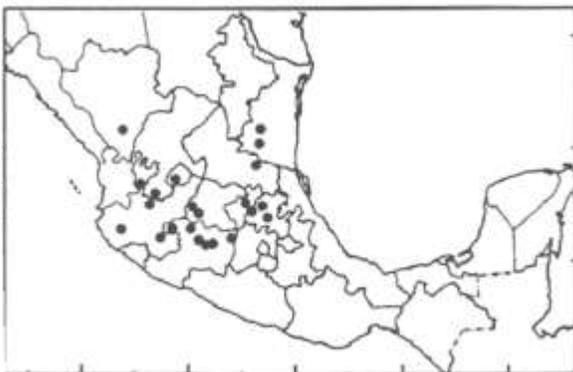
Distribución: Endémica en la Sierra Madre Occidental, Oriental, el Cinturón Volcánico Transversal y la parte sur de la Meseta Mexicana. Se encuentra en una zona muy extensa en México, en los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas. Se ha reportado erróneamente en Veracruz, Oaxaca y Guerrero (Halbinger y Soto, 1997: 137).

Coordenadas extremas: (Oeste) -104.731033325195, (Este) -99.1086502075195, (Norte) 23.0837917327881, (Sur) 19.5072841644287.

Habito (vegetación): Las plantas crecen sobre encinos (casi siempre en *Quercus deserticola* y *Quercus laeta*) en bosques abiertos, caducifolios, atrofiados a una altitud de 1900 a 2500 m. Resisten sequías severas de diciembre a junio y toleran períodos cortos por debajo de 0° C. La precipitación anual es de 700 a 1000 mm, y las nieblas son raras y se limitan a la temporada de verano (Halbinger y Soto, 1997: 137).

Categoría de riesgo: *Laelia speciosa* es la orquídea más explotada en México (Halbinder y Soto 1997, Ávila, comunicación personal) aunque es una planta abundante en algunas localidades, el volumen de flores recogidas que se venden en los mercados mexicanos ha puesto esta orquídea en la categoría de "sujeta a protección especial", según la legislación mexicana que protege la flora y la fauna NOM-059- SEMARNAT-2010.

Los mapas representan la distribución conocida histórica y actual de la especie, en el cual se encuentran las localidades en las que se ha documentado su presencia. Los registros de ejemplares provienen de diferentes fuentes, el primero del libro *Laelias* de México y el segundo de las Fichas de Especies de la CONABIO, que basa su mapa en colecciones científicas, colectas en campo y fuentes bibliográficas, dentro de un periodo comprendido entre 1909 y 1996 (registros no continuos) y son resultado de los proyectos apoyados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2010).



Mapa de distribución geográfica de *Laelia speciosa*. (Halbinger y Soto, 1997)



Mapa de distribución geográfica de *Laelia speciosa* (CONABIO, 2010)

APÉNDICE 2. Ficha botánica: *Cyrtopodium macrobulbon*

Taxón: *Cyrtopodium macrobulbon*

Sinónimos: *Cyrtopodium punctatum*

Nombres comunes: Nombre común desconocido.

Clasificación:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Liliidae

Orden: Asparagales

Familia: Orchidaceae

Subfamilia: Epidendroideae

Tribu: Cymbidieae Subtribu: Cyrtopodiinae

Alianza: *Cyrtopodium*

Género: *Cyrtopodium*



Cyrtopodium macrobulbon
Dibujo: Lilian García-Alonso

Distribución: Amplia distribución geográfica de Sonora y Nuevo León, México a Panamá (Salazar, 2009: 165)

Habito (vegetación): Hierba epífita.

Hábitats: Duna costera, selva baja caducifolia

Climas: Clima cálido sub húmedo con temperatura media con lluvias en verano

Categoría de riesgo: CITES Apéndice II. A nivel nacional Atención Menor (CONABIO, 2010).

INVENTARIO DE ORQUÍDEAS

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2016	Orquideario	África	-		Donación
2016	Orquideario	No indentificado	<i>Barkeria Melanocaulom</i>		
2016	Orquideario	Oaxaca	<i>Barkeria Melanocaulom</i>		

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2016

Orquideario

Oaxaca

Barkeria sp



2016

Orquideario

No indentificado

Bletia purpurata
(Lindl. & Paxton Rchb f.1)



2016

Orquideario

No indentificado

Bletia campanulata
(Lex. En de la Llave & J.M de Lexarza)



FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2016	Orquideario	No indentificado	<i>Bletia purpurata</i> (Lindl. & Paxton Rchb f.1)		Donación
2016	Orquideario	No indentificado	<i>Bletia campanulata</i> (Lex. En de la Llave & J.M de Lexarza)		
2016	Orquideario	Guerrero	<i>Cyrtopodium macrobuhbon</i> (La Llave & Lex.) G.A. Romero & Carnevali 1		

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2017	Orquideario	Oaxaca	<i>Cyrtopodium macrobuhbon</i> (La Llave & Lex.) G.A. Romero & Carnevali 2		
2016	Orquideario	Morelos	<i>Cyrtopodium macrobuhbon</i> (La Llave & Lex.) G.A. Romero & Carnevali 3		
2017	Orquideario	Oaxaca	<i>Cyrtopodium macrobuhbon</i> (La Llave & Lex.) G.A. Romero & Carnevali 4		

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTIFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2016

Orquideario

No indentificado

Dendrobium nobilee Lindh. 1



Donación

2017

Orquideario

Guerrero

Catacetum laminatum



2017

Orquideario

Jalisco

Encyclia cochleata
W.E. Higgins



FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTIFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2016

Árbol

Hidalgo

Laelia autumnalis
(La Llave & Lex.) Lindl. 1



2016

Árbol

Michoacán

Laelia speciosa (Kunth)
Schltr. 1



2016

Árbol

Michoacán

Laelia speciosa (Kunth)
Schltr. 2



FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2016	Árbol	Michoacán	<i>Laelia speciosa</i> (Kunth) Schltr. 3		
2016	Árbol	Michoacán	<i>Laelia speciosa</i> (Kunth) Schltr.4		
2016	Orquideario	Hidalgo	<i>Laelia speciosa</i> (Kunth) Schltr. 5		

FECHA DE INGRESO UBICACIÓN ORIGEN NOMBRE CIENTÍFICO FOTOGRAFÍA NOTAS

2016

Orquideario

Hidalgo

Laelia speciosa (Kunth)
Schltr. 6

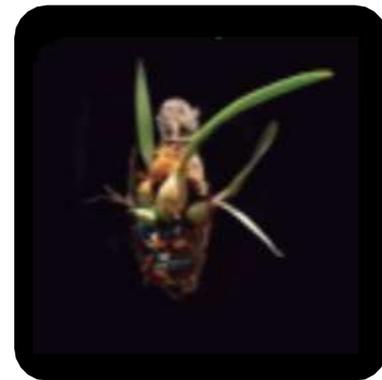


2017

Árbol

Jalisco

Laelia speciosa (Kunth)
Schltr. 7

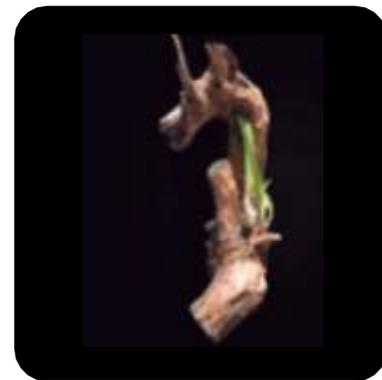


2017

Árbol

Jalisco

Laelia speciosa (Kunth)
Schltr. 8



FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2017

Árbol

Jalisco

Laelia speciosa (Kunth)
Schltr. 9

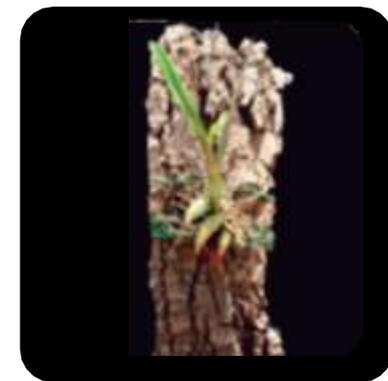


2017

Árbol

Hidalgo

Laelia speciosa
(Kunth) Schltr. 10

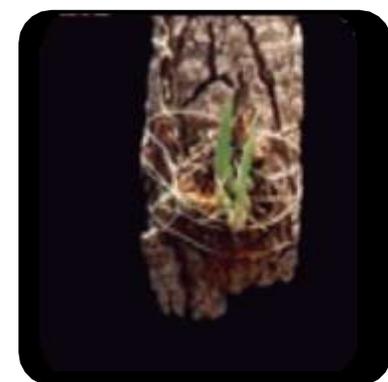


2017

Árbol

Hidalgo

Laelia speciosa (Kunth)
Schltr. 11



FECHA DE INGRESO UBICACIÓN ORIGEN NOMBRE CIENTÍFICO FOTOGRAFÍA NOTAS

2016

Árbol

Monte del Olvido,
Michoacán

Laehia speciosa (Kunth)
Schltr. 12



2016

Árbol

Michoacán

Laehia speciosa (Kunth)
Schltr. 13



2016

Árbol

Hualula, Hidalgo

Laehia speciosa (Kunth)
Schltr. 14



FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2016	Árbol	Monte del Olvido, Michoacán	<i>Laelia speciosa</i> (Kunth) Schltr. 15		
2018	Árbol	Monte del Olvido, Michoacán	<i>Laelia speciosa</i> (Kunth) Schltr. 16		Bulbos de planta
2017	Árbol	Hidalgo	<i>Laelia autumnalis</i> (La Llave & Lex.) Lindl. 2		

FECHA DE INGRESO UBICACIÓN ORIGEN NOMBRE CIENTÍFICO FOTOGRAFÍA NOTAS

2016

Árbol

No indentificado

Laehia speciosa (Kunth)
Schltr. 18



2017

Árbol

Bolaños, Jalisco

Laehia speciosa (Kunth)
Schltr. 19



2017

Árbol

Bolaños, Jalisco

Laehia speciosa (Kunth)
Schltr. 20



FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2016

Orquideario

No indentificado

Oncidium sphacelatum 1



2016

Orquideario

No indentificado

Oncidium sphacelatum 2



2016

Orquideario

No indentificado

Oncidium sphacelatum 3



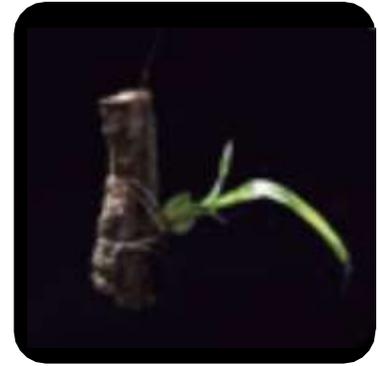
FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Orquideario

No indentificado

Oncidium sp 1



2015

Orquideario

No indentificado

Oncidium sp 2



2015

Orquideario

No indentificado

Oncidium sp. 3



Y

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Orquideario

No indentificado

Oncidium sp 4



2015

Orquideario

No indentificado

Oncidium sp 5



Donación

2015

Orquideario

No indentificado

Oncidium sp. 6



Donación

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Árbol

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 1



2015

Árbol

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 2



Compra

2015

Árbol

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr.3



Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Árbol

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 4



2015

Árbol

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 5



Compra

2015

Árbol

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 6



Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Árbol

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 7

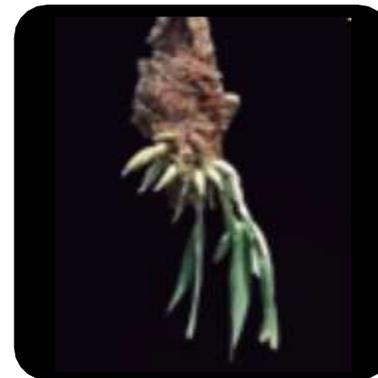


2015

Árbol

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 8



Compra

2015

Árbol

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 9



Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Árbol

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 10



2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 11



Compra

2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 12



Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 13



2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 14



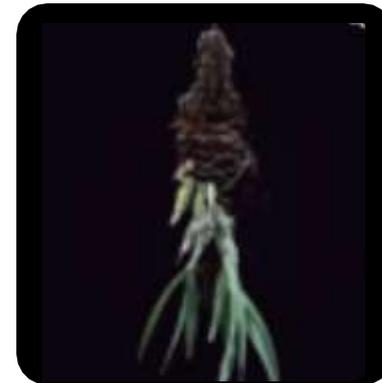
Compra

2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 15



Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 16		
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 17		Compra
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 18		Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 19		
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i>		Compra
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 21		Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 22		
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 23		Compra
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 24		Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 25



2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 26



Compra

2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 27



Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 28		
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 29		Compra
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 30		Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Orquideario

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 31



2015

Orquideario

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 32



Compra

2015

Orquideario

No identificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 33



Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 34



2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 35



Compra

2015

Orquideario

No indentificado

Prosthechea pastoris (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 36



Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2015

Orquideario

No identificado

Prosthechea pastoris
(La Llave & Lex.)
Espejo & López-Ferr. 37

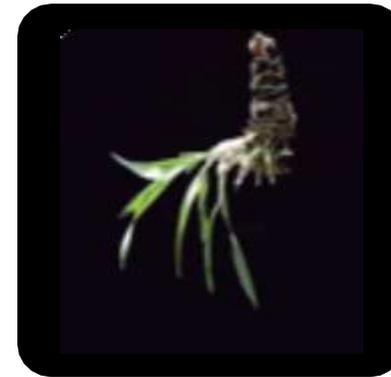


2015

Orquideario

No identificado

Prosthechea pastoris (La
Llave & Lex.) Espejo &
López-Ferr. 38



Compra

2015

Orquideario

No identificado

Prosthechea pastoris (La
Llave & Lex.) Espejo &
López-Ferr. 39



Compra

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
2015	Orquideario	No indentificado	<i>Prosthechea pastoris</i> (La Llave & Lex.) Espejo & López-Ferr. 40		
2016	Orquideario	No indentificado	<i>Rhynchostele rosii</i> 1		Donación
2016	Orquideario	No indentificado	<i>Irlichocentrum Poepp. h Indh. 1</i>		Donación

FECHA DE INGRESO	UBICACIÓN	ORIGEN	NOMBRE CIENTÍFICO	FOTOGRAFÍA	NOTAS
------------------	-----------	--------	-------------------	------------	-------

2016

Árbol

No indentificado

Especie no identificada 1



Donación

2016

Orquideario

No indentificado

Especie no identificada 2



Donación

2016

Orquideario

No indentificado

Especie no identificada 3



Donació

ANEXOS

ANEXO 1. Resultados de la colorimetría de las probetas de seda con adhesivo y sin adhesivo de *Laelia speciosa*.

Resultados obtenidos entre cada medición entre la seda con adhesivo y la seda pura													
seda adhesivo				Seda pura				Diferencia de ΔL , Δa y Δb entre seda con adhesivo y la seda pura			Diferencia de color (ΔE) entre seda con adhesivo y la seda pura		
número	L	a	b	número	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	número	ΔE	
1	91.89	0.26	6.87	1	91.86	-0.09	5.23	0.03	0.35	1.64	1	1.67	
2	91.37	0.52	8.11	2	91.80	-0.12	5.30	-0.43	0.63	2.81	2	2.91	
3	93.20	0.49	8.54	3	91.89	0.27	6.50	1.31	0.22	2.04	3	2.43	
4	92.65	0.30	7.72	4	91.89	-0.07	4.41	0.76	0.37	3.31	4	3.41	
5	92.29	0.35	6.96	5	91.89	-0.04	4.49	0.40	0.39	2.48	5	2.54	
6	91.77	0.38	7.68	6	92.20	-0.25	4.07	-0.43	0.63	3.61	6	3.69	
7	93.39	0.15	6.39	7	93.33	-0.27	4.67	0.06	0.43	1.72	7	1.77	
8	94.15	0.31	6.35	8	92.41	-0.26	4.14	1.74	0.57	2.21	8	2.87	
9	94.18	0.15	6.45	9	92.41	-0.34	4.30	1.77	0.49	2.15	9	2.83	
10	92.26	0.18	5.05	10	92.20	0.21	4.32	0.06	-0.04	0.73	10	0.74	
11	94.73	0.29	8.38	11	92.93	0.34	5.10	1.80	-0.05	3.28	11	3.75	
12	94.73	0.35	8.33	12	92.01	-0.19	4.80	2.72	0.54	3.53	12	4.48	
13	91.89	0.16	7.00	13	91.98	-0.12	4.78	-0.09	0.28	2.22	13	2.24	
14	89.97	0.73	5.24	14	91.16	0.26	3.53	-1.19	0.46	1.71	14	2.13	
15	91.19	0.26	6.78	15	91.74	-0.31	4.50	-0.55	0.57	2.28	15	2.42	
Promedio	92.64	0.33	7.06	Promedio	92.11	-0.06	4.68	Promedio	0.53	0.39	2.38	Promedio	2.47
								Desviación estandar	1.11	0.21	0.81	Desviación estandar	0.94
								Coficiente de variación	208.19	54.86	33.85	Coficiente de variación	37.96 %

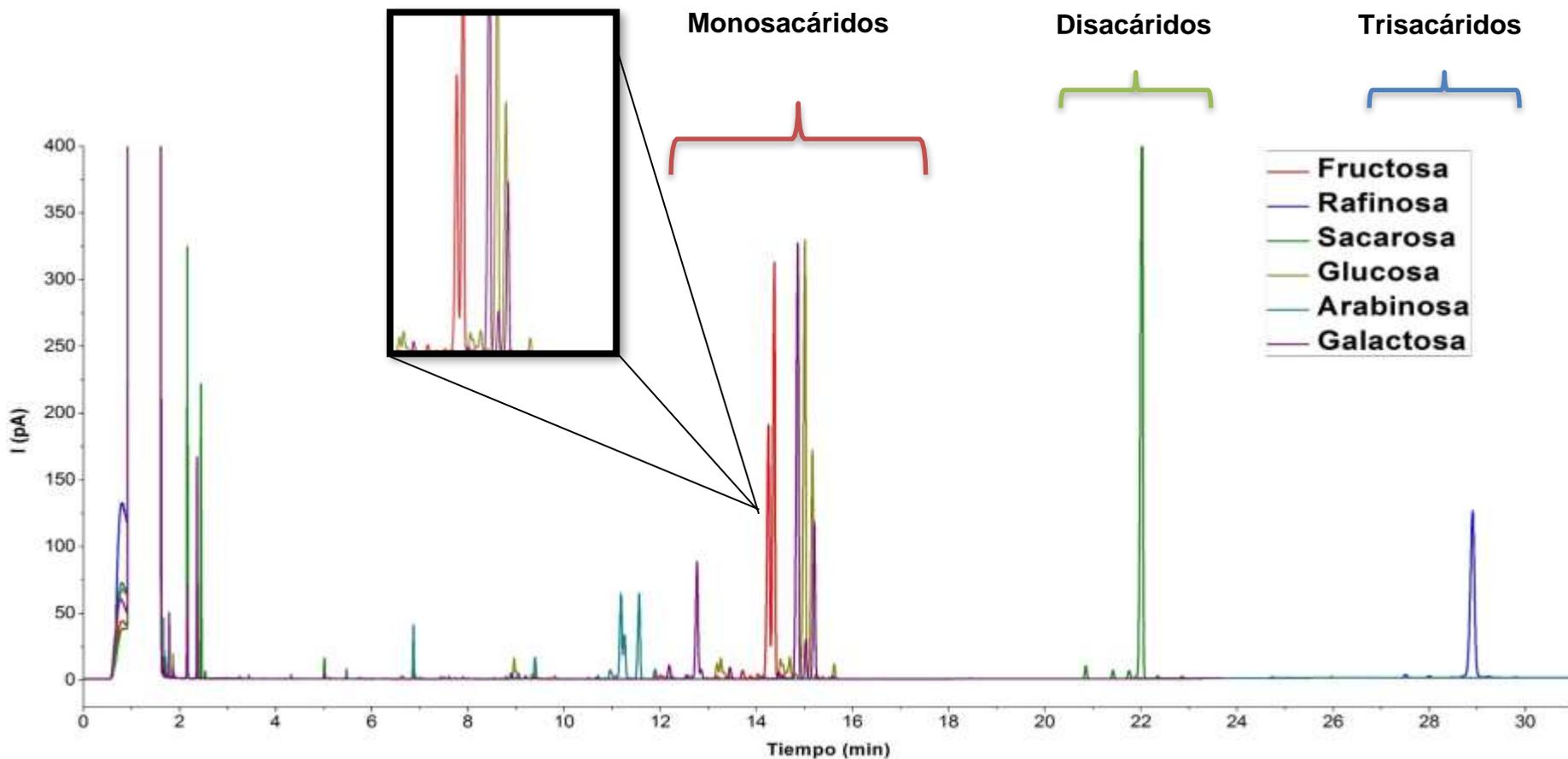
ANEXO 2. Resultados de la colorimetría entre las probetas de seda sin adhesivo y las probetas con adhesivo envejecidas de *Laelia speciosa*

Resultados obtenidos entre cada medición entre la seda deteriorada y la seda pura

seda adhesivo deteriorada				Seda pura				Diferencia de ΔL , Δa y Δb entre seda deteriorada y la seda pura			Diferencia de color (ΔE) entre seda deteriorada y la seda pura		
número	L	a	b	número	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	número	ΔE	
1	94.73	-0.05	7.03	1	91.86	-0.09	5.23	2.87	0.04	1.79	1	3.38	
2	93.75	-0.27	7.18	2	91.80	-0.12	5.30	1.95	-0.16	1.88	2	2.72	
3	92.35	0.27	7.34	3	91.89	0.27	6.50	0.46	0.00	0.84	3	0.96	
4	95.16	-0.15	5.39	4	91.89	-0.07	4.41	3.27	-0.09	0.98	4	3.41	
5	92.99	-0.14	6.34	5	91.89	-0.04	4.49	1.10	-0.10	1.86	5	2.16	
6	95.31	-0.51	5.33	6	92.20	-0.25	4.07	3.11	-0.26	1.26	6	3.37	
7	95.71	-0.20	5.11	7	93.33	-0.27	4.67	2.38	0.07	0.44	7	2.42	
8	94.45	-0.13	5.22	8	92.41	-0.26	4.14	2.04	0.13	1.07	8	2.31	
9	95.16	-0.05	5.24	9	92.41	-0.34	4.30	2.75	0.28	0.94	9	2.92	
10	92.32	0.09	5.83	10	92.20	0.21	4.32	0.12	-0.12	1.51	10	1.52	
11	94.12	-0.13	5.58	11	92.93	0.34	5.10	1.19	-0.46	0.49	11	1.37	
12	92.32	0.40	7.18	12	92.01	-0.19	4.80	0.31	0.59	2.38	12	2.47	
13	93.08	0.03	6.74	13	91.98	-0.12	4.78	1.10	0.15	1.97	13	2.26	
14	92.93	0.46	7.10	14	91.16	0.26	3.53	1.77	0.20	3.56	14	3.98	
15	92.90	0.42	7.21	15	91.74	-0.31	4.50	1.16	0.73	2.71	15	3.04	
Promedio	93.82	0.00	6.26	Promedio				Promedio	1.70	0.07	1.58	Promedio	2.32
								Desviación estandar	1.03	0.31	0.86	Desviación estandar	0.84
								Coefficiente de variación	60.33	459.07	54.57	Coefficiente de variación	36.10 %

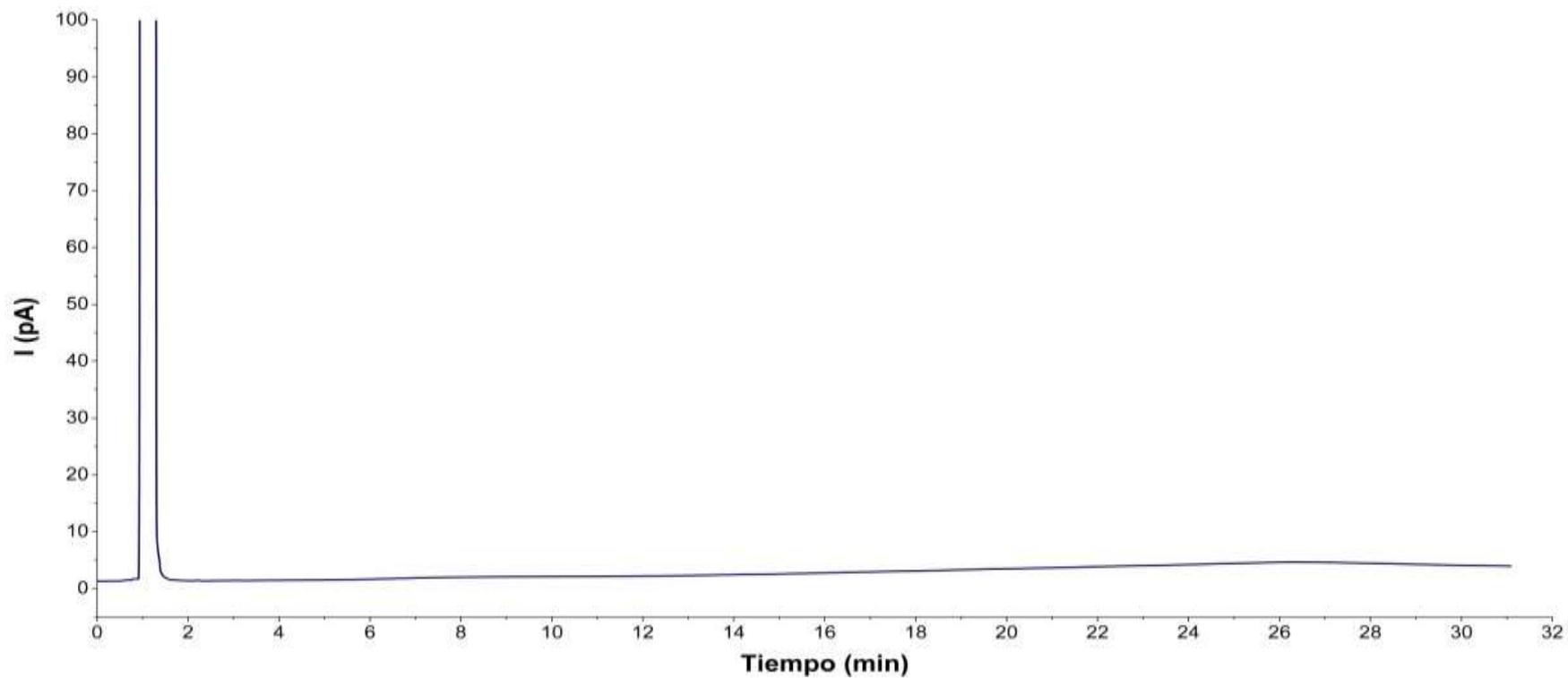
ANEXO 3. Cromatograma correspondiente a la superposición de todos los estándares analizados

Estándares derivatizados



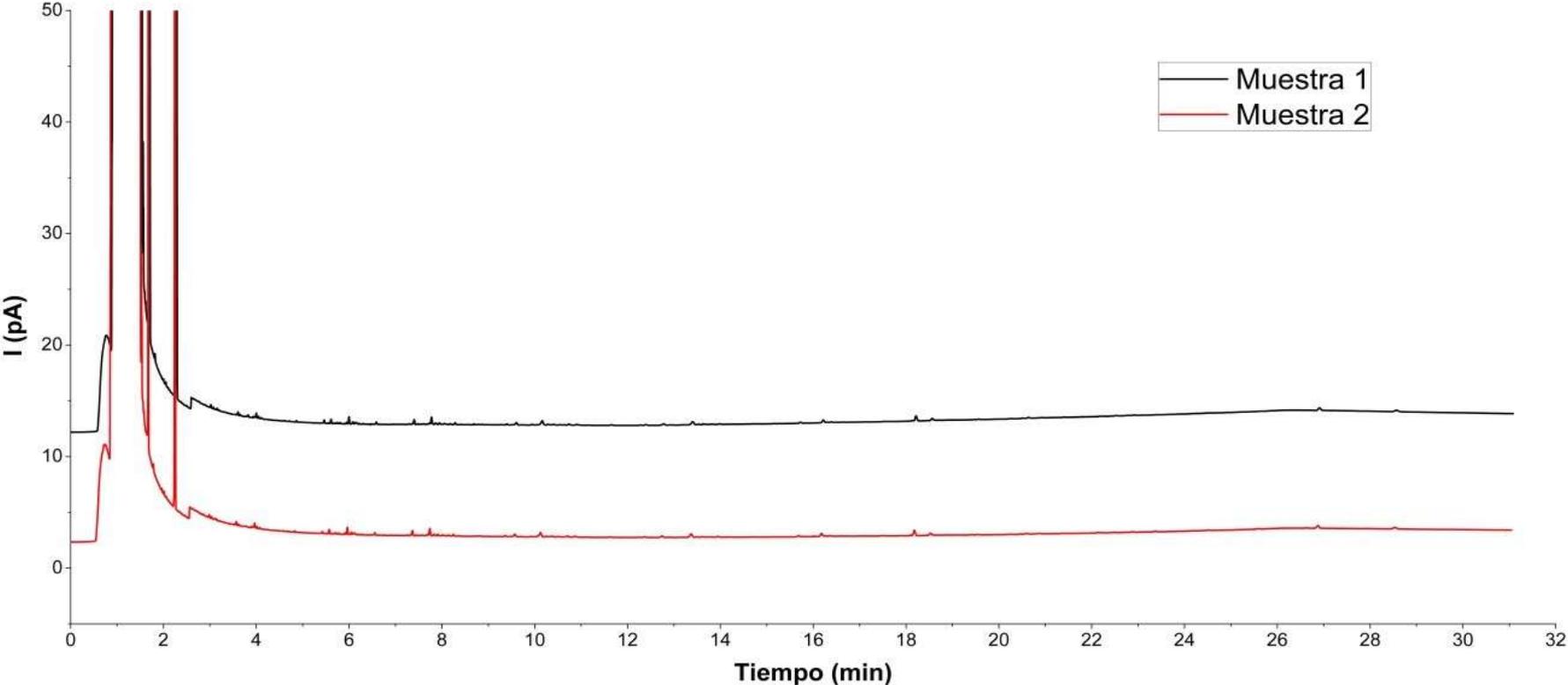
ANEXO 4. Cromatograma correspondiente al blanco de columna con el método propuesto por Fiesco

Blanco de columna



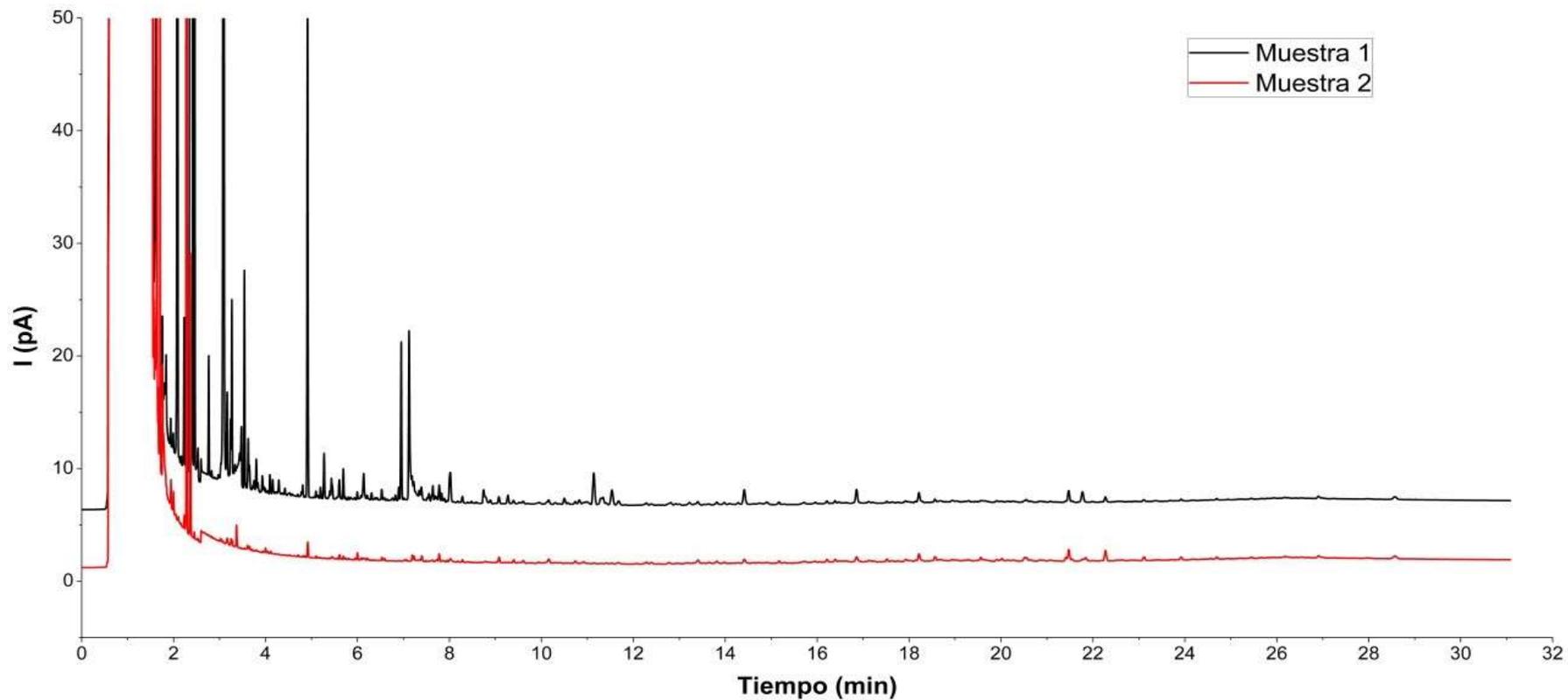
ANEXO 5. Cromatograma correspondiente al blanco de disolvente con el método propuesto por Fiesco.

Blanco de disolvente (isooctano)



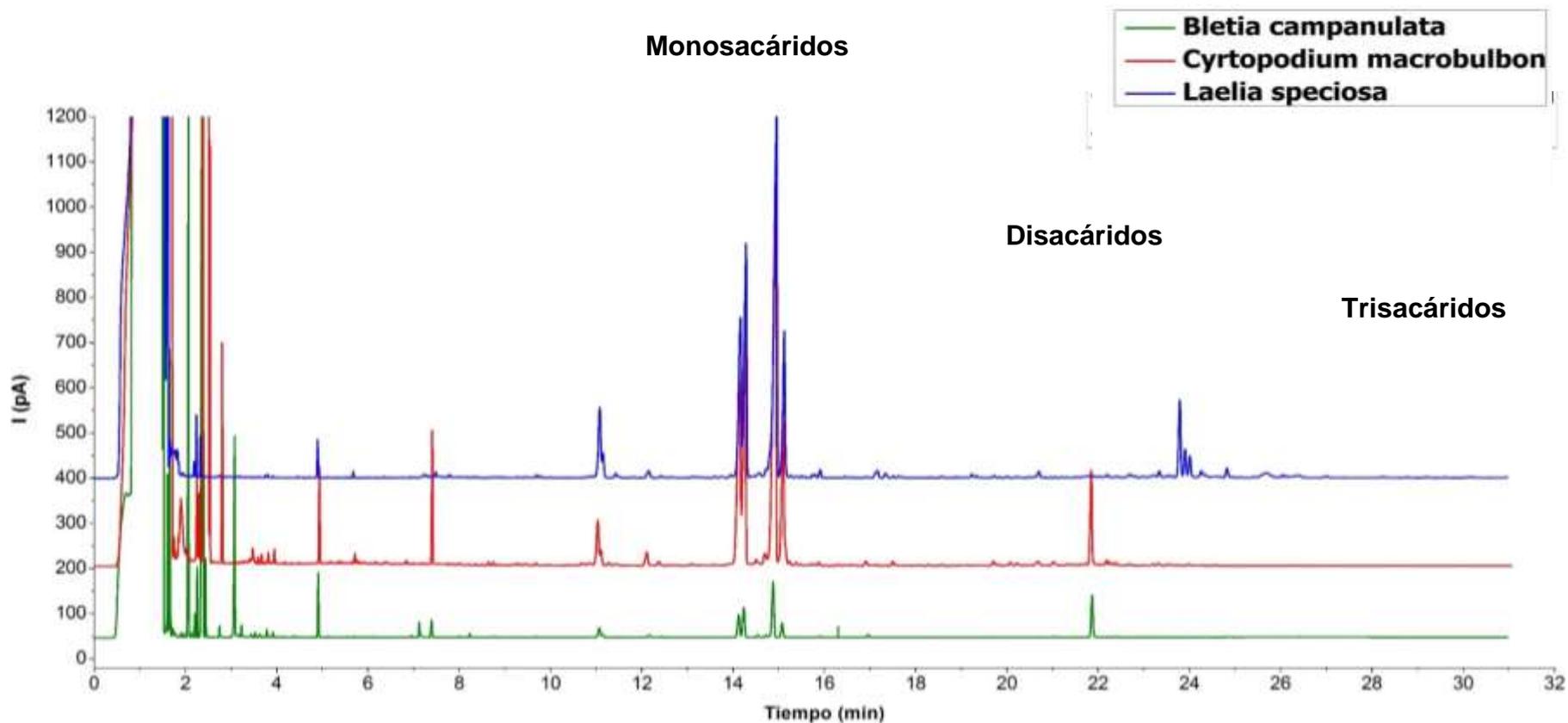
ANEXO 6. Cromatograma correspondiente al blanco de hidrólisis con el método propuesto por Fiesco

Blanco de reactivos



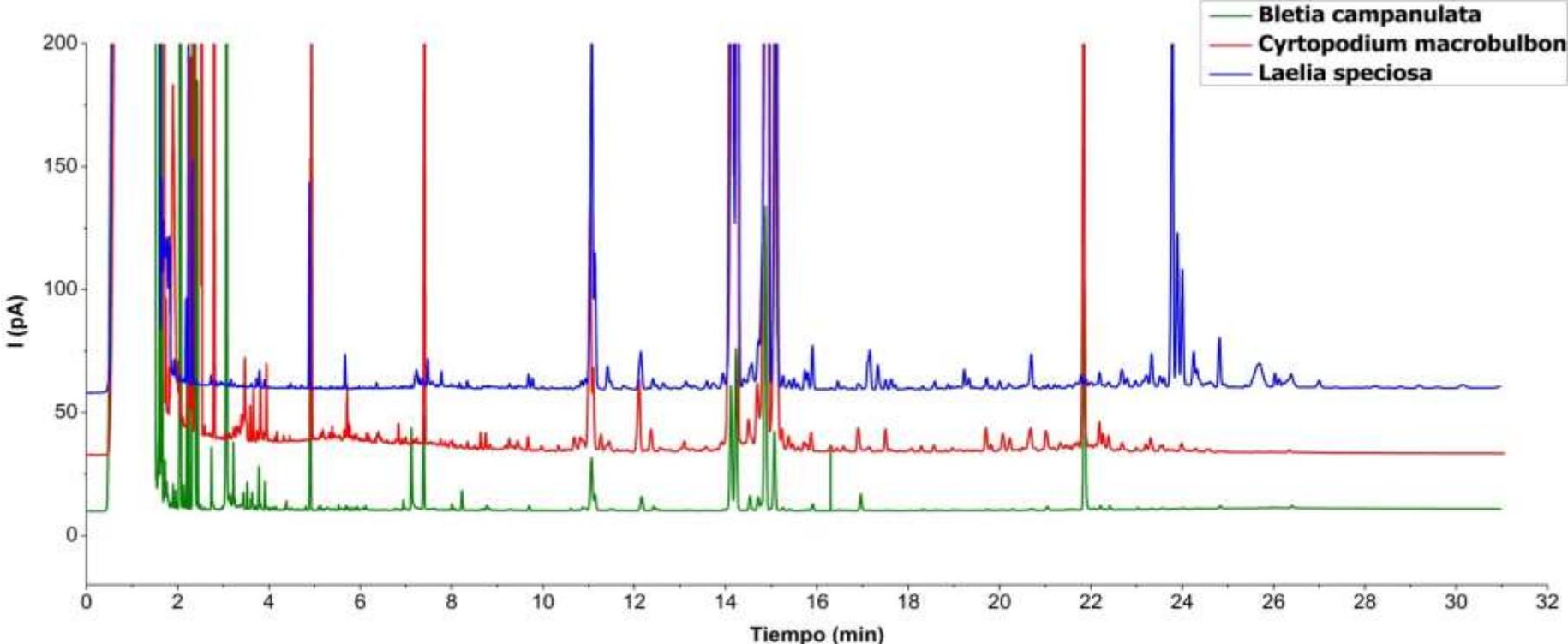
ANEXO 7. Cromatograma de comparación de los perfiles de *Laelia speciosa*, *Bletia campanulata* y *Cyrtopodium macrobulbon*.

Muestras hidrolizadas y derivatizadas



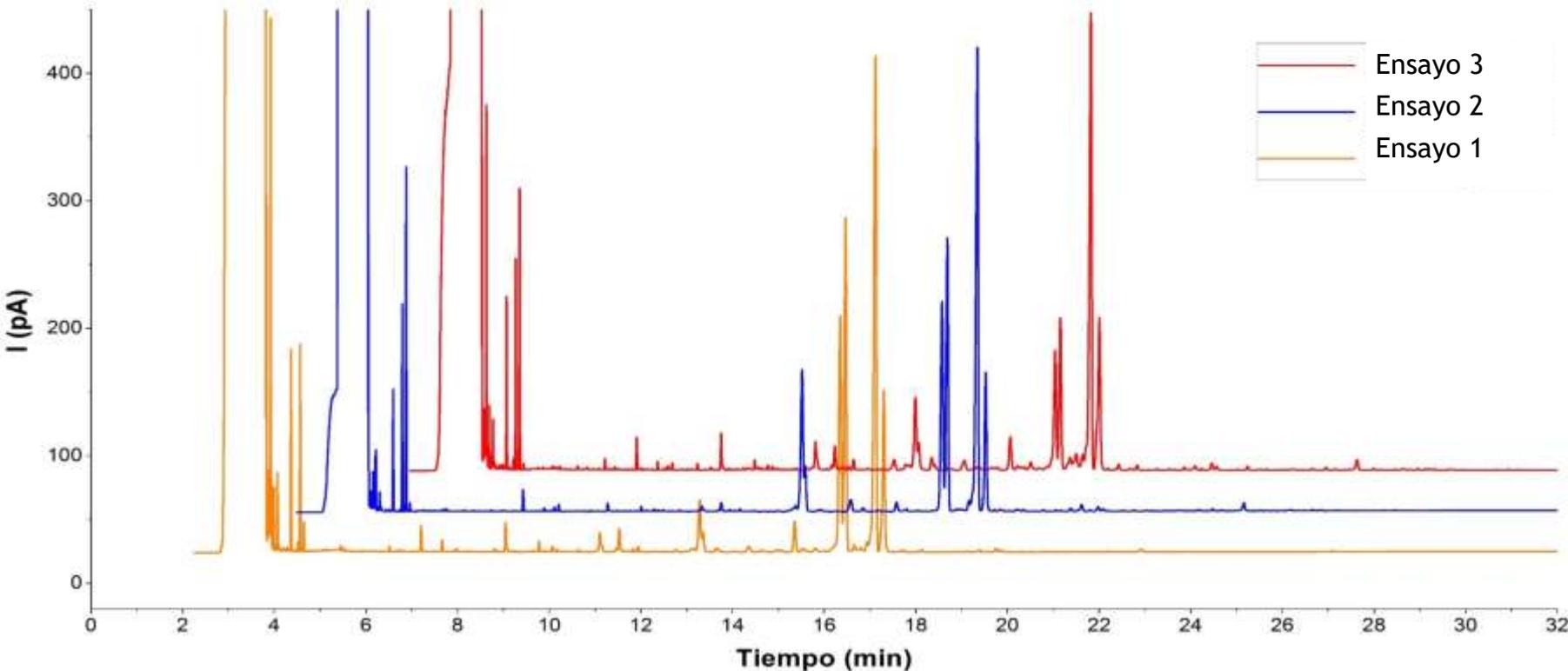
ANEXO 8. Cromatograma correspondiente a la comparación de los perfiles de *Laelia speciosa*, *Bletia campanulata* y *Cyrtopodium macrobulbon*.

Muestras hidrolizadas y derivatizadas



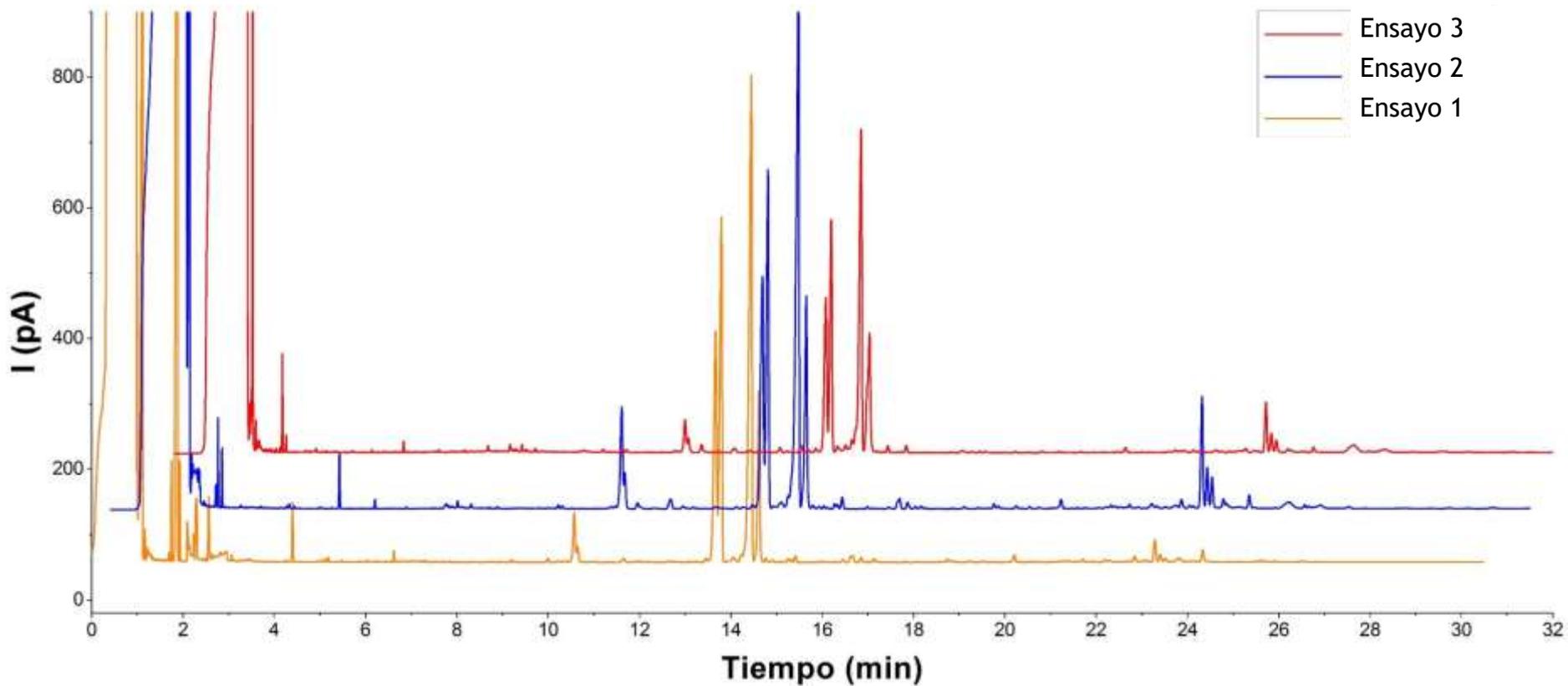
ANEXO 7. Cromatograma correspondiente a la especie *Bletia campanulata*, evidencia de la repetibilidad del método.

Hidrólisis y derivatización de *Bletia campanulata*



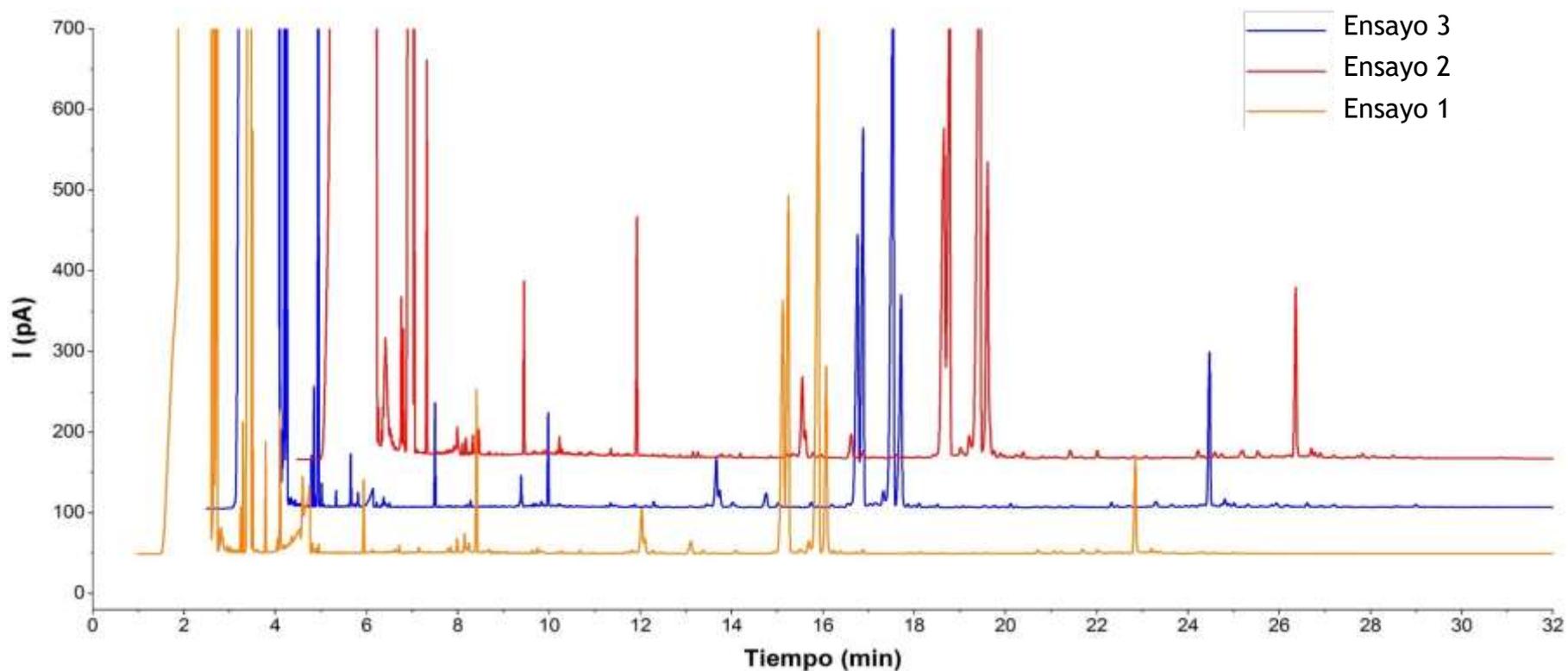
ANEXO 8. Cromatograma correspondiente a la especie *Laelia speciosa*, evidencia de la repetibilidad del método.

Hidrólisis y derivatización de *Laelia speciosa*



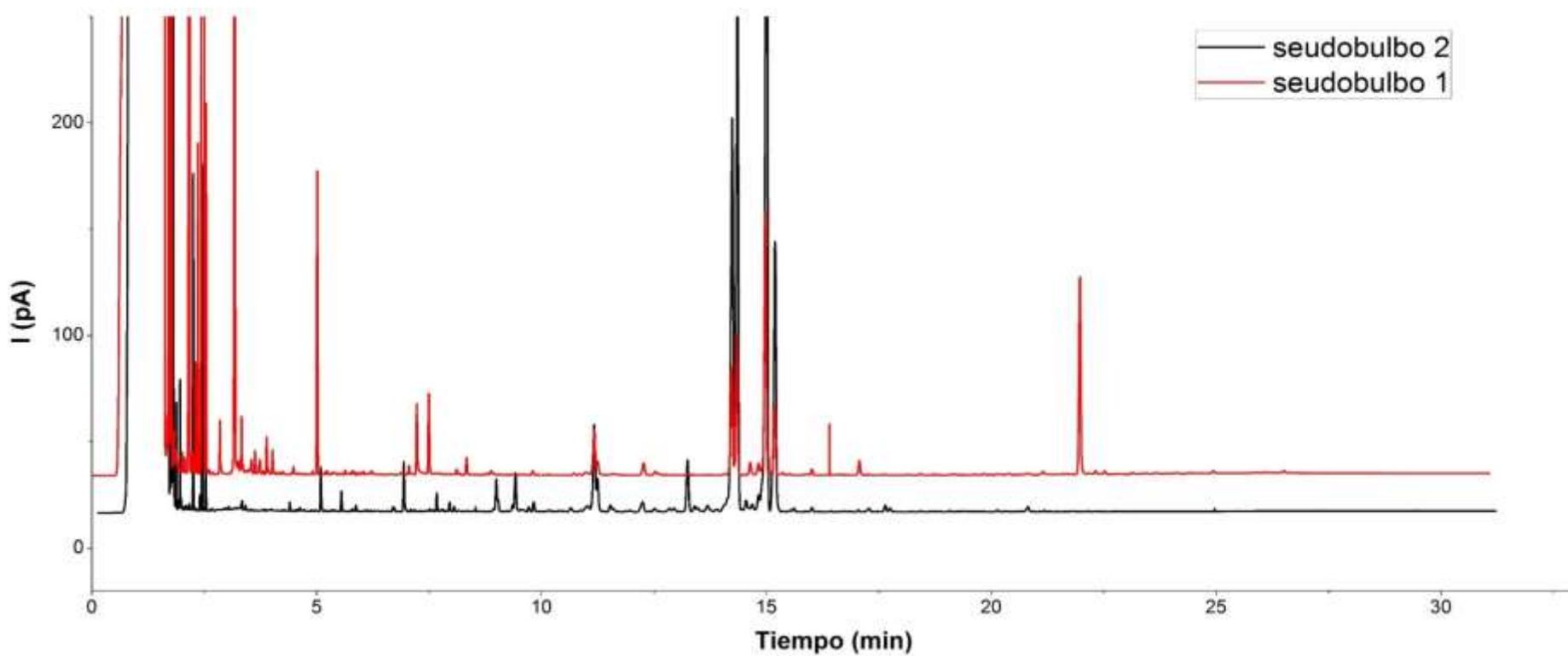
ANEXO 9. Cromatograma correspondiente a la especie *Cyrtopodium macrobulbon*, evidencia de la repetibilidad del método.

Hidrólisis y derivatización de *Cyrtopodium macrobulbon*



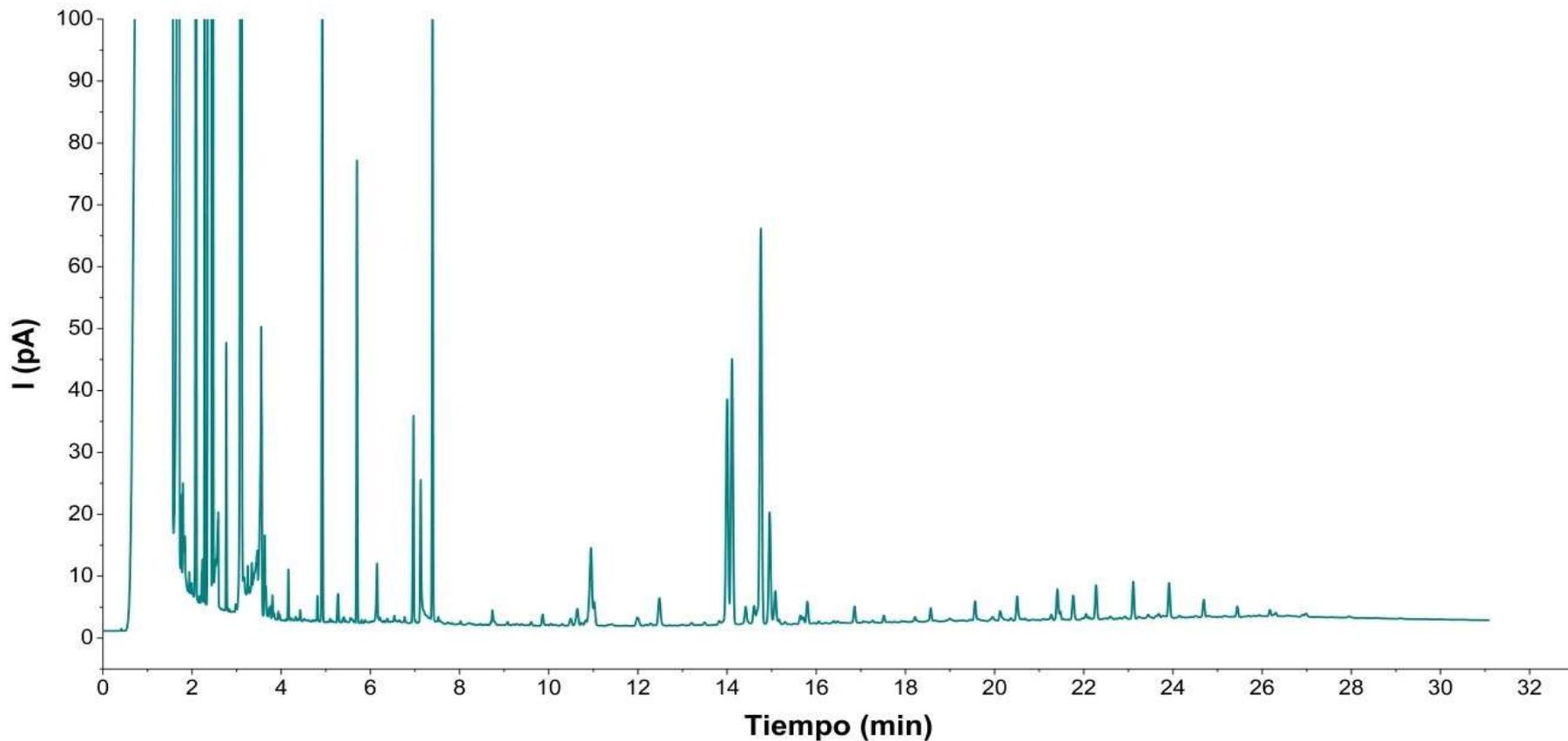
ANEXO 10. Cromatograma correspondiente a dos seudobulbos analizados de *Bletia campanulata*

Comparación de recolectados en periodos de tiempo distintos: *Bletia campanulata*



ANEXO 11. Cromatograma de la muestra de madera envejecida (10 años) pegada con adhesivo natural de *Cyrtopodium macrobulbon*.

Madera envejecida y pegada con *Cyrtopodium macrobulbon*



ANEXO 12. Cromatograma de muestra de madera envejecida (10 años) pegada con adhesivo natural de *Cyrtopodium macrobulbon*. Cuatro tomas que muestran la repetibilidad del método.

Madera envejecida y pegada con *Cyrtopodium macrobulbon*

