



No. 33

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Agosto 2026

Sociedades del norte de México y su entorno:

aportes desde la arqueobotánica y disciplinas afines



Número
Especial

Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Med. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Mario Alberto Garza Castillo
Secretario General

Dr. Jaime Arturo Castillo Elizondo
Secretario Académico

Dr. José Javier Villarreal Álvarez Tostado
Secretario de Extensión y Cultura

Mtro. Sergio Manuel Sánchez Trejo
Abogado General de la UANL

Lic. Antonio Jesús Ramos Revillas
Director de Editorial Universitaria

Dra. Diana Reséndez Pérez
Coordinadora de la Facultad de Ciencias Biológicas

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
Editor Responsable

Dr. Sergio Manuel Salcedo Martínez
Dra. Alejandra Rocha Estrada
Editores Asociados

Biól. M.C. Raúl Ernesto Narváez Elizondo
Arqlga. Miriam América Martínez Santillán
Editores Invitados

Dra. Diana Elena Aguirre Cavazos
Coordinadora de Publicación en Línea

PLANTA, Año 22, Nº 33, Agosto 2026. Es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ciencias Biológicas. Domicilio de la publicación: Ave. Pedro de Alba y Manuel Barragán, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66451. Teléfono: + 52 81 83294110 ext. 6456. Fax: + 52 81 83294110 ext. 6456. Editor responsable: Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez. Reserva de derechos al uso exclusivo: 04-2022-110813543200-102. ISSN 2007-1167, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Licitud de título y contenido No. 14,926, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: En trámite. Impresa por: Imprenta Universitaria, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66455. Fecha de terminación de impresión: 31 de agosto de 2026, Tiraje: 250 ejemplares. Distribuido por: Universidad Autónoma de Nuevo León a través de la Facultad de Ciencias Biológicas. Domicilio de la publicación: Ave. Pedro de Alba y Manuel Barragán, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66455. Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores.

Esta publicación en su integridad y los derechos contenidos en ella, están protegidos por la Ley Federal de Derecho de Autor y la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial por lo que no podrá ser reproducida con fines comerciales sin autorización del editor. Asimismo, queda prohibido cualquier uso sobre esta publicación, sea total o parcialmente, con fines de entrenamiento de cualquier clase de inteligencia artificial, minería de datos y textos incluyendo, pero no limitado a la generación de publicación de obras derivadas o contenidos basados total o parcialmente en esta publicación y cualquiera de sus partes pertenecientes a la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dependencia Universitaria que corresponden. Las violaciones a estas disposiciones constituyen una infracción en materia de comercio, derechos de autor y un delito.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2026
planta.fcb@gmail.com

Contenido

	Pág.
Editorial	3
In Memoriam Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab	4
Conoce Tu Flora Flora de Nuevo León <i>Stenocereus huastecorum</i> La Pitaya Tamaulipeca	23
Sección Especial Sociedades del norte de México y su entorno: Aportes desde la arqueobotánica y disciplinas afines La arqueobotánica del norte de México en contexto (2000-2025) The Food Economy of Paquimé and its Neighbors, Northwestern Chihuahua Evidencias sobre el uso antiguo del sotol (<i>Dasyliion</i> sp.) en Nuevo León, México Apuntes de la diversidad microbiana de un coprolito humano del sitio arqueológico El Morro Orgánico, Aramberri, Nuevo León, México Más allá de la imagen rupestre: el reconocimiento del entorno	29 68 80 100 109
Solo Ciencia Efecto de la Suplementación con Microalgas Vivas Sobre la Tasa de Postura en Aves Ponedoras y la Condición Corporal en Caprinos en el Noreste de México	132
Divulgación científica Relevancia de los Holobiontes en los Ecosistemas: El Caso de los Hongos Endófitos Asociados a las Orquídeas Instrucciones a los autores Agradecimiento a los revisores	139 149 151

Imagen portada: Fotografías de José Flores Ventura, Paul E. Minnis y Raúl E. Narváez Elizondo. Edición y composición: Ana Sofía González Arredondo.
Imagen contraportada: Vista panorámica del cerro El Morro (izquierda) y parte del caudal del río Blanco (derecha) desde el sitio Arqueológico El Morro Orgánico.

En esta ocasión, la revista *Planta* (Vol. 22, Núm. 33), además de sus secciones habituales dedicadas a artículos relacionados con la biología vegetal y disciplinas afines, presenta un dossier de trabajos reunidos deliberadamente en torno a una problemática específica: conocer la relación a lo largo del tiempo entre las sociedades humanas y su ambiente en el norte de México. Este dossier, titulado “*Sociedades del norte de México y su entorno: aportes desde la arqueobotánica y disciplinas afines*”, busca contribuir a la divulgación de nuevos datos y perspectivas que permitan comprender con mejor detalle la historia de las sociedades humanas y sus relaciones con el ambiente en esta región que hasta ahora ha recibido menor atención en términos arqueológicos y ha sido, en ocasiones, simplificada y homogeneizada bajo la imagen de un extenso desierto habitado casi exclusivamente por grupos cazadores-recolectores.

Los artículos que integran esta sección especial son 5. El primero, titulado *La arqueobotánica del norte de México en contexto (2000-2025)*, corresponde a una revisión sistemática del quehacer arqueobotánico durante el primer cuarto del siglo XXI, a cargo de Miriam América Martínez-Santillán y Raúl Ernesto Narváez-Elizondo. El trabajo identifica algunas tendencias regionales y transformaciones metodológicas, al tiempo que muestra la transformación del papel de esta disciplina dentro de las investigaciones arqueológicas en la región: de una disciplina empleada como apoyo o complemento de otros estudios, hacia un campo de investigación que, en determinados contextos, ha adquirido un papel central. Sin embargo, los autores también evidencian que el desarrollo de la arqueobotánica no ha sido homogéneo en las distintas regiones del norte de México.

El segundo, cuyo título es *The Food Economy of Paquimé and Its Neighbors, Northwestern Chihuahua*, elaborado por Paul E. Minnis y Michael E. Whalen, quienes a partir de las investigaciones arqueobotánicas realizadas en sitios cercanos a Paquimé, abordan la importancia de los recursos vegetales en la economía alimentaria y las estrategias de subsistencia de las sociedades prehispánicas del noroeste de Chihuahua. Asimismo, destacan diversos hallazgos que permiten reconocer la importancia de las plantas más allá de la alimentación cotidiana, incluyendo su posible participación en prácticas rituales y en procesos relacionados con el desarrollo de la entidad política centrada en Paquimé.

El tercer artículo, *Evidencias sobre el uso antiguo del sotol (Dasylirion sp.) en Nuevo León, México*, presenta el registro arqueobotánico del género *Dasylirion* recuperado en el sitio El Morro Orgánico. Raúl Ernesto Narváez-Elizondo y colaboradores, a partir del análisis de los macrorrestos, proponen que el sotol representó una fuente de alimento, así como de fibras para cestería y nudos, al menos desde el período Arcaico Temprano hasta el Histórico.

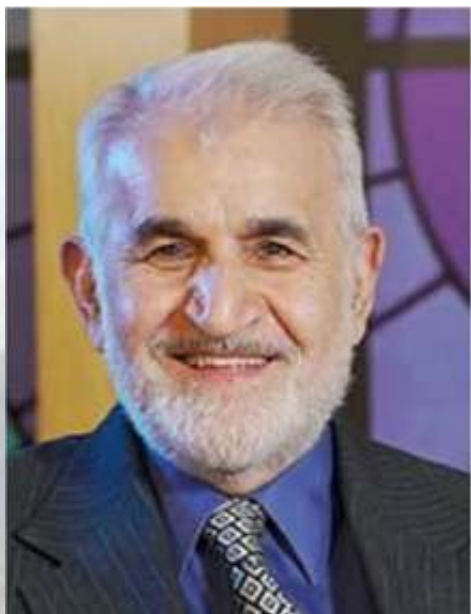
Por su parte, José Alberto Valadez Lira y colaboradores, presentan en el cuarto artículo *Apuntes de la diversidad microbiana de un coprolito humano del sitio arqueológico “El Morro Orgánico”, Aramberri, Nuevo León México*, la caracterización de la diversidad microbiana presente en un coprolito del sitio El Morro Orgánico, mediante técnicas de análisis molecular. Hasta donde se tiene conocimiento, este constituye el primer estudio de su tipo realizado en Nuevo León y, en general, para la región del noreste de México.

El quinto y último artículo de esta sección especial es *Más allá de la imagen rupestre: el reconocimiento del entorno*, escrito por María del Pilar Casado-López. En este trabajo, la autora reflexiona sobre la relación entre las representaciones rupestres de plantas y otros elementos del entorno y las formas en que las sociedades del pasado concibieron e interpretaron estos elementos. A partir de ejemplos del arte rupestre del noreste de México, destaca la importancia de considerar estas representaciones como parte de un sistema de significados que permite aproximarnos a la relación entre las sociedades cazadoras-recolectoras y su entorno.

Además de los artículos temáticos, el presente número incluye cuatro trabajos de las secciones habituales. La sección Personajes está dedicada en esta ocasión a recordar tanto el lado académico como humano del Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab (1949-2026). En Conoce tu Flora, Adrián González-Martínez y Valeria Barra-Suárez presentan una descripción biológica de *Stenocereus huastecorum*. Por su parte, en la sección Botánica Aplicada se presentan dos estudios, uno consiste en una revisión temática a cargo de César Humberto Moya-Treviño y colaboradores, quienes abordan la importancia de los hongos endófitos asociados a orquídeas. El otro trabajo de esta sección, escrito por Luis Alberto Sumuano-Barragán y Misael Garza-García, es un estudio de caso sobre el efecto de la suplementación con microalgas vivas en gallinas ponedoras y ganado caprino.

De esta manera, como en cada una de sus entregas, la revista *Planta* busca contribuir a la difusión y divulgación del conocimiento científico, especialmente en lo que respecta a la biología vegetal. En esta ocasión, esperamos que la publicación de la presente entrega temática amplíe la comprensión de las sociedades del norte de México a partir de sus relaciones con el ambiente y los recursos vegetales. Los trabajos aquí reunidos conforman, desde distintas perspectivas y líneas de evidencia, un esfuerzo por reconocer la diversidad de formas en que las sociedades del pasado habitaron, utilizaron e interpretaron sus entornos, superando así las visiones simplificadoras que han caracterizado al norte de México como un territorio predominantemente desértico y culturalmente homogéneo.

Raúl Ernesto Narváez Elizondo y Miriam América Martínez Santillán
Editores invitados



Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab (1949-2026)

La comunidad académica de la Universidad Autónoma de Nuevo León y particularmente el departamento de Biología Vegetal lamenta profundamente el fallecimiento del Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab, distinguido profesor e investigador de la Facultad de Ciencias Biológicas, cuya vida y obra dejaron una huella imborrable en la ciencia y en la formación de generaciones de estudiantes.

Nacido el 13 de abril de 1949 en Fasa, Irán, el Dr. Foroughbakhch desarrolló una sólida trayectoria académica que lo llevó de la Universidad de Tabriz en Irán, a la Universidad de Montpellier en Francia, donde obtuvo su doctorado en Ecología General y Aplicada. Desde 1982 se integró a la UANL, institución que se convirtió en su casa y donde ejerció como Profesor-Investigador y jefe del Departamento de Botánica.

Su labor científica fue prolífica: dirigió más de 40 proyectos de investigación financiados por organismos nacionales e internacionales, publicó más de 200 artículos, 5 libros y 26 capítulos, y formó a decenas de estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado. Fue miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel II) y de la Academia Mexicana de Ciencias, además de recibir múltiples reconocimientos por sus aportaciones a la Botánica y la Ecología de zonas áridas.

Más allá de sus logros académicos, el Dr. Foroughbakhch fue un maestro generoso y un ser humano entrañable. Compartía con entusiasmo sus experiencias de vida, como su llegada a México en los años 80, maravillado por las tradiciones locales y la calidez de la cultura mexicana. Su capacidad de integración y su cariño por este país lo convirtieron en un puente entre culturas y en un ejemplo de vocación universitaria.

Su partida deja un vacío profundo en la comunidad científica y educativa, pero su legado perdura en la obra publicada, en los proyectos que impulsó y, sobre todo, en las generaciones de estudiantes y colegas que tuvieron el privilegio de aprender de él.

A continuación y como un humilde homenaje a su memoria, presentamos algunos escritos que reflejan el sentimiento, cariño y el impacto que el Dr. Rahim tuvo en quienes tuvimos el honor de conocerlo y tratarlo.



El Dr. Rahim acompañado por amigos y compañeros de la FCB el día que inició su jubilación en abril de 2024.

Epístola al Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab

Querido maestro y amigo:

Cuesta aceptar que tu voz, siempre firme, sabia y serena, haya silenciado su presencia física en nuestras aulas y en nuestras vidas. Hoy el vacío que dejas es inmenso, pero más grande aún es la huella profunda que grabaste en cada uno de nosotros.

Fuiste mucho más que un guía en el camino del saber. Con tu paciencia inagotable y tu vocación genuina, no solo nos enseñaste a comprender las complejidades de nuestra disciplina, sino que nos mostraste el valor de la integridad, la curiosidad constante y la empatía humana. Cada una de tus clases era una invitación a pensar con libertad, a cuestionar con respeto y a buscar siempre la verdad con pasión y rigor.

Pero más allá de la cátedra, encontré en ti a un amigo leal, de esos cuya escucha atenta y consejo oportuno llegaban siempre en el momento exacto. Compartimos largas conversaciones llenas de reflexiones, risas y proyectos compartidos, y en cada una de ellas demostraste la nobleza de un espíritu verdaderamente grande.

Tu partida nos deja huérfanos de tu guía cotidiana, pero tu legado permanece vivo. Vive en cada libro que hojeamos con la curiosidad que tú despertaste, en cada valor que intentamos transmitir a otros, y en la memoria perpetua de quienes tuvimos el honor de caminar un tramo de la vida a tu lado. En tú nombre Rahim -de origen árabe-que significa "misericordioso" o "compasivo" describe rotundamente tú ser.

Gracias, maestro, por habernos enseñado con el ejemplo. Gracias, amigo, por tu generosidad y tu afecto incondicional. Descansa en paz; tú luz sigue brillando en cada uno de nosotros. "

Con eterna gratitud y cariño,

Dr. Pedro César Cantú Martínez

Rahim fue un esposo amoroso, noble y leal, un compañero de vida lleno de alegría, bondad y calidez. Su presencia en el hogar fue siempre un refugio de amor y seguridad; estuvo atento a cada necesidad de su familia, entregando su tiempo, su corazón y su dedicación para construir un hogar lleno de unión y armonía.

Amó a sus hijos con una intensidad profunda e incondicional. Fue un padre presente, entregado y cercano, de esos que acompañan no solo con palabras, sino con acciones y con el ejemplo de una vida íntegra. Siempre estuvo pendiente de sus sueños, de sus esfuerzos, de sus alegrías y de sus desafíos. Encontraba felicidad en los momentos sencillos de la vida familiar: escuchar sus historias del día, conocer sus experiencias en la escuela, sus amistades, sus proyectos y las ilusiones que guardaban para el futuro. Para Rahim, cada instante compartido con sus hijos era un regalo invaluable, una oportunidad para acompañarlos y dejar en ellos una semilla de amor y fortaleza.



El Dr. Rahim con su esposa Gabriela y dos de sus hijos.

Rahim fue un hombre que enseñó con su propia vida. Trabajador incansable, disciplinado y perseverante, llevó siempre consigo la convicción de que nunca se deja de aprender, de crecer y de superarse. Su espíritu inquieto lo impulsaba a buscar nuevos conocimientos, nuevos caminos y nuevas formas de dar lo mejor de sí mismo. En su corazón no había lugar para la pereza, el conformismo ni la rendición; por el contrario, cultivó la constancia, el esfuerzo y la determinación, valores que sembró profundamente en sus hijos. Los acompañó en sus estudios, celebró sus avances y los impulsó a perseguir sus metas, enseñándoles que una vida plena se construye con trabajo honesto, responsabilidad y dedicación.

Rahim dejó en su familia un legado inmenso e imposible de medir. Nos heredó amor, entrega, lealtad, alegría y una innumerable cantidad de recuerdos que permanecerán vivos para siempre. Su huella quedó grabada en cada uno de nosotros a través de sus enseñanzas, sus palabras, sus gestos y la manera en que vivió. Hoy, la mejor forma de honrar su memoria es continuar el camino que él trazó, mantener vivo el legado de amor, unión y fortaleza que con tanto empeño construyó.

Seguiremos caminando por la senda que él nos mostró: la del amor profundo como esposo, padre y amigo; la del esfuerzo constante para construir una vida mejor; la de la solidaridad y el compromiso con nuestra familia y con la comunidad que nos rodea; la de la responsabilidad, la honestidad y la búsqueda permanente de crecimiento y superación.

Rahim fue un hombre que edificó su vida con esfuerzo, sacrificio, rectitud, visión y disciplina. Un hombre de espíritu incansable, de mente visionaria y de corazón generoso, que encontró en su familia y en su trabajo la razón más profunda de su existencia. Su ejemplo permanecerá vivo en todos aquellos que tuvimos la dicha de conocerlo, amarlo y aprender de él. Su legado seguirá iluminando nuestro camino, recordándonos que la verdadera grandeza de una persona se encuentra en el amor que entrega, en los valores que deja sembrados y en la huella eterna que permanece en el corazón de quienes tuvieron el privilegio de compartir la vida a su lado.

Lic. Gabriela Guadalupe García Gallegos

¿Alguien ha visto a Rahim?

—Lo vi en su oficina— respondía alguien a lo lejos.

Momentos después, al entrar en aquel cubículo impregnado del suave aroma del té que acostumbraba a tomar y rodeado de libreros repletos de documentos, tesis, libros y revistas se encontraba a un Rahim siempre atento luego del saludo de rigor que invariablemente decíamos:

—Buenos días, doctor Rahim— con el “doctor” de por medio.

Aunque con los años nació una amistad sincera, siempre prevaleció ese trato respetuoso que él mismo inspiraba. No era una formalidad impuesta; simplemente era natural llamarlo así, doctor Rahim. Así era nuestra relación con el Dr. Rahim Foroughbakhch: el respeto hacia su persona surgía incluso antes que la amistad. Algunos podrían pensar que el orden debería ser el contrario, pero así era como se daba de manera natural, y estoy seguro de que a él le agradaba. El profesionalismo era la cualidad que mejor lo definía y que proyectaba en las aulas, los laboratorios y los pasillos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL.

Quienes trabajamos con él sabíamos que en su calidad de jefe del entonces Departamento de Botánica, hoy Departamento de Biología Vegetal, conducía el trabajo con un objetivo muy claro: que los proyectos de investigación y las responsabilidades académicas llegaran siempre a buen término. Sabía delegar y otorgaba libertad para realizar las tareas, pero era especialmente cuidadoso con el cumplimiento de los tiempos y con la calidad de los resultados. Cuando era necesario, defendía con firmeza sus convicciones y la dirección que consideraba correcta. Detrás de ese carácter firme había alguien profundamente convencido de que la disciplina era una forma de respeto hacia los demás y hacia el trabajo científico.

Como ocurre entre colegas comprometidos con su trabajo, hubo ocasiones en que pensamos distinto. Más de una vez discutimos por algún asunto del Departamento o de los proyectos en marcha. Sin embargo, hoy esas diferencias se recuerdan con una sonrisa, y más importante, nunca disminuyeron el aprecio mutuo; por el contrario, fueron oportunidades para reconocer la enorme experiencia y la profundidad de conocimientos de una persona apasionada por lo que hace.

Quienes lo conocieron desde muchos años antes suelen decirme que yo traté a un Rahim más sereno que el de sus primeros tiempos académicos. Tal vez sea cierto. Yo tuve la fortuna de conocerlo en una etapa de plena madurez dentro de su trayectoria académica, una persona con gran rigor científico y una gran disposición para compartir todo lo que había aprendido de sus experiencias profesionales a partir de su época de estudiante en Francia. Y lo disfrutaba. Cuando aceptó dirigir mi tesis doctoral, junto con el Dr. Ratikanta Maiti, descubrí una de las facetas que más lo distinguían: la de maestro. No enseñaba únicamente técnicas o análisis estadísticos; enseñaba una manera de pensar, de cuestionar y de hacer ciencia con rigor. Y así era con muchos de sus alumnos. Le gustaba orientar, corregir, preguntar y volver a preguntar hasta que las ideas quedaran claras. Muchos investigadores de nuestra región pueden reconocer alguna enseñanza suya en la manera como hoy realizan su trabajo.

En los últimos años de su trayectoria tuvo el interés de vincular la investigación con el bienestar corporal de las personas y dirigió su entusiasmo a la elaboración y difusión de productos naturales. Esa labor completó una carrera dedicada a la ecología vegetal, la ciencia forestal y el manejo integral de los recursos vegetales, dejando como legado la formación de decenas de estudiantes de licenciatura y posgrado provenientes de diversas instituciones.



El Dr. Rahim (3º. de izquierda a derecha en la fila inferior) durante la 8a. Jornada de Actividades Botánicas. Acompañado por miembros del departamento de Botánica y distinguidos botánicos de otras instituciones.

Pero Rahim, sin títulos de por medio, también era el compañero de conversación después de una larga jornada de trabajo en las que, sin darnos cuenta, terminábamos hablando de las vicisitudes de la vida y otros temas no menos importantes. Disfrutaba escuchar anécdotas, compartir experiencias y participar con entusiasmo en cualquier buena charla. Siempre encontraba tiempo para convivir. Recuerdo especialmente esos momentos porque ahí aparecía un Rahim diferente al profesor o al investigador.

Con el paso del tiempo uno comprende que las personas dejan una huella de muchas maneras. Algunos lo hacen por sus publicaciones, otros por los cargos que ocuparon o por los proyectos que encabezaron. El doctor Rahim dejó todo eso, pero, sobre todo, dejó generaciones de alumnos y colegas que aprendimos de su ejemplo, de su disciplina y de su generosidad para compartir el conocimiento.

Quienes compartimos con él laboratorios, oficinas, salidas al campo, congresos, reuniones o simplemente una taza de té, conservamos recuerdos que van mucho más allá del investigador reconocido. Recordamos al compañero que exigía porque creía en la excelencia; al maestro que dedicaba tiempo a formar estudiantes; al colega dispuesto a escuchar; y al amigo con quien siempre era agradable conversar.

Me considero afortunado por haber coincidido con él, por haber recibido su amistad y por haber sido uno de los muchos beneficiarios de su vocación como maestro e investigador. Su influencia permanece en nuestra manera de trabajar, de enseñar y de hacer ciencia.

Hoy se le da otro uso a su oficina y ya no se siente el aroma a té, pero quienes alguna vez preguntamos “¿Alguien ha visto a Rahim?” seguimos encontrándolo en los recuerdos que dejó, en cada enseñanza que sembró y en todas las personas cuya vida profesional ayudó a formar. Su ausencia se siente, pero su presencia persiste en el trabajo y en la memoria de quienes lo conocimos.

Gracias, Rahim, por tu amistad, por tu ejemplo y por todo lo que nos diste; te llevamos con nosotros en lo que somos y en lo que hacemos. Descansa en paz

Dr. Jorge Luis Hernández Piñero

Al Dr. Rahim lo conocí cuando me impartió la clase de Bioestadística durante mis estudios de posgrado. Desde el primer momento reconocí en él a un excelente maestro: exigente, estricto y de carácter serio. No era frecuente verlo sonreír o conversar con nosotros más allá de lo necesario, aunque qui-



El Dr. Rahim y su esposa Gaby, la Dra. Teresa E. Torres y su esposo Martín, la Dra. Alejandra Rocha y el Dr. Marco Alvarado el día del bautizo de Natalie, hija de los dos últimos.

zá también influyera el hecho de que éramos un grupo muy numeroso y ruidoso, integrado por estudiantes de todas las especialidades del posgrado de la facultad.

Con el paso de los años tuve la oportunidad de compartir con él la materia de Botánica Económica, impartida en la carrera de Licenciado en Ciencia de Alimentos. Fue entonces cuando pude conocer que el Dr. Rahim, continuaba siendo un profesor exigente y serio, pero ahora conversaba más con los estudiantes, escuchaba sus inquietudes y era más cercano a ellos. Y esa cercanía era correspondida, los alumnos lo respetaban, pero también le tenían confianza y aprecio. Más adelante, tuve la fortuna de conocerlo también en su faceta de jefe del Departamento de Botánica; en esa responsabilidad demostró ser un gran líder, siempre dispuesto a escuchar las propuestas de quienes formábamos parte del departamento, abierto al diálogo y, sobre todo, generoso para brindar su apoyo cuando era necesario. Su manera de dirigir no se limitaba a ejercer una autoridad, sino que se sustentaba en la confianza, la escucha y el respeto hacia los demás.

Recuerdo especialmente una conversación que tuvimos cuando le comenté que consideraba que había llegado el momento de retirarme de la facultad y de la universidad. Con esa forma tan suya de decir las cosas, me respondió: “Todavía estás muy joven y puedes dar más”. Sus palabras me hicieron reflexionar y, de alguna manera, terminaron acompañándome en la decisión de continuar. Tiempo después, el Dr. Rahim tomó la decisión de jubilarse. En la reunión que organizamos para despedirlo, se acercó a mí con una amplia sonrisa y, con ese sentido del humor que también fui descubriendo con los años, me dijo: “¡Qué malilla! Alborotaste el avispero y no te fuiste”. Hoy, al recordar esas palabras, no puedo evitar sonreír. Detrás de aquella frase estaba toda una historia compartida: la del maestro serio y exigente que conocí en el posgrado, la del profesor que aprendió a acercarse a sus estudiantes, la del jefe que supo escuchar y apoyar, y, finalmente, la del colega y amigo que dejó una huella profunda en quienes tuvimos la oportunidad de convivir con él. Me quedo con el privilegio de haberlo conocido en diferentes etapas de mi vida académica y profesional, pero, sobre todo, me quedo con su ejemplo, con sus enseñanzas y con el cariño que se construye a través de los años y de las experiencias compartidas.

Dra. Alejandra Rocha Estrada

Conocí al Dr. Rahim en el año 2006 tras incorporarme como secretaria al Departamento de Botánica. En un inicio, me imponía su carácter fuerte, estricto y firme, así como su marcado acento; no obstante, con el paso del tiempo logré ganarme su confianza. Nuestro diálogo trascendió el ámbito estrictamente laboral para abarcar también aspectos familiares, me platicaba con profundo orgullo de su familia y sus hijos, y con esa misma calidez, siempre se interesaba por los míos.

Detrás de su perfil estricto y serio, descubrí a un profesional de calidez humana, un Docente ejemplar entregado a la formación de sus alumnos y una figura inolvidable.

Lo recuerdo con profundo respeto y como un testimonio permanente de vocación, constancia y responsabilidad.

Lic. Ana Elizabeth Gutiérrez



Integrantes del Departamento de Botánica, de izquierda a derecha: Sra. Lupita Nicanor, Lic. Ana Gutiérrez, Sra. Carmen Martínez, Dr. Jorge Hernández, M.C. Ma. del Consuelo González, Dr. Marco Guzmán, M.C. Jorge Villarreal, Dr. Sergio Salcedo, Dr. Víctor Vargas, Dra. Alejandra Rocha, Dra. Marcela González y el Dr. Rahim.

En el año 2011 fui a un curso de agronomía con Dr. Olivares a tomar un taller sobre cultivo de moringa y encapsulamiento, llegue muy entusiasta y le dije al Dr. Rahim que si que podía sembrar árboles de moringa en el vivero de botánica, entonces me dijo que si, en seis meses sembrarnos aboles de moringa y empezamos a podar las ramas de moringa y a desinfectar las hojas de moringa hasta tener el polvo de moringa, comenzar a encapsulamos moringa y comenzamos a vender bolsitas de 50 capsulas y la gente inicio a comprar capsulas y las personas de la escuela quería mas, posteriormente empezó a vender botes de capsulas de 90. Después 2012 fui al congreso de maguey y henequén en agronomía y conocí a una persona que vendía todas las plantas medicinales pulverizadas que es Ing. Joel Hernández Vázquez dueño de la tienda Hervafam y empezamos a hacer combinaciones de capsulas, los estudiantes y empezaron a interesarse por compra y venderse. Después a hacer jabones de moringa y Neem. Los Estudiantes becarios de las carreras LCA, QBP y Biólogos empezaron hacer pomadas, cremas y shampoo. Hasta la fecha. Quiero agradecer el apoyo incondicional al Dr. Rahim pilar de nuestra del departamento de Botánica orgulloosamente Biólogo.

M.C. Jorge Alberto Villarreal Garza



El Dr. Rahim en un receso de un evento académico acompañado por maestros de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y alumnos de posgrado.

Agradezco a la fortuna haber podido conocer a un académico tan valioso como el Dr. Rahim. Fue valioso como persona, investigador, maestro y amigo.

Recuerdo haber escuchado del Dr. Rahim cuando yo laboraba en el CIQA, tal vez en 1992 o 1993. En esos años una compañera de trabajo y yo comenzamos a tomar cursos para ingresar al doctorado en la FCB, recuerdo que asistíamos los viernes y sábados. Después, al ingresar oficialmente a los estudios de doctorado (entre 1995 y 1997), el Dr. Rahim formó parte de mi comité, el cual estaba dirigido por el Dr. Maiti. Al Dr. Rahim lo recuerdo muy bien como un profesor exigente y cuidadoso con la formación de las personas bajo su tutela. Pero al mismo tiempo, su personalidad mostraba una ventana de amistad y apoyo siempre abierta hacia sus estudiantes.

Durante los estudios de doctorado lo que recibí del Dr. Rahim fue una orientación constante y empuje para no rendirse. Aún después de obtener el grado tuve la oportunidad de colaborar con él en diferentes actividades académicas que me permitieron avanzar en mi trayectoria académica, lo cual tuve la oportunidad de agradecerle personalmente en varias ocasiones.

La deuda que mantengo con el Dr. Rahim no fenece; trato de devolver todo lo que recibí a través de mi trabajo y de mi atención a los estudiantes con quienes colaboro.

Desde donde se encuentre usted, Dr. Rahim, vea que aquí estoy trabajando duro tal como lo enseñó con su ejemplo. Usted sigue vivo en la memoria.

Dr. Adalberto Benavides-Mendoza
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro



El Dr. Rahim impartiendo un curso taller en colaboración con la empresa Hervarfam en Monterrey, N.L.

Con profundo respeto y admiración, deseo expresar mi reconocimiento al Dr. Rahim Foroughbakhch P., de la facultad de biología, Doctor en Ciencias por la Universidad Autónoma de Nuevo León, cuya trayectoria como investigador, académico y promotor del conocimiento ha dejado una valiosa huella en el estudio de las plantas medicinales y los alimentos funcionales.

Tuve la fortuna y el honor de ser coautor, junto con el Dr. Rahim, del libro Plantas Medicinales, una experiencia que representó un importante aprendizaje tanto en el ámbito científico como en el humano.

A lo largo de los años organizamos diversos cursos y actividades académicas. Guardo con especial aprecio uno dedicado a las plantas medicinales y los alimentos, donde, además de compartir su amplio conocimiento, pude conocer otra de sus grandes pasiones: la cocina internacional. Para él, la gastronomía era una extensión de la ciencia, un espacio donde los ingredientes naturales y la investigación podían converger para crear alternativas saludables con un sólido fundamento.

Su entusiasmo por el desarrollo de productos herbales y alimentos funcionales inspiró a quienes tuvimos la oportunidad de trabajar a su lado. Su visión científica, su compromiso con la investigación y su generosidad para compartir el conocimiento contribuyeron al crecimiento de proyectos que hoy continúan generando valor.

En Hervarfam, agradecemos profundamente el apoyo, la orientación y la confianza que siempre brindó a nuestra empresa. Su legado permanecerá como una fuente de inspiración para seguir impulsando la investigación, la innovación y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales en beneficio de la salud.

Joel Hernández Vázquez
CEO, Hervarfam Monterrey

Tuve el privilegio de que el Doctor Rahim fuera mi asesor de tesis de doctorado, fue una persona importante para mí, desarrollé una parte de mi tesis en donde coincidí con él en el laboratorio de Botánica, donde no solo compartía sus conocimientos y experiencia, sino también su dedicación y pasión por la ciencia.

Era una persona que al verlo imponía respeto, pero detrás de esa personalidad era todo un personaje, humano, tranquilo y paciente, cuando tenías alguna duda o te desesperabas porque no salían los resultados esperados el Doctor Rahim te tranquilizaba y te comentaba eso es parte de investigación. También me tocó coincidir con él al presentar avances en varios congresos.

Su enseñanza y ejemplo dejaron una huella importante en mi formación, le doy las gracias por sus enseñanzas y la confianza que tuvo en mí, hasta siempre Doctor Rahim Foroughbakhch Pournavab.

José Guadalupe Almanza Enríquez

Tuve el honor de conocer al Dr. Rahim Foroughbakhch durante mi formación profesional, desde Licenciatura al integrarme al Laboratorio de Fisiología vegetal me di cuenta de su gran liderazgo como jefe del Departamento de Botánica. Posteriormente, fue mi director de tesis de Maestría y Doctorado, y a partir de ese tiempo comprendí que su destacada posición como Profesor e Investigador en la Facultad de Ciencias Biológicas era el resultado del trabajo constante, de la disciplina, de su puntualidad, de su compromiso con la ciencia. Pero más allá de lo profesional, tuve la fortuna de conocer su calidez humana.

Menciono su calidez humana, por varios motivos. Uno es el amor a su familia, a sus hijos. Cuando me citaba para realzar revisiones de mi investigación y llegaba una llamada de su familia, siempre tomó las llamadas con una total atención y cariño, dejando a un lado el rigor científico, cambiaba su semblante para platicar con alguno de sus hijos. Precisamente, usted fue testigo de cómo formé mi familia, me contactó con quien hoy es mi compañero de vida y siempre será usted una persona muy importante para nosotros. Recuerdo con mucho cariño sus llamadas telefónicas, diciendo: ¿Cómo está Lidia?, ¿Cómo están los niños?.

Yo no imaginaba que mucho de lo que usted me animó a realizar durante mi posgrado, me sería de tanta utilidad hoy que también soy Profesora Investigadora, en ese tiempo llegue a sentir mucha exigencia y reconozco que, hasta presión por avanzar en mi investigación, por hacer más, por producir, ¡cuánto le agradezco por ello! desde prepararme para asistir a congresos nacionales e internacionales, participar en publicaciones científicas, capítulos de libros, asistir a talleres y cursos de capacitación; Gracias por darme valiosas herramientas que posteriormente me abrieron las puertas de la vida profesional.

Definitivamente, echó raíces en la vida de muchos que tuvimos la fortuna de conocerlo, trascendió dejando un legado científico sobre los recursos vegetales del noreste mexicano, pero también en la formación integral de muchos profesionistas de las ciencias biológicas.

Recordaré siempre su ejemplo, sus enseñanzas. Hasta siempre querido Dr. Rahim.

Dra. Lidia Rosaura Salas Cruz

Docteur, como le decía en francés, mi maravillosa historia con usted empezó cuando aceptó ser mi director de Tesis de Doctorado en el año 2012, sin conocernos antes. Me inspiró mucha confianza porque me recibió tan bien y me hablaba en francés en un país nuevo para mí en aquellos tiempos, y en donde enfrentaba las barreras del idioma para mi integración.

Usted fue un investigador de alto nivel, muy prolífico y admirable, y le estoy muy agradecido por haberme transmitido esta determinación, este sentido del esfuerzo y este gusto por el trabajo

a través de su propio ejemplo, acompañado de sus consejos, sus atenciones y, sobre todo, sus constantes invitaciones al integrarme en sus proyectos a través de las direcciones de tesis, publicación de artículos científicos, libros y capítulos, revisiones para revistas, entre otro, lo que fue un gran empujón, que contribuyó fuertemente en mi trayectoria, y por lo que me siento el más afortunado de sus estudiantes.

Como anécdota, cuando yo tenía que llegar muy temprano al laboratorio para alguna actividad pendiente, me impresionaba su puntualidad, ya que usted siempre estaba allí antes que nadie, tuviera clase que impartir o no. Su dedicación se mantuvo intacta incluso después de su jubilación, pues aún recuerdo que durante su última semana en la Facultad me dijo que seguiríamos trabajando juntos. Lamentablemente, el tiempo puso un fin muy duro y seco a todo, y no hay más que aceptar.

Guardo con mucho aprecio todos los libros que usted me regaló y otros documentos que representan para mí un legado muy valioso, y con lo que lo recuerdo todos los días cuando llego a la oficina.

Más allá de ser mi Director de Tesis, usted siempre fue atento conmigo, aportándome su invaluable apoyo para salir adelante hasta en lo extraacadémico. Usted me ha conectado con las personas más importantes en mi vida desde lo profesional y hasta lo familiar. En cualquier oportunidad que coincidíamos, usted siempre preguntaba por mi familia y por mis niños. Lo más impresionante es que usted les mencionaba a todos por sus nombres, y no podía creer como se acuerda tanto de ellos. Le agradezco infinitamente por su consideración, su confianza y su amistad.

Extraño mucho sus palabras de aliento y de motivación. Extraño sus llamadas, que ya eran costumbres en épocas importantes como navidad y año nuevo. ¡Lo extraño mucho!

Trabajador incansable, descanse ahora en paz, que aquí seguiremos en el camino que usted trazó.



El Dr. Rahim y el Dr. Maginot Heya conversando en el laboratorio de Botánica.

Maginot Heya

El doctor Rahim Foroughbahch Pournavab fue nuestro maestro de Bioestadística Aplicada durante el primer semestre del doctorado (agosto-diciembre de 2023). Desde las primeras clases, además de compartir con nosotros sus vastos conocimientos y dominio de la materia —descifrando un verdadero laberinto de fórmulas en el pizarrón—, el doctor Rahim nos inculcó la importancia de la puntualidad y,



El Dr. Rahim y el Dr. Glaforo Alanís durante la impartición de un curso en las instalaciones del departamento de Botánica.

sobre todo, de la comprensión profunda de las cosas, de entender siempre el “por qué”.

A propósito de esto último, nos contó cómo, a lo largo de su carrera científica, tuvo que trabajar con computadoras lentas, casi del tamaño de una habitación, cuyos sistemas de tarjetas perforadas no permitían el más mínimo error. Incluso llegó a presenciar cómo algunas personas, desesperadas por cumplir con las fechas de entrega y ante las largas filas de espera, brincaban por la noche la barda de la universidad francesa donde realizó su posgrado para volver a utilizar, a escondidas, aquella computadora. Con el paso de los años, también fue testigo de la llegada de los softwares contemporáneos, capaces de ofrecer resultados en cuestión de segundos.

Sin embargo, nos decía que, pese a todos los cambios tecnológicos que le tocó vivir, había un problema que permanecía inalterable: una computadora o un software puede hacer correctamente las operaciones, pero no puede sustituir el razonamiento del investigador. Por ejemplo, es posible realizar un ANOVA sin que los datos cumplan con los supuestos necesarios y llegar a conclusiones erróneas.

Así entendimos que aquellas tareas complejas y, en ocasiones, largas que nos asignaba el doctor Rahim tenían un propósito que iba mucho más allá de aprender a utilizar un software estadístico. Buscaba enseñarnos que, al emplear una herramienta de este tipo, es indispensable contar con las bases necesarias para comprender qué estamos haciendo —más allá de simplemente hacer clic y seguir instrucciones— y, sobre todo, para poder juzgar si aquello que estamos haciendo es correcto.

Quizá esa sea una de las enseñanzas que más permanecen después de haber pasado por sus clases: la tecnología puede facilitarnos el trabajo, pero nunca sustituirá el pensamiento del investigador.

Muchas gracias, maestro.

*Raúl Ernesto Narváez Elizondo, Angela Jaquelin Espinoza Mijangos
Martha Montserrat Castorena Alba, Alejandra Flores Ibarra*

Si hoy soy investigador, profesor o profesor - investigador, es porque alguien decidió abrirme la puerta cuando yo apenas empezaba.

Recuerdo que fui con él después de regresar a México con mi doctorado. Tenía la firme meta de ser un investigador reconocido, y nadie mejor que el Dr. Rahim podía apoyarme en eso. Lo conocía desde que fue mi maestro de estadística en la Facultad de Ciencias Forestales, en 1987, y quería integrarme a un grupo



El Dr. Rahim presentando al Dr. Artemio Carrillo como conferencista en un evento académico en la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

de trabajo tan sólido y productivo como el que él dirigía. Su respuesta no fue un "sí" fácil; recuerdo que me dijo: "Te voy a apoyar, pero ya sabes que soy muy exigente y conmigo vas a tener que trabajar". A los pocos días me escribió un correo para invitarme a formar parte de una serie de libros en la que estaba trabajando. El primero en el que participé se tituló "Hortalizas de Nuevo León", publicado en 2010. Esa fue una de sus lecciones: la confianza se gana con hechos, no con promesas.

De ahí vinieron otros libros, capítulos, artículos y la oportunidad de ser miembro de comités de tesis de sus muchos estudiantes. Aunque después nuestras colaboraciones se volvieron más esporádicas —yo empecé a formar mi propio grupo—, cada vez que lo llamaba para consultarlo o pedirle su opinión, en broma me preguntaba: "¿Y en qué parte del mundo andas?"

Mi mentor no solo me enseñó estadística o rigor académico; me dio algo que no viene en los libros: confianza. Me incluyó en su equipo en un momento en que mi nombre como asesor no estaba en ninguna tesis. Ese gesto, que para otros puede ser menor, para mí fue un trampolín. Ese respaldo me permitió crecer, visibilizarme y alcanzar niveles que, de otra forma, habrían tardado años—o quizás nunca habrían llegado.

Su generosidad no fue un acto aislado; fue un voto de confianza que marcó mi trayectoria para siempre. Por eso, dedicarle este espacio en una revista no es un gesto protocolario: es devolverle, en palabras, una pequeña parte de lo mucho que él me dio con hechos.

Gracias, Doctor Rahim

Dr. Artemio Carrillo Parra



Evento académico organizado por el Departamento de Botánica. Al frente, de izquierda a derecha: Dr. Sergio Moreno, Dr. Marco Alvarado, Dr. Jorge Hernández, Dr. Rahim, Dra. Marcela González, M.C. Consuelo González y Dra. Teresa Torres.

Conocí al Dr. Rahim en 1992 poco después de que se incorporó a la Facultad de Ciencias Biológicas procedente de la Facultad de Ciencias Forestales donde había estado poco más de 10 años y había desarrollado una importante trayectoria en la Ecología y Agroforestería.

Inicialmente el contacto con el Dr. Rahim era ocasional ya que estábamos en distintas áreas. Algunos años después, en 1998, con mucho nerviosismo fui a visitarlo a su oficina de la unidad B, para proponerle que fuera mi asesor de tesis en los estudios de doctorado que estaba por iniciar, amablemente aceptó sin conocerme mucho, y una vez que fui aceptado en el posgrado, me invitó a visitar la Facultad de Ciencias Forestales y me propuso invitar al Dr. Enrique Jurado Ybarra (1956-2024) como director externo del proyecto de tesis. El Dr. Jurado nos recibió de muy buen agrado y aceptó participar en el proyecto. Creo que esta fue una muy acertada decisión del Dr. Rahim quien, con su visión sabía que el Dr. Jurado podía enriquecer el trabajo de tesis y así fue. Durante 4 años colaboré estrechamente con ambos y aprendí mucho de ellos acerca del quehacer científico, además de que sentía un enorme compromiso con ellos por lo que trataba de esforzarme y seguir sus indicaciones al pie de la letra. Agradezco a ambos su mentoría, sus consejos y el tiempo dedicado para mi formación.

Posteriormente, ya en mi etapa como profesor de la Facultad, la colaboración con el Dr. Rahim se consolidó. A lo largo de los años, desarrollamos diversos proyectos enfocados en el uso y aprovechamiento de los recursos vegetales del noreste de México. En este periodo no solo aprendí de su rigor científico, sino también de su calidad humana, su profundo cariño por México y su genuino interés por los estudiantes. Vale la pena mencionar que, en el plano profesional, el Dr. Rahim tenía un carácter fuerte pero en el mejor de los sentidos: era sumamente exigente y estricto consigo mismo y con su equipo. Esta firmeza siempre estuvo orientada a la excelencia, lo cual está reflejado en el logro de los objetivos y metas trazados durante su gestión como jefe de departamento.

No quisiera cerrar estas líneas sin comentar que recuerdo con especial agrado las muchas ocasiones en que compartimos salidas a campo para estudios ecológicos sobre mezquite y candelilla en Nuevo León y Coahuila, o viajes a congresos en donde dejaba ver su lado humano, y a veces también su sentido del humor, contándonos algunas anécdotas de su vida en Irán, su época como estudiante de posgrado en Francia, su llegada a México o los años que estuvo en Linares. Hablando siempre cosas buenas y positivas de cada una de esas etapas de su vida. También quiero comentar un detalle que siempre tuvo conmigo y era que en mi cumpleaños siempre muy temprano recibía una llamada suya o un mensaje de felicitación.

El Dr. Rahim fue para sus estudiantes y quienes compartimos el día a día con él, un ejemplo de profesionalismo, perseverancia y disciplina.

Descanse en Paz

Marco Antonio Alvarado Vázquez



Una muestra de una de las actividades académicas que el Dr. Rahim más disfrutaba, el trabajo de campo.





Izquierda: Profesores realizando entrevista sobre el uso y aprovechamiento de plantas de la región. Derecha: equipo de trabajo, arriba: Dr. Marco Guzmán, Dr. Rahim, M.C. Oscar de León. Abajo, Dra. Alma López, Biol. Deisy de León y Dra. Alejandra Rocha.



Izquierda: El Dr. Rahim troceando ramas de mezquite para calcular la biomasa arbórea. Derecha: Equipo de trabajo en salida de campo. Dra. Irasema Jiménez, M.C. Oscar de León, M.C. Consuelo González, Dr. Rahim, Dr. Marco Guzmán y Dr. Marco Alvarado.



Izquierda: El Dr. Rahim en reunión con comunidades rurales. Derecha: El Dr. Rahim (en cuclillas) y el Dr. Marco Guzmán registrando información sobre las plantas de los mezquiales del estado de Nuevo León.



Fotografías de los integrantes del departamento de Botánica en diciembre de 2006 (izquierda) y aprox. 2012 (derecha). En la primera, de izquierda a derecha: Dra. Marcela González, Dr. Sergio Salcedo, Lic. Ana Gutiérrez, M.C. Consuelo González, Dr. Marco Alvarado, Sra. Carmen Martínez, Dra. Alejandra Rocha, Dra. Teresa Torres, Dr. Marco Guzmán, Dra. Hilda Gámez, Dr. Sergio Moreno, Dra. Leticia Villarreal, Sra. Lidia Bermúdez, Dr. Víctor Vargas y Dr. Rahim Foroughbakhch. En la segunda fotografía aparecen también Sra. Lupita Nicanor (sombbrero) M.C. Jorge Villarreal (camisa roja) y Biól. Anwar Medina (lentes y suéter blanco).

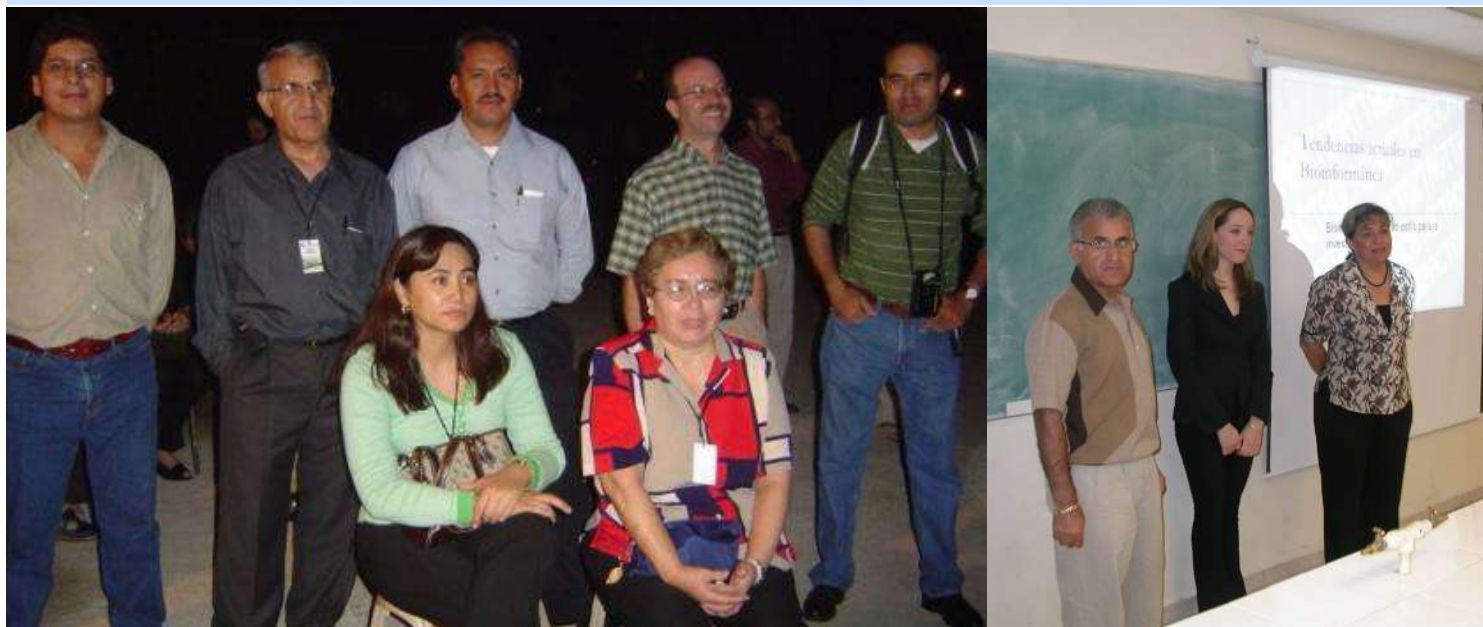


Los cumpleaños siempre fueron eventos importantes para consolidar la amistad y el equipo de trabajo del departamento de Botánica. Aquí 4 imágenes representativas. Arriba izquierda: Celebrando el cumpleaños de la maestra Consuelo. Derecha: cumpleaños del Dr. Sergio Moreno. Abajo izquierda: cumpleaños de la Dra. Alejandra Rocha, derecha: cumpleaños del Dr. Marco Guzmán.





Participación del departamento de Botánica y el director de la Facultad en la 1ª. Feria universitaria del Libro UANLeer en 2011. De izquierda a derecha: M.C. Jorge Villarreal, Dr. Víctor Vargas, Dr. Sergio Salcedo, M.C. Ma. Del Consuelo González, Dra. Marcela González, Dr. Juan Manuel Alcocer (director), Dra. Hilda Gámez, Dra. Alejandra Rocha, Dr. Jorge Hernández, Dr. Rahim Foroughbakhch, Dr. Sergio Moreno y Dr. Marco Alvarado.



Izquierda: Miembros del departamento de Botánica en un Congreso en la ciudad de Durango, de izquierda a derecha: Dr. Marco Guzmán, Dr. Rahim Foroughbakhch, Dra. Alejandra Rocha, Dr. Sergio Moreno, M.C. María del Consuelo González, Dr. Jorge Hernández y Dr. Marco Alvarado. Derecha, Dr. Rahim Foroughbakhch y Dra. Teresa Torres presidiendo un evento académico sobre bioinformática en la FCB.



Izq. Miembros del departamento de botánica e invitados acompañando a la maestra Ma. Ana Garza Barrientos con motivo de la celebración en su honor de la 1ª. Jornada de Actividades Botánicas en 2002. Der. El Dr. Rahim y la Dra. Teresa Torres acompañando al Dr. Jorge Marroquín con motivo de la 2ª. Jornada de Actividades Botánicas celebrada en honor al Dr. Marroquín.



El Dr. Rahim participando en diversos eventos académicos. Arriba izquierda: El Dr. Rahim dando un mensaje con motivo de la 1ª. Jornada de Actividades Botánicas. Arriba derecha: Acompañando al Dr. Juan Manuel Alcocer en la inauguración de una exposición del departamento. Abajo izquierda y derecha: celebración del aniversario de la Facultad en 2005.



LIII ANIVERSARIO DE LA FCB, UANL
Maestros y Personal Administrativo de la Facultad de Ciencias Biológicas



Cena de Generaciones
Hacienda San Pedro de la UANL
23 de Septiembre del 2005

Stenocereus huastecorum

La Pitaya Tamaulipeca

A. González-Martínez^{1,2 *}, V. Barra-Suárez²

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas Unidad B, Laboratorio de Biología de la Conservación y Desarrollo Sostenible-Laboratorio de Paleobiología. Ave. de los Rectores s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L., México, C.P. 66455.

²Flora de Nuevo León (@floradenuevoleon)

Autor para correspondencia: adrian.gonzalezmtz@uanl.edu.mx

La Planicie Costera del Golfo, siendo el extremo meridional de las Grandes Planicies de Norteamérica, es uno de los crisoles mexicanos donde las biotas del Neártico y Neotrópico se fusionan en comunidades biodiversas y únicas. En el estado de Nuevo León, la comunidad más representativa de esta ecorregión es el Matorral Espinoso Tamaulipeco (Figura 1), un conjunto de matorrales y bosques espinosos dominados por leguminosas (familia Fabaceae) como mezquites (*Neltuma* spp., *Strombocarpa* spp.), ébanos (*Ebenopsis ebano*), retamas (*Parkinsonia* spp.), huizaches (*Vachellia* spp.), espinos (*Senegalia* spp.), entre otros.

Los cactus (familia Cactaceae) son también elementos característicos, abundantes y biodiversos en esta comunidad. Se presentan mayoritariamente como geófitas y hemicriptófitas, con sus característicos tallos globosos que pocas veces superan los 20 cm de altura. Sin embargo, dos grupos de cactus rompen este esquema y engalanan los matorrales con sus grandes tallas, los nopales y aliados (subfamilia Opuntioideae: *Opuntia*, *Cylindropuntia*), y los cactus columnares que forman parte de la tribu Pachycereeae (también conocida como Echinocereae).

Aunque el noreste de México comparte muchas características con otras regiones áridas del país, no es particularmente rico en cactus columnares. Esto se debe a una combinación de factores. Por un lado, en Nuevo León las lluvias son más variables e impredecibles, lo que dificulta el establecimiento de estas plantas desde etapas tempranas. Además, al estar más al norte, las heladas invernales son más frecuentes, y muchos cactus columnares son sensibles a las bajas temperaturas, especialmente cuando son jóvenes.

En contraste, regiones como San Luis Potosí, Oaxaca o el noroeste de México presentan condiciones más estables y favorables para este grupo, las lluvias de verano más predecibles, menor incidencia de heladas y paisajes donde estos cactus han tenido una larga historia evolutiva que les ha dado una mayor adaptación en estos "laboratorios naturales". Por otro lado, en el Matorral Espinoso Tamaulipeco, dominado por árboles y arbustos espinosos, la competencia por agua y luz es intensa.

Aunque poco abundante, destaca en los paisajes del centro y oriente del estado de Nuevo León la pitaya tamaulipeca *Stenocereus huastecorum*, una especie



Figura 1. Matorral Espinoso Tamaulipeco en Apodaca, Nuevo León. Comunidad vegetal arbustiva dominada por leguminosas (Fabaceae), cactus (Cactaceae), magueyes e izotes (Asparagaceae), entre otros elementos espinosos (Crédito: Adrián González-Martínez).

característica de la Huasteca y de las planicies y laderas adyacentes del Golfo de México, cuya distribución se extiende desde Veracruz hasta el sur de Texas. Habita en matorrales y bosques semiáridos entre 200 y 1600 msnm (Figura 2).

Descripción botánica

La pitaya tamaulipeca es un cactus de gran tamaño que puede crecer como un pequeño árbol de hasta 9 metros de altura, con forma de candelabro. Su tronco es relativamente corto y grueso, del que surgen numerosas ramas largas, erectas o ligeramente abiertas, de

color verde grisáceo. Estas ramas presentan entre 6 y 8 costillas bien marcadas, a lo largo de las cuales se distribuyen las areolas (pequeños puntos donde nacen espinas y flores). Cada areola tiene varios grupos de espinas, unas más delgadas y abiertas hacia los lados, y otras más robustas en el centro. Cuando son jóvenes, las espinas son blancas, a veces con tonos rojizos en la base, y con el tiempo se tornan grisáceas (Figura 3A).

Sus flores son llamativas y se abren principalmente por la noche, aunque pueden permanecer abiertas durante el día siguiente. Tienen forma de embudo y pueden presentarse en tonos rosados, amarillentos o blancos,



Figura 2. Pitaya tamaulipeca (*Stenocereus huastecorum*) en hábitat, San Carlos, Tamaulipas (Crédito: Xanett Aguilar Izaguirre, CC BY-NC).

lo que las hace especialmente vistosas. En su interior presentan numerosos estambres y un estilo alargado que termina en varios lóbulos (Figura 3B). El fruto es una pitaya de forma ovalada, de color rojo oscuro al madurar. Está cubierto de pequeñas espinas que se desprenden fácilmente cuando el fruto está listo para consumirse. En su interior contiene una pulpa dulce de color rojo o anaranjado, con numerosas semillas pequeñas y negras (Figura 3C).

Aunque previamente estas poblaciones eran considera-

das como *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb., una especie ahora restringida a las costas caribeñas de Colombia y Venezuela, se diferencian por presentar un porte más robusto, con tronco bien desarrollado (generalmente ausente o muy corto en *S. griseus*) y ramas con ligeras constricciones entre areolas (ausentes en *S. griseus*). Además, *S. huastecorum* suele tener menos costillas (6-8 vs 7-9) y mayor número de espinas centrales, típicamente tres (una, raramente tres en *S. griseus*). Sus flores muestran diferencias notables en coloración, con segmentos internos amarillentos con una línea rojiza, mientras que en *S. griseus* van de blancos a rosados y el hipanto rojo (vs verde); además los frutos de *S. huastecorum* son generalmente más grandes, con pulpa que puede ser roja o anaranjada (vs típicamente roja), y semillas de mayor tamaño (Figura 3D). Aunque ambas especies cuentan con una floración más bien oportunista después de las lluvias, *S. griseus* presenta mayor producción entre noviembre y abril, mientras que *S. huastecorum* la tiene entre marzo y julio.

Ecología

Las flores de la pitaya tamaulipeca son primordialmente nocturnas. Se ha observado la interacción de los murciélagos *Leptonycteris yerbuena* (murciélago magueyero menor), *L. nivalis* (murciélago magueyero mayor) y *Choeronycteris mexicana* (murciélago trompudo) como visitantes nocturnos y potenciales polinizadores.

Etnobiología y Fitoquímica

Las cactáceas han sido apreciadas como alimento entre grupos étnicos y comunidades rurales, gracias a sus frutos llenos de azúcares y pigmentos, estos frutos han



Figura 3. A) Costillas y areolas de la pitaya tamaulipecana; B) Flores de la pitaya tamaulipecana en Ciudad Victoria, Tamaulipas; C) Botones florales, flores y frutos (pitayas) de la pitaya tamaulipecana; D) Frutos inmaduros de la pitaya tamaulipecana (Créditos: A, C y D Adrián González-Martínez; B Iván Aguirre, CC BY-NC).



Figura 4. Pitayas de *S. huastecorum* recolectadas para su consumo en San Carlos, Tamaulipas (Crédito: Claudia Garza, Facebook).

tenido múltiples usos desde la época prehispánica como forraje, colorantes, medicamentos, elementos de ornato, cercas vivas para delimitar áreas y leña.

Las pitayas del género *Stenocereus* son altamente apreciadas, siendo una fuente de sustento para especies nativas de fauna, así como para humanos. Debido a su sabor, frescura y azúcares, las pitayas de este cactus son utilizadas para comerse por sí solas, así como en agua, helados y nieves, ates, licores y vinos, gelatinas y pasteles (Figura 4). Además de su valor alimenticio, los frutos de este género poseen importancia industrial para extraer colorantes y pectinas, principalmente de la cáscara y de la pulpa. Aunado a esto, un estudio reciente encontró que el concentrado de jugo de pitaya muestra un efecto vasodilatador y antihipertensivo im-

portante reduciendo de manera prolongada la presión arterial en ratas hipertensas. Sin embargo, se requieren más investigaciones para confirmar su eficacia y seguridad.

En cultivo, es una especie noble con germinación rápida y pocos cuidados. Requiere de un sustrato de drenaje rápido, sol pleno o media sombra y puede soportar tanto riego más continuo que otras especies de cactáceas debido a su afinidad con la costa del Golfo como largos periodos de sequía, una vez establecido (Figura 5). Se considera una especie apropiada para las zonas de rusticidad 9a hasta 11b, tolerando heladas cortas. Puede mantenerse en contenedores medianos a grandes con poca compactación o, idealmente, creciendo en el suelo donde soporta incluso los suelos calichosos característicos de la región. Es posible encontrarla en viveros donde se acredite la legal procedencia de las semillas.

Conclusión

La pitaya tamaulipeca es uno de los elementos que forman la identidad vegetal de nuestra región y nuestro estado, donde cada hoja, raíz o flor escribe una historia que comenzó a contarse mucho antes de que nosotros llegáramos. Al conocer nuestra flora, la valoramos, al valorarla, la protegemos.

Bibliografía consultada

- Alanís Flores G.J., González Alanís D. (2012). Flora nativa Alvarado-Sizzo H., Casas A., Parra F., Arreola-Nava H.J., Terrazas T., Sánchez C. (2018). Species delimitation in the *Stenocereus griseus* (Cactaceae) species complex reveals a new species, *S. huastecorum*. PLoS ONE 13(1), e0190385. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190385>.
- Alvarado-Sizzo H., Casas A., González-Rodríguez A., Arreola-Nava H.J., Terrazas T. (2019). Clave dicotómica y distribución del complejo de especies de *Stenocereus griseus* (Cactaceae). Revista Mexicana de Biodiversidad 90. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2675>



Biol. Antonio Moreno Talamantes

**Figura 5. Pitaya tamaulipecta en hábitat, General Bravo, Nuevo León
(Crédito: Antonio Moreno Talamantes, CC BY-NC-SA).**

Arias-Montes A.S., Aquino-García D.A. (2019). Familia Cactaceae I. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 209: 1-278. <https://doi.org/10.21829/fb.39.2019.209>

Bárceñas- Abogado P., Jiménez-Castañeda V. (2010). Pitayas y pitahayas (*Stenocereus* spp. e *Hylocereus* spp.), recursos agrícolas en el Valle de Tehuacán, Puebla. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 10(19): 110-120. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/PER01000334595>

Bravo-Hollis H. (1978). *Subfamilia III Cereoideae: tribus Hylocereeae y Pachycereeae*. En R. Martín del Campo (Ed.), *Las Cactáceas de México*, Vol. I (pp. 352–711). Universidad Nacional Autónoma de México

Campos-Rojas E., Pinedo-Espinoza J., Campos-Montiel R., Hernández-Fuentes A. (2011). Evaluación de plantas de pitaya (*Stenocereus* spp.) de poblaciones naturales de Monte Escobedo, Zacatecas. *Revista Chapingo. Serie hor-*

ticultura 17(3): 173-182. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000300009&lng=es&tlng=es.

Espinosa-Villanueva T., Bolívar-Cimé B., Horta-Vega J.V., Martínez-Ávalos J.G. (2023). Glosophagine bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as floral visitors of *Stenocereus huastecorum* (Plantae: Cactaceae) in the Jaumave Valley, Tamaulipas, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 39 (1): 1-13. <https://doi.org/10.21829/azm.2023.3912622>

Ramírez-Rodríguez Y., Espinosa-Tanguma R., Valle-Aguilera J.R., Rodríguez-Menchaca A.A., Saderi N., Salgado-Delgado R., Bautista E., Garcés L., Ramírez V., Robledo-Márquez K., Riego-Ruiz L., Trujillo J. (2024). Vasorelaxant effect and blood pressure reduction potential of pitaya juice concentrate (*Stenocereus huastecorum*) associated with calcium channel blockade. *Foods* 13(16), 2631. <https://doi.org/10.3390/foods13162631>

La arqueobotánica del norte de México en contexto (2000-2025)

M.A. Martínez-Santillán^{1*}, R.E. Narváez-Elizondo²

¹Centro de Estudios Sociales Universitarios, S.C. Calle 5a, No. 3613, Col. Santa Rosa, CP. 31050, Chihuahua, Chih., México

²Proyecto arqueológico Sierra Madre Oriental, Centro INAH Nuevo León. Calle Rafael José Verger s/n., Col. Obispado, C.P. 64060, Monterrey, Nuevo León, México.

*Autor para correspondencia: martinezsantillan25@gmail.com

Resumen

Este artículo examina la configuración historiográfica de la arqueobotánica y la paleoetnobotánica en el norte de México entre 2000 y 2025 mediante una revisión sistemática de la literatura publicada, con el objetivo de identificar tendencias regionales, transformaciones metodológicas y rasgos distintivos del campo. El análisis demuestra que su desarrollo ha sido desigual y regionalmente diferenciado, con una consolidación más robusta en estados del noroeste del país, frente a trayectorias más focalizadas en otras entidades. Aunque la producción continúa dependiendo en gran medida de proyectos arqueológicos más amplios, se observa una transición significativa desde estudios descriptivos centrados en identificación taxonómica hacia enfoques interdisciplinarios que integran temas de subsistencia, domesticación, paleoambiente, movilidad, esferas de interacción, prácticas mortuorias y patrimonio biocultural. Asimismo, la incorporación progresiva de técnicas como microrrestos, isótopos y enfoques multiproxy ha ampliado la capacidad interpretativa del campo. La trayectoria de la disciplina muestra una reproducción de tendencias internacionales, aunque con ritmos y limitaciones propias, marcadas por desigualdades regionales y vacíos temáticos persistentes. En conjunto, el estudio plantea que la arqueobotánica nortea ha avanzado de un papel auxiliar hacia una consolidación disciplinaria más autónoma, contribuyendo a replantear narrativas arqueológicas nacionales desde perspectivas más inclusivas y complejas.

Palabras clave: arqueología regional, relaciones humano-planta, restos botánicos, trayectoria disciplinar

Abstract

This article examines the historiographic configuration of archaeobotany and paleoethnobotany in northern Mexico between 2000 and 2025 through a systematic review of the published literature, with the aim of identifying regional trends, methodological transformations, and distinctive features of the field. The analysis demonstrates that its development has been uneven and regionally differentiated, with more robust consolidation in the northwestern states of the country, compared with more localized trajectories in other areas. Although research continues to depend largely on broader archaeological projects, a significant transition can be observed from descriptive studies focused on taxonomic identification toward interdisciplinary approaches addressing subsistence, domestication, paleoenvironment, mobility, interaction spheres, mortuary practices, and biocultural heritage. Likewise, the progressive incorporation of techniques such as microremain analysis, isotopic studies, and multiproxy approaches has expanded the interpretive capacity of the field. The trajectory of the discipline reflects the adoption of international trends, although at rhythms and under limitations of its own, shaped by regional inequalities and persistent thematic gaps. Overall, this study argues that archaeobotany in northern Mexico has progressed from an auxiliary role toward greater disciplinary autonomy, contributing to the rethinking of national archaeological narratives from more inclusive and complex perspectives.

Keywords: regional archaeology, human-plant relations, botanical remains, disciplinary trajectory

Introducción

Durante los últimos veintiséis años, los estudios arqueobotánicos y paleoetnobotánicos desarrollados en el norte de México —dedicados a explorar las múltiples formas de relación entre las sociedades del pasado y el mundo vegetal (Ford, 1979; Hastorf, 1999)— se han desarrollado de forma irregular y desigual, con una producción académica menos visible y numéricamente más acotada que la de otros campos de la arqueología, como los estudios líticos o cerámicos. A ello se suma una dispersión temporal y territorial de los trabajos publicados, con estudios aislados de alcance variable y una circulación dispar de la producción académica asociada, en parte, a las condiciones de acceso y disponibilidad de los textos, lo que dificulta reconocer de manera integrada su desarrollo, así como las orientaciones teóricas y metodológicas que han acompañado la configuración del campo.

Este patrón no puede entenderse únicamente en términos de volumen o distribución de la producción académica, sino que remite a un problema historiográfico más amplio relacionado con el lugar que ha ocupado el norte de México en las narrativas arqueológicas nacionales e internacionales. Diversos autores han señalado cómo ciertos marcos interpretativos dominantes —en particular el canon mesoamericanista— han tendido a relegar estas regiones y sus evidencias a posiciones marginales dentro de los discursos académicos predominantes (Mendiola-Galván, 2008; Villalobos-Acosta, 2008; Ortega-León, 2020). En este contexto, analizar la evidencia botánica ofrece una vía para revisar de manera crítica los datos disponibles y proponer lecturas más situadas y contextualizadas de las sociedades del pasado.

A partir de este panorama, el presente trabajo examina la trayectoria disciplinar de la arqueobotánica y la paleoetnobotánica en el norte de México mediante un balance historiográfico sustentado en una revisión sistemática de la literatura publicada entre 2000 y 2025 (Figura 1).

En este sentido, dicha trayectoria se emplea como un conjunto de enfoques, prácticas analíticas y formas de producción de conocimiento que han estructurado estos estudios durante el periodo considerado. Esta aproximación asume la coexistencia de continuidades y procesos de cambio en el desarrollo disciplinar, en un sentido general del cambio científico, similar al propuesto por Kuhn (1962). Desde esta perspectiva, el análisis sigue una tradición de síntesis historiográfica ampliamente utilizada en arqueología (Trigger, 2006) que permite organizar la información de manera que se comprendan las transformaciones, persistencias metodológicas y rasgos regionales distintivos del campo.

Con base en estos planteamientos, el artículo se orienta a responder cómo se ha configurado este campo disciplinar durante el periodo seleccionado, centrándose en identificar tendencias generales y regionales que permitan reconocer sus principales transformaciones, persistencias metodológicas, rasgos distintivos y la incorporación de estos estudios en las investigaciones arqueológicas. A partir de ello, se plantea que la producción académica generada en las últimas décadas refleja un cambio significativo en el papel de la arqueobotánica en la región: de operar principalmente como un recurso auxiliar dentro de proyectos arqueológicos más amplios, ha avanzado progresivamente hacia su consolidación como un campo interdisciplinario.

Marco histórico y conceptual: paleoetnobotánica y arqueobotánica

El punto de partida de este marco se sitúa en la tradición norteamericana de la paleoetnobotánica. En particular, los trabajos de Richard I. Ford (1979), Christine A. Hastorf (1999), Deborah Pearsall (2015) y el balance más reciente de VonDerwarker et al. (2015) ofrecen lecturas historiográficas y conceptuales que permiten reconocer continuidades, rupturas y desplazamientos teóricos en distintos momentos del desarrollo de la disciplina, más que establecer



Figura 1. Distribución espacial de sitios arqueológicos con evidencia arqueobotánica reportada en publicaciones revisadas para el norte de México (2000–2025). Digitalización: M. América Martínez, mayo de 2026.

figuras fundacionales. Estas obras conforman balances críticos que sintetizan el estado del conocimiento y reflexionan sobre los alcances, limitaciones y proyecciones del campo, estableciendo un diálogo con estos autores como antecedente analítico y marco comparativo para extender una tradición de balances disciplinares hacia otros contextos regionales.

Surgimiento disciplinar en Norteamérica

Desde una perspectiva histórica, la paleoetnobotánica en Norteamérica surge de la convergencia entre la etnobotánica y la arqueología. Aunque el interés por las relaciones entre sociedades humanas y plantas tiene antecedentes desde inicios del siglo XIX, fue John W. Harshberger quien acuñó formalmente el término *etnobotánica* en 1895. Sin embargo, durante varias décadas esta información permaneció al margen de la práctica arqueológica. No fue sino hasta la década de 1930 cuando se produjo un cambio decisivo, impulsado por iniciativas como la de Carl E. Guthe, quien promovió la recolección sistemática de restos vegetales arqueológicos en el Museo de Antropología de la Universidad de Michigan (Ford, 1979).

En este contexto, los trabajos de Melvin R. Gilmore y especialmente el de Volney H. Jones (1941, p. 220) resultaron fundamentales, pues su informe (1936) demostró el potencial interpretativo de los restos vegetales y estableció estándares metodológicos que integraban botánica, etnografía y arqueología. Esta tradición estadounidense anticipó enfoques que posteriormente se articularon con la Ecología Cultural, sentando las bases para una arqueología ambiental más sistemática (Ford, 1979).

A partir de la década de 1950, la incorporación regular de restos biológicos en proyectos arqueológicos —como en el caso de Star Carr (Clark, 1954)— consolidó el estudio de las interacciones entre humanos y ambientes. Poco después, Helbaek (1959) introdujo el término *paleoethnobotánica*, en el marco de investigaciones multidisciplinarias que evidenciaban la necesidad de especialistas dedicados al análisis vegetal. En América, proyectos de gran escala como los de MacNeish en Tamaulipas (1958) y Tehuacán (et al., 1967) generaron volúmenes de evidencia botánica sin precedentes, lo que reforzó la especialización técnica y la colaboración interdisciplinaria.

Ford (1979) identifica dos grandes etapas en la historia de la disciplina. Antes de 1930, las investigaciones principalmente se centraban en descripciones de usos de plantas, orígenes de la agricultura y problemas relacionados con la difusión cultural. Posteriormente, con la ampliación de la evidencia empírica y el refinamiento metodológico, las preguntas se desplazaron hacia reconstrucciones paleoambientales, adaptaciones humanas, procesos económicos e ideológicos, y dinámicas culturales de mayor complejidad. Este tránsito marcó el paso de un enfoque descriptivo a uno procesual, ampliando de manera decisiva el alcance interpretativo de la paleoetnobotánica.

El desarrollo técnico fue un factor clave en esta transformación. La introducción y difusión de la flotación desde finales de los años sesenta revolucionó la recuperación de macrorrestos carbonizados, incrementando exponencialmente la cantidad de datos disponibles. Al mismo tiempo, este crecimiento planteó nuevos retos logísticos y analíticos en laboratorio, subrayando la importancia de protocolos de muestreo controlados y comparables. Desde entonces, la cooperación efectiva entre arqueólogos y especialistas en botánica se volvió una condición indispensable para integrar la evidencia vegetal en interpretaciones arqueológicas más amplias.

Paleoetnobotánica y Arqueobotánica: conceptos y alcances

Sobre esta base histórica se articulan las definiciones y matices conceptuales que distinguen —y a la vez vinculan— a la arqueobotánica y la paleoetnobotánica. En la tradición norteamericana, Richard I. Ford (1979) propuso una distinción operativa ampliamente retomada, según la cual la arqueobotánica se centra en la recuperación e identificación de restos vegetales procedentes de contextos arqueológicos (p. 299), mientras que la paleoetnobotánica enfatiza su análisis e interpretación en términos de las relaciones entre plantas y sociedades humanas (pp. 286–287).

Desde esta perspectiva, la paleoetnobotánica se define como el estudio de las interrelaciones directas entre humanos y plantas tal como se expresan en el registro arqueológico, con el objetivo de comprender procesos de adaptación cultural al mundo vegetal (Ford, 1979, pp. 286–287). Este enfoque trasciende la mera identificación de especies útiles y busca situar la evidencia botánica dentro de contextos sociales, económicos y ambientales específicos, atendiendo al impacto mutuo entre poblaciones humanas y plantas.

En términos metodológicos, los restos arqueobotánicos suelen agruparse en tres categorías principales: macrorrestos, como semillas, frutos y maderas visibles a simple vista; microrrestos, entre los que se incluyen polen, fitolitos y granos de almidón; y evidencias químicas, detectables en suelos, artefactos o restos óseos humanos, que informan sobre consumo, procesamiento y combustión de plantas (Ford, 1979, p. 301). La integración de estos distintos tipos de evidencia ha sido clave para el desarrollo posterior del campo.

Hastorf (1999) subraya que, en pocas décadas, la paleoetnobotánica pasó de ocupar un lugar marginal a convertirse en un componente central de la investigación arqueológica. Para la autora, este fortalecimiento se explica por la articulación de macro y microrrestos mediante un conjunto cada vez más amplio de técnicas analíticas, lo que ha permitido formular preguntas que exceden el ámbito doméstico e incorporar dimensiones sociales, políticas y simbólicas a la interpretación de la evidencia vegetal.

Pearsall (2015) retoma estas definiciones y enfatiza el carácter interdisciplinario del campo, al combinar enfoques arqueológicos y ecológicos. Su contribución fue fundamental para sistematizar procedimientos de recuperación, identificación e interpretación, destacando que las decisiones metodológicas adoptadas desde el trabajo de campo condicionan de manera decisiva la calidad de los resultados. Asimismo, reconoce el papel de la etnobotánica como antecedente directo y señala que la introducción de la flota-

ción por Struever en 1968 transformó profundamente la disciplina, al multiplicar los estudios arqueobotánicos en las décadas siguientes y volver obsoletas muchas investigaciones previas.

El balance de VonDerwarker et al. (2015) muestra que, desde finales del siglo XX, las distinciones terminológicas entre arqueobotánica y paleoetnobotánica se han vuelto más flexibles. Mientras que en el Nuevo Mundo predomina el uso del término paleoetnobotánica y en el Viejo Mundo el de arqueobotánica, ambos se emplean de manera intercambiable para referirse al estudio de las relaciones entre humanos y plantas en el pasado. En este contexto, los autores destacan la ampliación del alcance interpretativo del campo mediante la integración de macrorrestos, microrrestos y evidencias moleculares, lo que ha permitido identificar con mayor precisión procesos de domesticación, manejo vegetal y estrategias de subsistencia. El uso de técnicas cuantitativas más complejas ha favorecido interpretaciones menos lineales, superando la dicotomía rígida entre recolección y agricultura, revelando agroecosistemas mixtos y trayectorias regionales diversas. Como resultado, la disciplina se ha incorporado plenamente a debates de arqueología social, abordando temas como producción de alimentos, género, identidad, ritualidad, política y trabajo, al tiempo que abre líneas emergentes de investigación, como el estudio de maderas en relación con el cambio climático y la atención a ecosistemas agroforestales y bosques.

En conjunto, las definiciones y enfoques de Ford (1979), Hastorf (1999), Pearsall (2015) y VonDerwarker et al. (2015) evidencian una disciplina caracterizada por la diversidad metodológica y conceptual, más que por un marco teórico único. Lejos de ser una debilidad, esta pluralidad ha permitido que la paleoetnobotánica amplíe progresivamente su campo de acción, incorporando temas como género, identidad, ritualidad, economía política y cambio ambiental.

A partir de este recorrido, en el presente trabajo se adopta una postura conceptual que reconoce la dis-

tinción analítica entre arqueobotánica y paleoetnobotánica, sin concebirse como campos excluyentes ni jerárquicamente separados. En consonancia con los aportes de Hastorf (1999), Pearsall (2015) y VonDerwarker et al. (2015), se asume que en la práctica contemporánea ambas denominaciones operan de manera estrechamente articulada y que su diferenciación responde, en muchos casos, a convenciones académicas más que a divergencias conceptuales sustantivas. Desde esta perspectiva integradora, la evidencia botánica —macro, micro o química— se concibe como un componente central para la interpretación de procesos sociales, económicos y ambientales del pasado, permitiendo situar el desarrollo reciente de la disciplina en el norte de México dentro de una continuidad historiográfica crítica, atenta a sus particularidades regionales.

Investigaciones pioneras en México y el Norte

Los antecedentes de la paleoetnobotánica y arqueobotánica en México se sitúan en proyectos arqueológicos desarrollados principalmente por investigadores estadounidenses a mediados del siglo XX, quienes introdujeron metodologías de la época para la recuperación y análisis de restos vegetales. Uno de los primeros y más influyentes fue el trabajo de Richard S. MacNeish en la Sierra de Tamaulipas entre 1945 y 1949, plasmado en la publicación *Preliminary Archaeological Investigations in the Sierra de Tamaulipas, Mexico* (MacNeish, 1958). En este proyecto, la preservación excepcional de contextos en cuevas secas permitió documentar de manera detallada materiales perecederos —textiles, cordelería, cestería, madera y arquitectura ligera— y reconstruir aspectos tecnológicos y económicos generalmente ausentes en otros registros arqueológicos del país.

De particular relevancia fue la recuperación sistemática de macrorrestos botánicos que permitió identificar tanto plantas silvestres asociadas a estrategias de caza y recolección —cícadas, agaves, nopales y otras cactáceas— como cultígenos tempranos, entre ellos

calabaza (*Cucurbita pepo*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), yuca (*Manihot esculenta*, reportada como *Manihot dulcis* en la literatura temprana), así como algunas razas de maíz (*Zea mays* ssp. *mays*). Esta evidencia pone de manifiesto una transición gradual desde economías basadas en el aprovechamiento intensivo de recursos silvestres hacia prácticas de agricultura incipiente en el noreste de México (MacNeish, 1958).

Sobre estas bases metodológicas y conceptuales, algunos años después se desarrolló el Proyecto Arqueológico-Botánico del Valle de Tehuacán (1961–1964), dirigido también por MacNeish y publicado en *The Prehistory of the Tehuacán Valley, Volume One: Environment and Subsistence* (1967). Este proyecto consolidó un enfoque plenamente interdisciplinario orientado al estudio de los orígenes de la agricultura en Mesoamérica, mediante la recuperación sistemática de restos orgánicos en cuevas secas. Los análisis de maíz, frijol, cucurbitáceas, algodón, plantas no cultivadas y coprolitos permitieron documentar procesos de domesticación de larga duración, reconstruir dietas, prácticas de manejo vegetal, y establecer una secuencia cultural continua desde los primeros asentamientos hasta épocas históricas (MacNeish, 1967). De esta manera, Tehuacán se convirtió en el corpus fundacional de la arqueobotánica mesoamericana.

Un avance clave en la comprensión de las economías arcaicas provino del estudio de la cueva Guilá Naquitz, en Oaxaca, dirigido por Kent Flannery y plasmado en la obra *Archaic Foraging and Early Agriculture in Oaxaca, Mexico* (Flannery, 1986). La integración del análisis de macro y microrrestos botánicos documentó estrategias de subsistencia entre ca. 10 000 y 5 000 a.C., así como evidencias tempranas del manejo del género *Cucurbita* y gramíneas relacionadas con el maíz. Este proyecto consolidó un modelo sistémico de domesticación que enfatiza la interacción entre ambiente, disponibilidad de recursos, decisiones culturales y manejo de plantas, reafirmando el valor interpretativo de los materiales perecederos en la arqueología mexicana (Flannery, 1986).

A partir de la década de 1970, la paleoetnobotánica y arqueobotánica en México comenzó a institucionalizarse mediante la creación de laboratorios y el desarrollo de líneas de investigación propias. En este proceso destaca la labor de Emily McClung, quien realizó uno de los primeros estudios paleoetnobotánicos sistemáticos en contextos urbanos del centro de México a partir de materiales de Teotihuacán (McClung, 1977). Sus análisis permitieron reconstruir patrones de subsistencia, documentar una amplia diversidad de plantas comestibles de uso económico y evaluar redes de intercambio a larga distancia. Posteriormente, McClung (1985) ofreció una revisión crítica del estado de las investigaciones arqueobotánicas en Mesoamérica y Centroamérica, señalando la desigual distribución de datos y la necesidad de fortalecer el campo desde perspectivas regionales. Desde el Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente de la UNAM¹, fundado en 1976, su trabajo ha contribuido de manera decisiva a la consolidación de la disciplina en México (Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México (s. f.).

En un contexto institucional distinto se inscriben las investigaciones de Aurora Montúfar López en el INAH², desarrolladas desde la segunda mitad de la década de 1980. Sus estudios polínicos y paleobotánicos en regiones como la Alta Babícora (1987a) y el Bolsón de Mapimí (1987b), así como su participación en la obra *Estudios palinológicos y paleobotánicos* (1985), se orientaron a comprender la relación entre la naturaleza y el desarrollo humano en tiempos prehistóricos. Aunque estos trabajos no se adscriben aún a una paleoetnobotánica plenamente definida, representan un momento importante en la incorporación de enfoques biológicos y en el fortalecimiento de capacidades técnicas dentro de la arqueología mexicana.

¹ Universidad Nacional Autónoma de México

² Instituto Nacional de Antropología e Historia

En conjunto, estos antecedentes muestran una trayectoria que va desde proyectos pioneros impulsados por la escuela estadounidense hacia la consolidación gradual de enfoques, prácticas y espacios institucionales propios en México, sentando las bases para el desarrollo contemporáneo de la paleoetnobotánica y arqueobotánica para su aplicación en regiones históricamente menos atendidas.

De manera casi paralela a la consolidación de estos enfoques, en el norte de México se desarrollaron investigaciones arqueológicas de carácter exploratorio que incorporaron tempranamente el registro y análisis de restos vegetales, como se muestra a continuación.

Los trabajos pioneros relacionados con el estudio de restos vegetales en dicha región se desarrollaron en el marco de estudios arqueológicos realizados por investigadores estadounidenses durante las décadas de 1930 a 1960, cuando la paleoetnobotánica aún se encontraba en una fase inicial de definición metodológica. Estos trabajos no se concibieron como estudios paleoetnobotánicos o arqueobotánicos en sentido estricto, pero incorporaron observaciones, identificaciones y análisis especializados de materiales vegetales que hoy permiten reconocer los primeros acercamientos al tema, frecuentemente con el apoyo de Volney H. Jones, figura central en el desarrollo inicial de la disciplina.

Uno de los antecedentes más tempranos corresponde al trabajo de Robert M. Zingg en el sur de Chihuahua, basado en investigaciones de campo realizadas en 1931 y publicadas en *Report on Archaeology of Southern Chihuahua* (Zingg, 1940). El estudio carece de un marco analítico formal para los restos botánicos, pero destaca por integrar identificaciones especializadas realizadas por Volney H. Jones, lo que permitió documentar una amplia variedad de evidencias vegetales procedentes principalmente de cuevas en la región tarahumara. Entre los materiales registrados se incluyen mazorcas de maíz con rasgos in-

termedios entre tipos flint y semidentado, hojas de maíz atadas, cordelería y textiles de agave, semillas asociadas a contextos funerarios, recipientes vegetales con pigmentos, así como cestería elaborada con sauce, yuca, nolina y agave. Aunque las interpretaciones se apoyan en analogías etnográficas y comparaciones con el suroeste estadounidense, el informe ofrece un testimonio temprano sobre el uso y manejo de plantas en Chihuahua (Zingg, 1940).

De manera paralela, y dentro de esta misma etapa temprana del desarrollo de investigaciones sobre restos vegetales en el norte de México, en Tamaulipas, el proyecto arqueológico de Richard S. MacNeish durante la década de 1940 dio lugar a cinco publicaciones en las que se describen hallazgos de maíces, frijoles, calabazas y otras plantas relacionadas con la agricultura y la recolección. La primera de estas publicaciones, *Archaeological Evidence on the Diffusion and Evolution of Maize in Northeastern Mexico*, desarrollada por Paul C. Mangelsdorf, Richard S. MacNeish y Walton C. Galinat, analiza los hallazgos de maíces en la Cueva de la Perra. Los restos encontrados consisten en olotes enteros y fragmentados, brácteas de mazorcas y bagazos. Se identificaron las razas Nal-Tel, Dzit-Bacal y Breve de Padilla, siendo Nal-Tel la más predominante, con dos variedades, Nal-Tel Temprano y Nal-Tel Tardío. Adicionalmente, se reporta que los ejemplares más antiguos se asocian con una datación de 4450 ± 180 a.p. (Mangelsdorf et al., 1956).

Pocos años después, William C. Massey publicó *Brief Report on Archaeological Investigations in Baja California* (Massey, 1947), uno de los primeros trabajos arqueológicos que registran de manera explícita restos vegetales en la península. En la Región del Cabo documentó esteras de corteza, cuerdas trenzadas, fibras y otros materiales vegetales asociados a enterramientos secundarios en cuevas, evidenciando el papel de estos recursos en prácticas mortuorias. En la meseta volcánica reportó además el hallazgo de dos mazorcas de maíz en el sitio BC 57, cuya identificación bo-

tánica fue realizada por Edgar Anderson, quien señaló su similitud con variedades históricas asociadas a grupos del suroeste y del noroeste de México. Así, este registro representa una de las primeras menciones publicadas de maíz en contextos arqueológicos de Baja California (Massey, 1947).

Durante la misma década, Lila M. O'Neale publicó *Textiles of Pre-Columbian Chihuahua* (O'Neale, 1948), un estudio centrado en el análisis tecnológico de 32 textiles atribuidos al suroeste de la Sierra Madre Occidental. El trabajo no aborda directamente problemas de subsistencia ni agricultura, sin embargo, aporta información relevante sobre fibras vegetales, técnicas de hilado, tejidos y procesos de teñido. No obstante, la falta de contexto arqueológico confiable —derivada de la extracción ilegal de las piezas— limitó las interpretaciones cronológicas y culturales, pero el rigor descriptivo del análisis lo convierte en una referencia temprana para el estudio de materiales vegetales en la arqueología de Chihuahua (O'Neale, 1948).

Entre 1952 y 1955, Robert H. Lister llevó a cabo investigaciones sistemáticas en cuevas del norte de Chihuahua y Sonora, publicadas como *Archaeological Excavations in the Northern Sierra Madre Occidental, Chihuahua and Sonora, Mexico* (Lister, 1958). El objetivo principal de la investigación fue evaluar el papel de la Sierra Madre Occidental como corredor cultural, a partir de excavaciones con control estratigráfico, el tamizado y la recuperación cuidadosa de materiales perecederos que permitieron integrar restos vegetales en interpretaciones arqueológicas más sólidas. Se documentaron artefactos elaborados con calabaza, fibras de yuca, algodón y otras plantas locales, así como formas tempranas de maíz analizadas por especialistas como Mangelsdorf y Cutler. Estos datos sugieren procesos de difusión agrícola y un manejo avanzado de recursos vegetales en la región serrana (Lister, 1958).

Otro avance metodológico significativo se observa en

el estudio *Archaeological Cucurbitaceae from a Cave in Southern Baja California*, por Thomas W. Whitaker sobre cucurbitáceas arqueológicas procedentes de la cueva Loreto-1, en el sur de Baja California (Whitaker, 1957). Influido por el desarrollo temprano de la paleoetnobotánica en Estados Unidos y por su relación con Volney Jones, Whitaker aplicó métodos de observación microscópica, comparación morfológica y datos etnobotánicos donde identificó fragmentos de *Lagenaria siceraria* y *Crescentia cujete*, y destacó la ausencia de *Cucurbita*, un resultado inesperado dada la ecología regional. Aunque el conjunto proviene de un contexto tardío y es cuantitativamente limitado, el estudio introdujo un enfoque analítico especializado que dio mayor profundidad a los registros previos de Massey (Whitaker, 1957).

En ese mismo año, y ampliando esta línea de investigación hacia otros contextos del norte de México, Thomas W. Whitaker, junto con Hugh C. Cutler y Richard S. MacNeish publicaron los resultados del análisis de restos de semillas, cáscaras y pedúnculos de calabazas procedentes de tres sitios excavados previamente por el último autor en el municipio de Ocampo, Tamaulipas. El análisis permitió distinguir tres especies domesticadas del género *Cucurbita* (*Cucurbita pepo*, *Cucurbita mixta* y *Cucurbita moschata*), una silvestre (*Cucurbita foetidissima*), así como *Lagenaria siceraria*. Tanto *Cucurbita pepo* como *Lagenaria siceraria* fueron los taxa con mayor presencia en todas las fases culturales propuestas para los sitios; sin embargo, los hallazgos de *Cucurbita pepo* demostraron que la presencia de esta especie antecede al maíz en la región, remontándose hasta un período comprendido entre los años 7500-9000 a.C. (Whitaker et al., 1957).

En esta misma zona, tres años después, Lawrence Kaplan y Richard S. MacNeish examinaron la diversidad de restos de frijoles recuperados en las cuevas de Romero, Valenzuela y Ojo de Agua. Se documentaron tres variedades domesticadas de *Phaseolus vulgaris*, así como la presencia de *Phaseolus lunatus*

(también domesticado) y *Phaseolus coccineus* (silvestre). El trabajo señala, además, que *Phaseolus coccineus* es la especie con mayor antigüedad a lo largo de las fases culturales de los sitios. Por otro lado, se presume que *Phaseolus vulgaris* tuvo mayor importancia para la agricultura de la región e incluso aparece antes de la evidencia arqueológica de la cerámica, mientras que *Phaseolus lunatus* se incorpora de manera más tardía al registro arqueológico y parece no haber sido tenido un papel relevante para la agricultura regional (Kaplan & MacNeish, 1960).

Por otro lado, la excavación de Waterfall Cave, al sur de Chihuahua, realizada por Robert Ascher y Francis J. Clune Jr. en 1958 y publicada en 1960, marca uno de los antecedentes más sólidos para la paleoetnobotánica del noroeste mexicano. Aunque el proyecto no tuvo como eje central el análisis botánico, la excavación controlada permitió recuperar textiles asociados a entierros, restos vegetales cultivados y silvestres —maíz, frijol, calabaza, calabaza botella, yuca y cactus— y fragmentos de materia fecal humana (Ascher & Clune, 1960). El estudio especializado de las plantas cultivadas, realizado por Hugh Cutler, identificó una diversidad de razas de maíz, con predominio de Pima-Pápagu y presencia de Chapalote, Reventador y posibles ejemplares de maíz Pueblo, interpretadas como evidencia de interacción regional a lo largo de la Sierra Madre Occidental alrededor del 1000 d. C. (Cutler, 1960). La asociación con cerámica Mogollón-Casas Grandes permitió proponer una ocupación entre ca. 1000 y 1600 d. C., y evidenció el valor interpretativo de los restos vegetales en excavaciones controladas, aun en ausencia de una estratigrafía clara (Ascher & Clune, 1960).

Más al sur, en el estado de Durango, en el marco del Proyecto Río Zape o Excavaciones en el Valle del Río Zape, Richard H. Brooks junto con Lawrence Kaplan, Hugh Cutler y Thomas Whitaker, publicaron en 1962 los resultados del análisis de macrorrestos vegetales procedentes de las excavaciones realizadas en la Cueva de los Muertos Chiquitos, ubicada en Guana-

ceví. Este proyecto, enfocado en contextos asociados a la cultura Loma San Gabriel, destacó por integrar análisis interdisciplinarios de restos vegetales, coprolitos, textiles y otros materiales, convirtiéndose en una de las investigaciones más relevantes para comprender prácticas agrícolas, estrategias de recolección y procesos de adaptación humana en el noroeste de Durango. Dentro de este marco, el estudio arqueobotánico especializado permitió documentar diversas plantas domesticadas, entre ellas tres especies de frijoles, dos de calabazas y cinco razas de maíz, además de múltiples especies silvestres de probable aprovechamiento, correspondientes a una ocupación fechada hacia el año 600 d.C. (Brooks et al., 1962).

Posteriormente, en Tamaulipas, Paul C. Mangelsdorf, Richard S. MacNeish y Walton C. Galinat publicaron los resultados del análisis de macrorrestos de maíz procedentes de algunos sitios del Cañón del Infiernillo, en Ocampo. En este estudio se identificaron seis razas de maíz, entre ellas Breve de Padilla, Chapalote, Harinoso de Ocho, Nal-Tel y Tuxpeño; tres variedades de la raza Chapalote, Pre-Chapalote, Chapalote Temprano y Chapalote Tripsacoides; teocintle (*Zea* sp.); ejemplares del género *Tripsacum*; así como algunos híbridos entre maíz y teocintle. Asimismo, se destaca la amplia presencia de la raza Chapalote y sus variedades a lo largo de las fases culturales en la región. Este patrón contrasta con lo observado en la Cueva de la Perra, donde la raza Nal-Tel es predominante, lo que llevó a los autores a proponer que ambos sitios pudieron ser ocupados por culturas distintas (Mangelsdorf et al., 1967).

Años más tarde, a inicios de la década de 1970 y en continuidad con los estudios derivados del *Proyecto Arqueológico de la Sierra de Tamaulipas*, Eric O. Callen dio a conocer los resultados del análisis del contenido de coprolitos procedentes de las cuevas de Romero y Valenzuela, incorporando una perspectiva paleobotánica especializada que amplió significativamente el alcance metodológico de las investigaciones

previas. Las muestras analizadas abarcan una extensa secuencia cultural, desde la fase Infiernillo (7000–5000 a.C.) hasta la fase San Lorenzo (1000–1500 d.C.), lo que permitió examinar transformaciones de largo plazo en los patrones de subsistencia regionales. Entre las plantas potencialmente comestibles más abundantes y recurrentes identificadas destacan *Agave* sp., *Capsicum* sp., *Cucurbita* sp., *Opuntia* sp., *Phaseolus* sp. y *Setaria* sp., cuya presencia permitió reconstruir con mayor precisión aspectos relacionados con la dieta, el consumo vegetal y las estrategias económicas de las poblaciones humanas a lo largo de varios milenios en esta región del noreste de México (Callen, 1970).

Dentro de los primeros años de dicha década, en el estado de Coahuila, el primer estudio formal de arqueobotánica en la región fue publicado por Vaughn M. Bryant Jr., quien en 1975 reportó los resultados del análisis de polen obtenido de 47 coprolitos humanos procedentes de la Cueva La Espantosa. La antigüedad de los coprolitos se estimó dentro de un amplio rango cronológico que abarca desde 7500 a.C. hasta 300 d.C., lo que permitió abordar una prolongada secuencia ocupacional. A partir de este análisis, fue posible reconstruir antiguos patrones alimenticios, inferir periodos de ocupación del sitio y distinguir entre polen de origen antrópico y ambiental (Bryant, 1975).

Este estudio, inserto en el marco de las investigaciones arqueológicas desarrolladas en la Región de La Laguna y el Bolsón de Mapimí —particularmente en cuevas de Coahuila vinculadas a exploraciones del Desierto Chihuahuense—, destacó por haber introducido una dimensión metodológica más especializada en el desarrollo temprano de la arqueobotánica del norte de México.

Finalmente, de manera similar, Vaughn M. Bryant Jr. y David H. Riskind realizaron un estudio del polen presente en sedimentos excavados por Jeremiah F. Epstein en la Cueva de la Zona de los Derrumbes, ubicada en el municipio de Iturbide, Nuevo León (Bryant

& Riskind, 1980), como parte del proyecto arqueológico *Archaeological Survey and Excavations in Southern Nuevo León*. Esta investigación, orientada al estudio de estrategias de subsistencia, movilidad y adaptación en ambientes montañosos del noreste mexicano, es la primera publicación de carácter arqueobotánico para dicho estado.

La contribución de Bryant y Riskind conformó la vertiente palinológica especializada del proyecto al incorporar análisis de polen sedimentario para reconstruir paleoambientes, evaluar el uso potencial de recursos vegetales y comprender dinámicas de ocupación humana. La datación de muestras de carbón asociadas al polen indicó una ocupación prehispánica del sitio con fechas de 2890 ± 220 a.C. y 785 ± 75 d.C. correspondientes a los momentos más temprano y tardío, respectivamente. Asimismo, el estudio discutió el origen de la diversidad palinológica registrada, infiriendo una posible presencia mayor de plantas arbóreas en las inmediaciones, como *Pinus* spp., además del potencial aprovechamiento comestible de plantas con polen zoófilo, entre ellas *Agave* sp., *Dasyllirion* sp., *Neltuma* sp. y *Opuntia* sp. (Bryant & Riskind, 1980).

Materiales y métodos

El abordaje metodológico de esta investigación combinó herramientas de investigación documental con un enfoque mixto, en el que los análisis cuantitativos y cualitativos se articularon como elementos complementarios para ordenar, contrastar e interpretar la producción académica revisada (Creswell & Plano Clark, 2011; Trigger, 2006). Por medio de esta articulación, se identificaron tendencias generales, patrones regionales, distintos niveles en los que se han incorporado los datos arqueobotánicos y transformaciones metodológicas en el desarrollo reciente de la disciplina.

Criterios de búsqueda, selección y sistematización de la información

La revisión se orientó a identificar estudios arqueobotánicos y paleoetnobotánicos vinculados al análisis de las interacciones entre humanos y plantas en contextos arqueológicos del norte de México. Se incluyeron artículos científicos, libros, capítulos de libro y tesis académicas en inglés y español; mientras que se excluyeron trabajos centrados en representaciones vegetales en arte rupestre, revisiones narrativas sin aportes inéditos, estudios basados exclusivamente en fuentes etnohistóricas, e informes técnicos institucionales³—como los del INAH— debido a sus restricciones de acceso y marco legislativo, considerados como literatura gris (Lawrence et al., 2014); así como aquellos en los que la evidencia arqueobotánica se limita a menciones incidentales, hallazgos aislados o líneas de evidencia complementarias. La sola presencia y recuperación de restos vegetales en contextos arqueológicos tampoco se consideró suficiente para clasificarlo como un estudio arqueobotánico, aunque estas evidencias son susceptibles de análisis.

La estrategia de búsqueda se estructuró a partir de un conjunto de palabras clave en español e inglés que abarcan tanto denominaciones disciplinares como enfoques temáticos y técnicos, entre ellas: arqueobotánica, paleoetnobotánica, restos macrobotánicos y microbotánicos, artefactos de origen vegetal, isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$), uso de plantas, subsistencia, agricultura o recolección. Estas búsquedas se realizaron en repositorios y acervos digitales nacionales e internacionales, incluyendo la Mediateca del INAH, Google Scholar, Dialnet, Redalyc, SciELO, ScienceDirect, Scopus, SpringerLink, repositorios institucionales de universidades como las de California, Arizona, Nuevo México, Texas y UNAM, así como The Digital Archaeology Record (tDAR) (Petticrew & Roberts, 2006).

Con el fin de asegurar consistencia metodológica y comparabilidad regional, se aplicó una estrategia de

búsqueda homogénea para todas las entidades consideradas. Las variaciones se limitaron al ajuste de topónimos y a la inclusión de nombres de investigadores clave por entidad, evitando sesgos derivados de la sobre o subrepresentación regional y garantizando la reproducibilidad del estudio (Petticrew & Roberts, 2006).

Cabe señalar que, aunque diversos trabajos se identificaron a partir de los criterios establecidos, no todos estuvieron disponibles en texto completo debido a restricciones de acceso o pago. Esta limitación se reconoce como un factor estructural en la circulación del conocimiento científico, particularmente relevante en el contexto de la producción académica latinoamericana (Alperin, 2015). Asimismo, la revisión permitió identificar trabajos que incorporan líneas de evidencia arqueobotánica de carácter complementario, por lo que no se integraron en la sistematización del corpus analítico central, aunque sí fueron considerados para reconocer las distintas formas y niveles de integración de la evidencia arqueobotánica en investigaciones arqueológicas de alcance más amplio.

Una vez seleccionada la literatura pertinente, la información se organizó en una matriz en formato Excel para centralizar y sistematizar los estudios desde una doble dimensión: cuantitativa y cualitativa. Las variables registradas incluyeron datos generales de la producción (autoría, año⁴, institución asociada y tipo de obra), características del contexto arqueológico (entidad, tipo de sitio, temporalidad⁵ y grupo cultural), así como aspectos metodológicos y analíticos (métodos de recuperación, técnicas empleadas, tipos de evidencia botánica y especies identificadas). En correspondencia con estas variables, se definieron una serie de ejes temáticos⁶ que orientaron la lectura comparativa de la literatura, entre ellos subsistencia, dieta, agricultura, domesticación, paleoambiente,

³ Consideramos que este tipo de producción académica merece un abordaje metodológico propio.

⁴ Para fines analíticos y de presentación de resultados, los años de publicación se agruparon en tres rangos temporales: 2000–2009, 2010–2019 y 2020–2025.

reconstrucción de paisajes, economía, organización social, ritualidad, simbolismo, patrimonio biocultural y conservación. Este esquema permitió una lectura sistemática y comparativa de la información, facilitando la identificación de regularidades, contrastes, vacíos en el desarrollo regional del campo y niveles de integración (Shennan, 1997).

Estrategias de análisis

El análisis de la información se desarrolló mediante dos niveles complementarios entre sí, seguidos de una fase de integración interpretativa.

El análisis cuantitativo se orientó a identificar patrones generales y tendencias de la producción arqueobotánica y paleoetnobotánica entre 2000 y 2025, a partir del conteo y clasificación de variables como número de publicaciones, tipo de obra, idioma, autoría y adscripción institucional. Con base en la información registrada en la matriz de datos, se elaboraron estadísticas descriptivas —frecuencias absolutas, promedios y porcentajes— organizadas por periodos (2000–2009, 2010–2019, 2020–2025) y por entidad federativa, lo que permitió visualizar concentraciones, dispersiones y desigualdades regionales en el desarrollo del campo (Shennan, 1997).

Por su parte, el análisis cualitativo se orientó al examen de los planteamientos metodológicos, a las interpretaciones desarrolladas en la literatura revisada, con el fin de reconocer los marcos conceptuales predominantes, las maneras en que se han conceptualizado las relaciones entre humanos, plantas y entorno en distintos contextos arqueológicos, así como las

distintas formas y niveles en que la evidencia arqueobotánica se ha integrado a investigaciones arqueológicas de alcance más amplio (Guest et al., 2012).

La integración de ambos niveles de análisis permitió elaborar síntesis comparativas por entidad federativa, en las que se reconocen continuidades, rupturas y vacíos en el desarrollo regional de la disciplina. Finalmente, los resultados se discutieron mediante una comparación conceptual-metodológica con los planteamientos sobre la arqueobotánica y la paleoetnobotánica (Ford, 1979; Pearsall, 2015; Hastorf, 1999; VonDerwarker et al., 2015), lo que permitió evaluar en qué medida los estudios recientes reproducen, transforman o amplían dichos marcos conceptuales, y caracterizar la orientación general de la disciplina en la región.

Resultados

⁶ **Subsistencia y dieta:** se orienta a inferir patrones alimenticios de las sociedades del pasado mediante la identificación del papel de las plantas en la dieta y las estrategias de aprovechamiento. Incluye tanto el consumo directo como la transformación de recursos vegetales para elaborar objetos utilitarios y las adaptaciones culturales asociadas a estas prácticas.

Agricultura y domesticación: aborda los procesos que llevaron al cultivo, manejo y selección de especies vegetales. También examina los inicios y etapas incipientes de la agricultura, así como los distintos grados de intervención humana en la domesticación de plantas.

Paleoambiente y reconstrucción de paisajes: estudia las transformaciones de los entornos naturales y culturales con el fin de reconocer elementos de los paisajes antiguos, a partir del análisis de las interacciones entre ambiente y ocupaciones humanas; es decir, de las relaciones entre las condiciones ambientales y las formas en que las sociedades se desarrollaron, aprovecharon y transformaron sus entornos.

Economía y organización social: analiza cómo el uso, manejo y distribución de plantas en distintos contextos arqueológicos reflejan dinámicas de producción, intercambio, movilidad y especialización. Estos patrones permiten estudiar formas de organización social en ámbitos domésticos, comunitarios y de élite, tanto a escala local como regional.

Ritualidad y simbolismo: investiga el empleo ceremonial, ideológico o religioso de plantas en las sociedades del pasado, asociado a prácticas rituales y expresiones simbólicas.

Patrimonio biocultural y conservación: vincula los hallazgos arqueobotánicos con la continuidad de prácticas etnobotánicas contemporáneas, destacando la persistencia de saberes y usos tradicionales de las plantas. Este enfoque resalta el valor cultural, histórico, biológico y ecológico de estas herencias bioculturales y su relevancia para la conservación.

⁵ De manera análoga, la temporalidad de los sitios arqueológicos se organizó en tres grandes rangos cronológicos operativos para el norte de México: prehistórico (contextos anteriores a ca. 2000 a.C.), prehispánico (ca. 2000 a.C. hasta el siglo XVI) e histórico (posteriores al contacto europeo). Esta clasificación se empleó únicamente con fines analíticos y de sistematización comparativa, sin atribuir a cada periodo características culturales, tecnológicas o económicas homogéneas, dado que la diversidad regional del norte de México presenta trayectorias históricas y desarrollos socioculturales muy variables como se podrá apreciar más adelante.

Los resultados se organizan en función de las características analíticas de los estudios y de la producción académica considerada, a partir del cálculo de frecuencias absolutas y relativas, promedios, distribuciones temporales y conteos simples por categorías; así como por resúmenes por entidad federativa de carácter sintético, orientados a identificar patrones regionales, énfasis temáticos, contextos arqueológicos y rasgos distintivos de la investigación arqueobotánica en cada caso.

En total, se registraron 45 estudios de índole arqueobotánico para el norte de México (Apéndice 1⁷). Su distribución espacial muestra una marcada desigualdad en la cantidad de publicaciones científicas entre entidades federativas (Figura 2). Los mayores registros corresponden a Chihuahua ($n = 10$) y Sonora ($n = 9$), ambos ubicados en el noroeste del país; por su parte, la región noreste —integrada por Coahuila ($n = 4$), Nuevo León ($n = 6$) y Tamaulipas ($n = 5$)— junto con Durango ($n = 4$) y Baja California ($n = 4$), presentan un número moderado de publicaciones. En contraste, Baja California Sur ($n = 3$) concentra un número bajo de trabajos. Para el estado de Sinaloa no se identificaron publicaciones con datos arqueobotánicos.

Esta distribución espacial se complementa con el análisis temporal de la producción. El promedio anual de publicaciones para el periodo 2000–2025 es de 1.73. Al agrupar los estudios por décadas, se observa que el lapso 2000–2009 registra el menor número de trabajos ($n = 13$), seguido por el periodo 2020–2025 ($n = 15$), mientras que entre 2010–2019 se presenta el mayor número de publicaciones ($n = 17$).

⁷ El corpus principal no pretende ser un inventario exhaustivo de las publicaciones que han generado o incorporado evidencia arqueobotánica en el norte de México, sino examinar la trayectoria y desarrollo disciplinar de la arqueobotánica propiamente dicha en la región. La ausencia de un trabajo en esta tabla no implica su exclusión de la revisión.

Sin embargo, esta agregación por décadas muestra una marcada variabilidad interanual, pues la frecuencia de publicaciones fluctúa a lo largo del tiempo analizado, sin que se observe una tendencia sostenida de crecimiento o disminución (Figura 3). De manera específica, se identifica la ausencia de publicaciones en cuatro años no consecutivos, así como la presencia de algunos picos destacados. En este sentido, el año 2000 y 2015 presentaron 4 publicaciones cada uno, mientras que en el 2005 se publicaron 3 estudios; y el año 2020 alcanzó el valor máximo de toda la serie con 6 publicaciones. Posteriormente, en 2021 y 2022 la producción desciende a un solo estudio por año, seguida de un repunte moderado entre el 2023 y 2024, con 3 y 4 publicaciones respectivamente.

Por otro lado, la producción se distribuye casi de manera equitativa entre publicaciones en español ($n = 22$) y en inglés ($n = 23$). Puntualmente, Chihuahua se presenta como la entidad con mayor número de trabajos publicados en inglés (Tabla 1). Asimismo, la tipología documental está dominada por artículos en revistas científicas y capítulos de libro, mientras que las tesis doctorales representan el tipo menos frecuente (Figura 4).

Desde la perspectiva de la autoría institucional, las publicaciones recopiladas involucran la participación de 76 investigadores, considerados tanto como autores principales como coautores (Apéndice 1). El 52.26% ($n = 40$) corresponde a hombres y el 47.36% son mujeres ($n = 36$).

A su vez, se identificaron 32 instituciones distintas —sin considerar subdivisiones internas como departamentos, laboratorios, centros regionales— pertenecientes a 6 países (Apéndice 1), donde predominan las universidades estadounidenses (Figura 5); no obstante, en el contexto nacional, el INAH concentra el mayor número de registros con 16 publicaciones asociadas.

Estudios arqueobotánicos en el norte de México

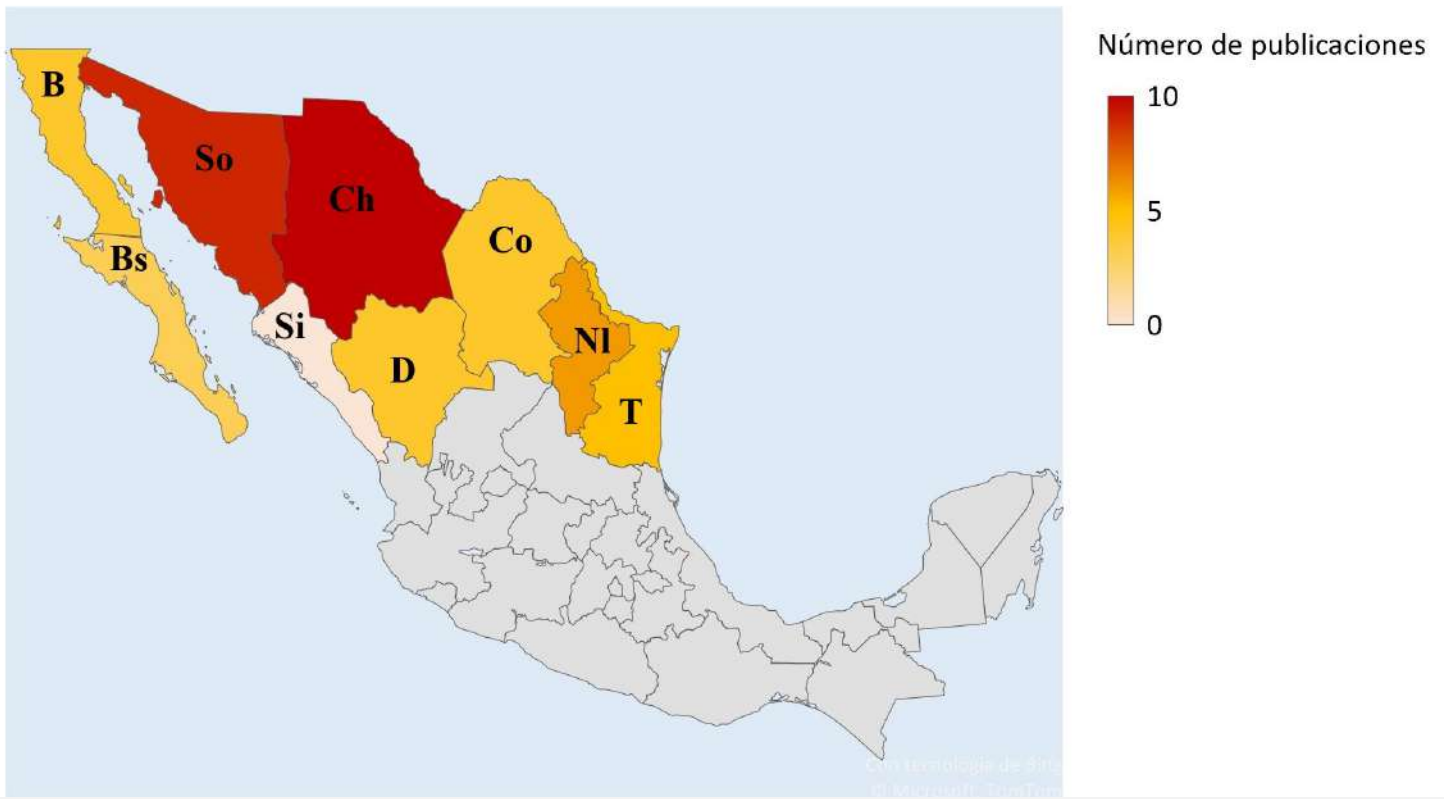


Figura 2. Mapa coroplético sobre la distribución de los estudios arqueobotánicos en el norte de México. Niveles de actividad arqueobotánica según el número de publicaciones: Alto (8-10), Medio (4-6), Bajo (1-3) y Nulo (0). B: Baja California; Bs: Baja California Sur; Ch: Chihuahua; Co: Coahuila; D: Durango; NI: Nuevo León; T: Tamaulipas; SI: Sinaloa; So: Sonora.

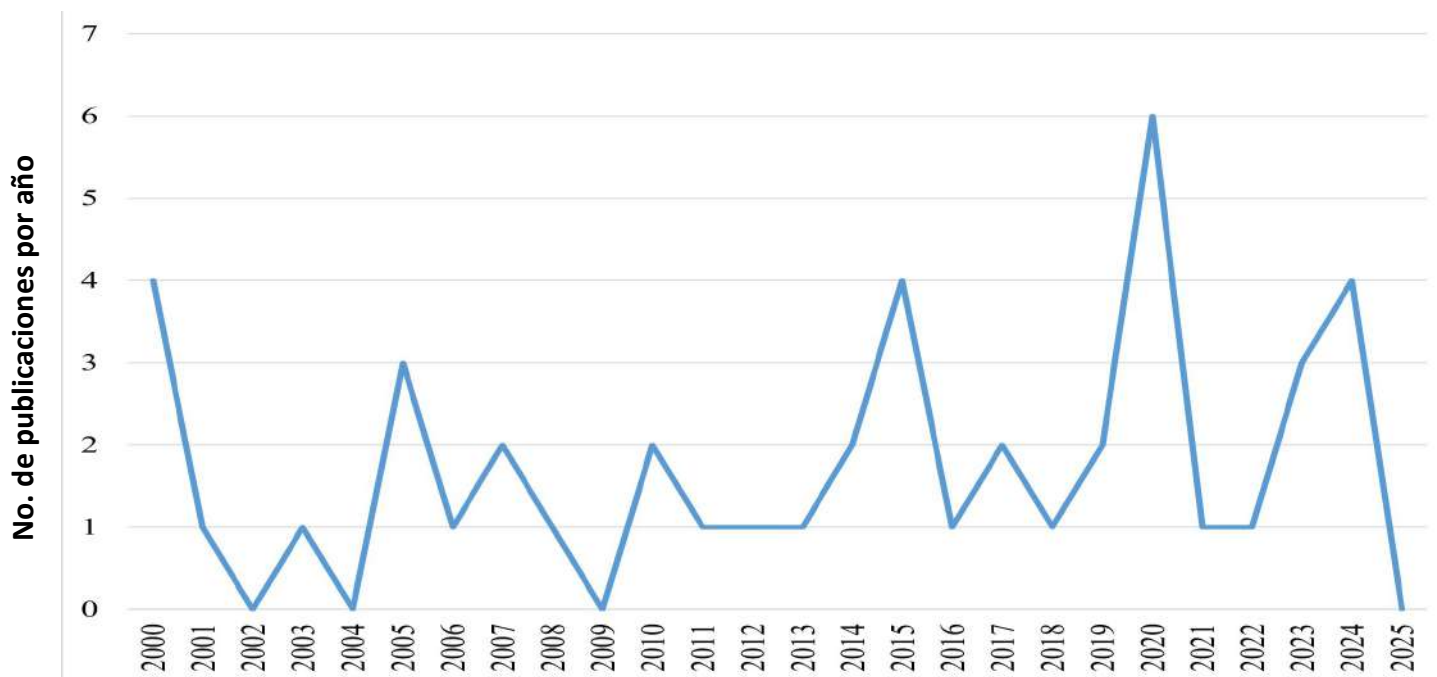


Figura 3. Gráfico de líneas que muestra la frecuencia anual de publicaciones arqueobotánicas en el norte de México (2000-2025).

Tabla 1. Relación sobre tipos de publicaciones e idiomas por estado.

Estado	Idioma	Artículo	Capítulo de libro	Libro	Tesis de maestría	Tesis de doctorado	Tesis de licenciatura	Total
Baja California	español	0	0	0	1	0	0	1
	inglés	1	0	0	2	0	0	3
Baja California Sur	español	1	1	0	0	0	0	2
	inglés	0	0	0	0	1	0	1
Chihuahua	español	0	2	0	0	0	1	3
	inglés	1	3	1	2	0	0	7
Coahuila	español	0	1	0	0	0	0	1
	inglés	2	0	1	0	0	0	3
Durango	español	1	0	0	0	0	1	2
	inglés	2	0	0	0	0	0	2
Nuevo León	español	3	3	0	0	0	0	6
	inglés	0	0	0	0	0	0	0
Sonora	español	3	1	0	0	0	2	6
	inglés	3	0	0	0	0	0	3
Tamaulipas	español	1	0	0	0	0	0	1
	inglés	4	0	0	0	0	0	4
Total =		22	11	2	5	1	4	45

Al considerar el tipo de evidencia analizado, se observa que los macrorrestos son los restos arqueológicos más recurrentes en la literatura revisada. En segundo lugar, se encuentran los microrrestos, principalmente polen, gránulos de almidón y fitolitos; mientras que los isótopos estables son el tercer tipo de evidencia más empleada, y los artefactos de origen vegetal son el tipo más escaso. Asimismo, algunos trabajos integran más de una línea de evidencia: 6 combinan macrorrestos y microrrestos, y 2 articulan macrorrestos con artefactos de origen vegetal (Figura 6).

La distribución de las temporalidades de los sitios estudiados evidencia un predominio de estudios centrados en contextos prehistóricos, ya sea de manera exclusiva o en combinación con otras temporalidades, principalmente con la prehispánica. En contraste, la temporalidad histórica es claramente marginal y solo se presenta en combinación con otras categorías, nunca de manera exclusiva (Tabla 2). Asimismo,

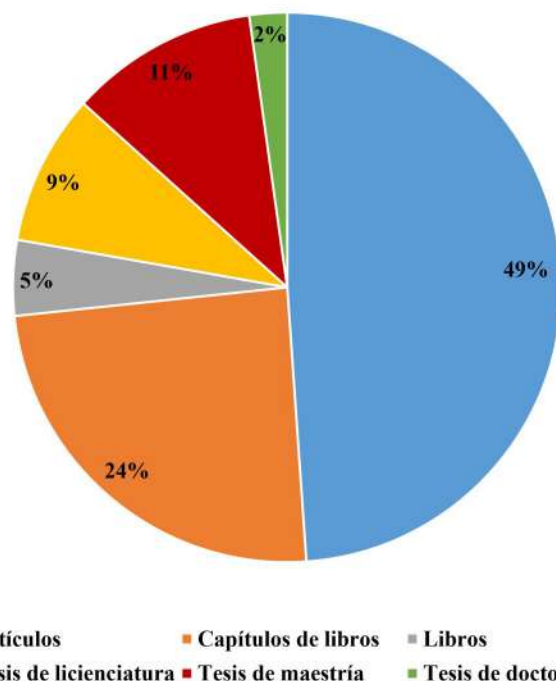


Figura 4. Gráfico de pastel que muestra la distribución porcentual de los tipos de publicaciones sobre arqueobotánica en el norte de México durante los años 2000-2025.

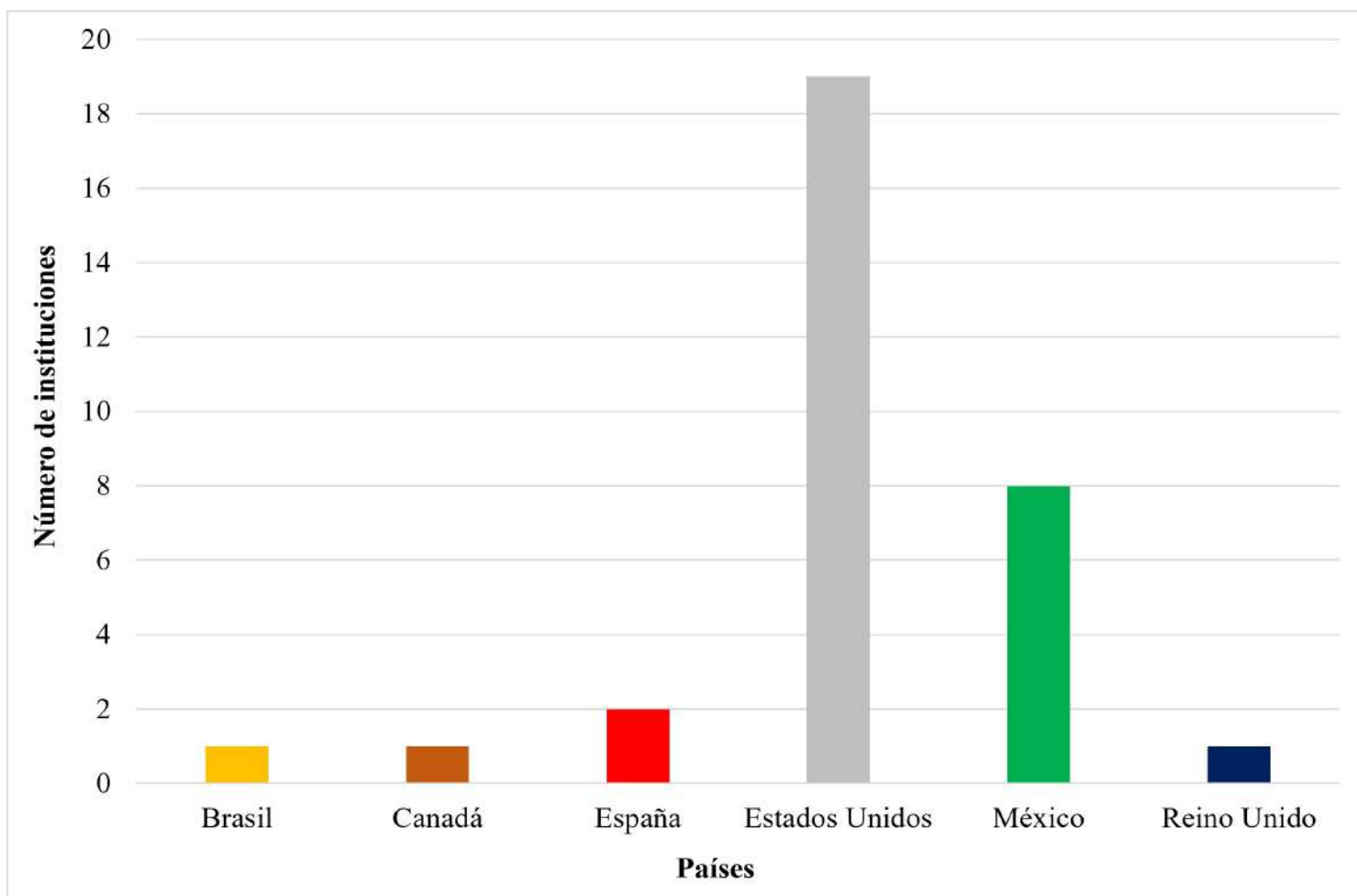


Figura 5. Gráfica de barras que muestra el número de instituciones registradas por país en la literatura sobre arqueobotánica del norte de México durante los años 2000-2025.

un estudio no especifica la temporalidad del material examinado (Montúfar-López & Arias-Vázquez, 2000).

En relación con los tipos de sitio, se identificaron cuatro categorías principales. Las cuevas y covachas concentran la mayor proporción de investigaciones ($n=17$), seguidas por los sitios a cielo abierto con arquitectura ($n=10$). En tercer lugar, se encuentran los sitios a cielo abierto sin arquitectura —como basureños, hornos en pozo o áreas de almacenamiento— ($n=11$), mientras que los abrigos rocosos conforman la categoría menos frecuente ($n=4$), además, un estudio presenta en conjunto los resultados de materiales procedentes de una cueva y un abrigo rocoso (Apéndice 1).

Finalmente, el enfoque temático más recurrente es el de subsistencia y dieta ($n=38$), seguido por paleoambiente y reconstrucción del paisaje ($n=10$) y agricultura y domesticación ($n=8$). El resto —economía y organización social, patrimonio biocultural y conservación, así como ritualidad y simbolismo— se presentan con un solo estudio cada uno. Asimismo, algunos trabajos combinan más de un enfoque: agricultura y domesticación - subsistencia y dieta ($n=5$); subsistencia y dieta - economía y organización social, ($n=1$); paleoambiente y reconstrucción del paisaje - subsistencia y dieta, ($n=8$; véase Apéndice 1). Cabe mencionar que, uno de los estudios no pudo calificarse dentro de algún enfoque, debido a que se limita a presentar la diversidad taxonómica

identificada, sin indagar algún otro aspecto (Alvarado, 2007).

Resúmenes por entidad

Baja California

Baja California registró cuatro investigaciones arqueobotánicas, tres corresponden a tesis de maestría (con predominio del idioma inglés) y una es del tipo artículo.

Los trabajos analizan cuevas y sitios a cielo abierto en contextos desérticos e insulares del noroeste de la península, como la Isla Cedros (Fauvelle et al., 2012; Merrick, 2020; Zarco-Navarro, 2020). Los sitios a cielo abierto son más frecuentes y se asocian a paisajes áridos del desierto central y del Desierto de Vizcaíno; en contraste, el trabajo en cuevas se sitúa en la región de Ensenada (Hinshaw, 2000).

Desde el punto de vista cronológico, se abordan contextos prehistóricos, prehispánicos e históricos, tanto de manera exclusiva como combinada. Un estudio se centra en el periodo actual mediante la articulación entre arqueobotánica y etnoarqueológica (Hinshaw, 2000), mientras que los otros dos integran secuencias amplias que van del Pleistoceno terminal al Holoceno tardío, articulando contextos prehistóricos e históricos (Merrick, 2020; Zarco- Navarro, 2020). Las problemáticas de estos estudios se centran en la subsistencia, la adaptación humana y la variabilidad de las estrategias económicas, con énfasis en el análisis del comportamiento humano en ambientes áridos y semiáridos, tanto antiguo como indígena. En este marco, los temas predominantes son la subsistencia y dieta, desarrollados desde perspectivas integrativas que relacionan la evidencia botánica con otros registros arqueológicos, ecológicos y etnográficos.

De forma complementaria, las investigaciones documentan formas diversas de relación humano–planta

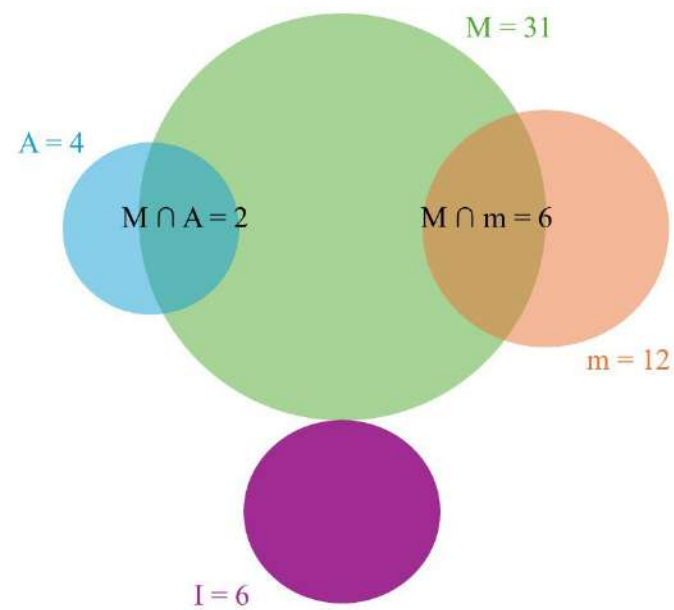


Figura 6. Diagrama de Venn que muestra los tipos de evidencias analizados en publicaciones sobre arqueobotánica del norte de México durante el período 2000–2025. Abreviaturas: M = macrorrestos; m = microrrestos; A = artefactos de origen vegetal; I = isótopos estables; M ∩ m = intersección de estudios que analizan macrorrestos y microrrestos; M ∩ A = intersección de estudios que analizan macrorrestos y artefactos de origen vegetal.

Tabla 2. Frecuencia de temporalidades y combinaciones de estas en estudios arqueobotánicos del norte de México (2000-2025).

Combinación de temporalidades	Número de estudios
Prehistórica	18
Prehispánica	13
Histórica	0
Prehistórica + prehispánica	8
Prehistórica + histórica	2
Prehispánica + histórica	1
Prehistórica + prehispánica + histórica	2
No se menciona temporalidad	1
Total =	45

que incluyen aprovechamiento, consumo y manejo de recursos vegetales, en combinación con estrategias de caza, recolección, pesca, forrajeo y horticultura, asociadas a distintos grados de movilidad y sedentarismo, en coexistencia a lo largo del tiempo y el espacio (Hinshaw, 2000; Fauvelle et al., 2012; Merrick, 2020; Zarco-Navarro, 2020).

El corpus integra el análisis de macrorrestos y microrestos —semillas, frutos, almidones, polen y fitolitos— recuperados principalmente mediante flotación (Merrick, 2020), complementados con análisis microscópicos, técnicas específicas para la extracción y entrevistas etnográficas o fuentes escritas (Hinshaw, 2000; Fauvelle et al. 2012; Zarco-Navarro, 2020), con una orientación a conjuntar aproximaciones descriptivas e interpretativas.

De forma conjunta, la arqueobotánica en Baja California representa un campo de desarrollo especializado y focalizado, distinguido por abordar una amplia diversidad cronológica y de registros arqueobotánicos a partir de un número reducido de estudios. Mediante enfoques integrativos y multidisciplinarios, estas investigaciones han permitido explorar trayectorias culturales y adaptativas alternas a los modelos centrados en la agricultura, además de abrir nuevas perspectivas para el estudio de la adaptación humana y el manejo vegetal en contextos áridos e insulares del noroeste de México.

Baja California Sur

En Baja California Sur se identificaron tres investigaciones arqueobotánicas: un artículo, una tesis doctoral y un capítulo de libro, donde predominan los trabajos en español, a cargo del INAH, mientras que un estudio en inglés se adscribe a la Universidad de California, Berkeley.

Los contextos arqueológicos se concentran en cuevas y covachas, algunas con arte rupestre, localizadas en

ambientes áridos y serranos de la península —como la Sierra de San Francisco y la Sierra de la Giganta (Montúfar & Arias, 2000; Henrickson, 2013)—, así como en espacios insulares y costeros —Isla Espíritu Santo (León de la Cruz et al., 2023)—. Estos espacios se asocian a ocupaciones humanas prolongadas, a actividades vinculadas con la subsistencia, al uso tecnológico de los recursos vegetales y a la interacción con el entorno local y fuera de él en términos alimenticios y económicos.

Desde el punto de vista cronológico, las investigaciones abordan contextos prehistóricos, prehispánicos e históricos, siempre de forma combinada. Los trabajos más tempranos se orientan a la reconstrucción del ambiente pretérito y al aprovechamiento vegetal (León de la Cruz et al., 2023), mientras que los trabajos posteriores amplían la escala analítica hacia la economía marítima, la tecnología de fibras vegetales y la adaptación humana en distintos momentos del Holoceno en la península (Montúfar-López & Arias-Vázquez, 2000; Henrickson, 2013). A partir de ello, los enfoques temáticos se articulan en torno al paleoambiente, subsistencia, dieta y economía, donde se aprecian relaciones humano–plantas que incluyen el aprovechamiento, manejo, consumo y transformación de recursos vegetales, en asociación con estrategias de caza, recolección y pesca.

El corpus integra análisis de macrorrestos—frutos, semillas, hojas, fragmentos de maderas, microrestos—polen— (Montúfar-López & Arias-Vázquez, 2000; León de la Cruz et al., 2023) y artefactos de origen vegetal— cordeles, nudos, redes— (Henrickson, 2013), recuperados mediante excavación y flotación, y analizados con técnicas microscópicas comparativas, así como estadísticas descriptivas apoyadas de literatura botánica, fuentes históricas y datos geoarqueológicos.

De esta manera, Baja California Sur destaca, al igual que Baja California, por su profundidad contextual y

cronológica, por la integración de distintos tipos propios que contribuyen a comprender los diferentes desarrollos adaptativos en el desierto peninsular, aunque con un alcance interpretativo más acotado e igualmente muestra a la arqueobotánica como un campo de desarrollo especializado y focalizado.

Chihuahua

La producción arqueobotánica correspondiente a Chihuahua —la entidad con mayor número de estudios registrados en el norte de México— se concentra principalmente en capítulos de libro, con una presencia menor de tesis académicas de licenciatura y maestría, además de un artículo científico y un libro. Cerca de la mitad de las investigaciones se publicaron en el periodo 2000–2010, vinculadas a proyectos de largo aliento como en el valle del río Casas Grandes. Las contribuciones posteriores, que se extienden sólo hasta 2020, incorporan enfoques metodológicos más diversificados, aunque sin un aumento significativo en el volumen de producción. Predominan los trabajos publicados en inglés, mientras que los estudios en español corresponden principalmente a instituciones nacionales.

Los contextos arqueológicos analizados corresponden mayoritariamente a sitios a cielo abierto —aldeas, villas, centros comunitarios y espacios administrativo-rituales—, especialmente en el área de Paquimé y sus alrededores (p. ej. Minnis y Whalen, 2010; Martínez-Santillán, 2015; Zarrillo & Nicolaides, 2014). De manera complementaria, se documentan investigaciones en cerros de trincheras y en cuevas con arquitectura de tierra o casas acantilado en la Sierra Madre Occidental, ampliando la diversidad de contextos considerados (p. ej. Hanselka, 2000; Hard & Roney, 2005; Hard & Roney, 2006; Hard et al., 2008; Martínez-Santillán, 2015).

En términos cronológicos, predominan los estudios centrados en contextos prehistóricos y prehispáni-

cos. Los primeros se enfocan principalmente en la agricultura temprana, en particular el cultivo del maíz, y en ocupaciones semisedentarias caracterizadas por procesos de toma de decisiones adaptativas bajo distintos niveles de organización social (Hanselka, 2000; Hard & Roney, 2005; Hard & Roney, 2006; Hard et al., 2008). Los contextos prehispánicos, por su parte, documentan el aprovechamiento y manejo de plantas maderables y no maderables, silvestres y cultivadas, así como aspectos de la economía agrícola y la alimentación, generalmente vinculados con la cultura Casas Grandes (Minnis & Whalen, 2010; Minnis & Whalen, 2020; Martínez-Tagüña, 2014; Martínez-Santillán, 2015; Zarrillo & Nicolaides, 2014; King, 2016). No se registran investigaciones dedicadas exclusivamente a contextos históricos.

Los enfoques temáticos de subsistencia, dieta, agricultura y paleoambiente son los que predominan en los estudios de esta entidad; de manera conspicua, uno de los trabajos se inserta en el de economía y organización social. Estos tópicos evidencian una coexistencia amplia de estrategias de subsistencia —agricultura en distintos grados de consolidación, caza, recolección y pesca—, que no se asocian de manera unívoca a una sola temporalidad, sino que aparecen combinadas en distintos momentos y contextos (p.ej. Hard et al., 2008; Minnis & Whalen, 2010; Zarrillo & Nicolaides, 2014; Minnis & Whalen, 2020).

El registro arqueobotánico se basa en macrorrestos vegetales, carbonizados y no carbonizados, recuperados principalmente mediante flotación, aunque también se incorporan artefactos de origen vegetal y microrrestos —almidones, fitolitos, polen y otros microfósiles— (p. ej. Martínez-Tagüña, 2014; Zarrillo & Nicolaides, 2014; Martínez-Santillán, 2015; King, 2016). Destacan, como aportes metodológicos más recientes, el análisis de cálculo dental y de residuos en artefactos líticos, así como la integración de múltiples líneas de evidencia (Zarrillo & Nicolaides, 2014;

King, 2016).

En síntesis, los estudios arqueobotánicos realizados en Chihuahua han sido fundamentales para redefinir los modelos sobre estrategias adaptativas, subsistencia y origen de la agricultura en el norte de México, así como para documentar el manejo, transformación y consumo de una amplia variedad de plantas en contextos domésticos, productivos y rituales. La profundidad cronológica abordada, la diversidad metodológica y analítica consolidan a la entidad como un referente clave de la arqueobotánica regional.

Coahuila

La producción arqueobotánica de Coahuila se ha difundido principalmente a través de artículos científicos, complementados por un libro y un capítulo de libro, con un claro predominio de publicaciones en inglés debido a la participación de investigadores adscritos a instituciones de Estados Unidos y el Reino Unido. Los estudios desarrollados abarcan un amplio marco cronológico, desde la prehistoria hasta el periodo histórico, y se concentran mayoritariamente en cuevas con condiciones de preservación excepcional —como en las cuevas de La Candelaria y La Espantosa (Taylor, 2003; Sánchez-Valenzuela et al., 2020)—, aunque también incluyen algunos sitios a cielo abierto en la zona de la Laguna de Mayrán (Albert, 2015). Dentro de este panorama, sobresalen las investigaciones enfocadas en grupos que practican la caza y recolección.

Temáticamente, los trabajos se articulan en cuatro grandes líneas. En primer lugar, destacan los estudios sobre subsistencia y dieta, donde se documentó el uso de plantas en la manufactura de artefactos orgánicos, como sandalias, aportando bases fundamentales para el análisis de este tipo de materiales en el noreste de México (Taylor, 2003). En segundo término, se encuentran investigaciones orientadas hacia la ritualidad y el simbolismo, como el análisis de un

contexto funerario vinculado con el peyote (*Lophophora williamsii*) (Terry et al., 2005). A ello se suma un enfoque paleoambiental centrado en la reconstrucción del paisaje de la Laguna de Mayrán (Albert, 2015). Finalmente, el análisis de la cestería de la Cueva de la Candelaria permitió identificar las fibras de sangre de drago (*Jatropha dioica*) como materia prima, además de determinar técnicas de manufactura mediante analogías etnográficas y perspectivas de conservación y restauración, siendo el único estudio que incorpora explícitamente una visión de patrimonio biocultural (Sánchez-Valenzuela et al., 2020).

Desde el punto de vista metodológico, el registro arqueobotánico de Coahuila integra análisis de macrorestos vegetales, polen y estudios anatómicos microscópicos orientados a la identificación taxonómica precisa de fibras y tejidos. En ciertos casos, estas aproximaciones se complementan con analogías etnográficas y enfoques de conservación, ampliando así las posibilidades interpretativas hacia dimensiones patrimoniales.

En general, las investigaciones arqueobotánicas realizadas en Coahuila evidencian una estrecha relación entre las poblaciones humanas y la diversidad vegetal con el Desierto Chihuahuense. Aunque predominan los estudios centrados en contextos de caza recolección y espacios de preservación única como las cuevas, la diversidad temática y metodológica desarrollada hasta ahora —desde el análisis de macrorestos y polen hasta estudios anatómicos microscópicos— muestra un campo en proceso de consolidación, con importantes aportes regionales y amplias posibilidades de expansión mediante enfoques interdisciplinarios futuros.

Durango

Las investigaciones arqueobotánicas realizadas en Durango se han difundido mediante tres artículos

científicos —dos en inglés y uno en español—, así como una tesis de licenciatura en español, desarrollados por investigadores adscritos a instituciones estadounidenses, una brasileña y dos nacionales (Apéndice 1). Los estudios se concentran principalmente en la Sierra Madre Occidental y se asocian con grupos agrícolas sedentarios del periodo prehispánico. Los contextos analizados incluyen cuevas con condiciones de preservación excepcional, como Cueva del Indio (Montúfar-López, 2000) y Cueva de los Muertos Chiquitos (Hammerl et al., 2015; Pucu et al., 2020), además de asentamientos a cielo abierto con arquitectura, entre ellos La Ferrería (Hammerl et al., 2015; Pucu et al., 2020) (Apéndice 1).

En lo que respecta al tema, las investigaciones se agrupan en tres enfoques principales: subsistencia y dieta; economía y organización social; y paleoambiente y reconstrucción del paisaje. Metodológicamente, el registro arqueobotánico integra análisis de macrorrestos recuperados mediante flotación, estudios de microrrestos —principalmente polen y fitolitos— y aplicaciones de isótopos estables (Apéndice 1). Estas aproximaciones han permitido documentar el consumo de maguey (*Agave* sp.), nopal (*Opuntia* sp.), tomatillos (*Physalis* sp.) y otras especies tanto silvestres como cultivadas (Montúfar-López, 2000; Hammerl et al., 2015; Pucu et al., 2020). Asimismo, el análisis de macrorrestos en Cueva del Indio aportó información relevante para la reconstrucción paleoambiental y del paisaje en la porción centro-occidental de Durango (Montúfar-López, 2000).

Destaca particularmente el trabajo de Hammerl et al. (2015), quienes integraron perspectivas arqueobotánicas y bioarqueológicas mediante el estudio de bagazos prehispánicos de maguey con impresiones dentales producto de su masticación en la Cueva de los Muertos Chiquitos. A partir de estos macrorrestos se elaboraron moldes dentales que indican que el consumo de esta planta contribuyó al desgaste den-

tal. Por otra parte, el análisis isotópico efectuado en restos humanos procedentes de sitios prehispánicos del Valle de Guadiana evidenció una dieta sustentada principalmente en plantas C4, especialmente maíz (*Zea mays* subsp. *mays*), además de variaciones temporales relacionadas con transformaciones sociales y económicas (Palacios-Ríos, 2015).

En conjunto, los estudios arqueobotánicos en Durango representa un campo de desarrollo especializado e interdisciplinario, centrado principalmente en sociedades agrícolas sedentarias de la Sierra Madre Occidental, donde la integración de enfoques, desde los más clásicos basados en macro y microrrestos hasta los más actuales como los bioarqueológicos y arqueométricos, han permitido generar nuevas interpretaciones sobre la relación entre las poblaciones humanas y la flora regional. No obstante, persiste un vacío en investigaciones enfocadas en periodos históricos y en otras regiones del estado, especialmente en la zona oriental, donde se localiza el Desierto Chihuahuense y grupos que practicaron la caza-recolección en diferentes grados de apropiación.

Nuevo León

Desde inicios del siglo XXI, la producción arqueobotánica de Nuevo León se compone de seis estudios publicados en español, entre ellos tres artículos científicos y tres capítulos de libro (Apéndice 1). Todas las investigaciones han sido desarrolladas por especialistas nacionales, lo que refleja un desarrollo principalmente local de esta línea de estudio.

Los contextos analizados se concentran en la Sierra Madre Oriental, particularmente en los municipios de Aramberri y General Zaragoza. La mayor parte del registro arqueobotánico procede del análisis de macrorrestos vegetales, aunque uno de los trabajos incorpora también estudios de polen (Alvarado, 2007). Asimismo, dos investigaciones incluyen el análisis de artefactos elaborados con materiales vegetales

(Narváez-Elizondo et al., 2019, 2024a; ver Apéndice 1). En términos cronológicos, los estudios abarcan desde tiempos prehistóricos hasta el periodo prehispánico previo a la colonización europea (Apéndice 1). Destaca especialmente el sitio El Morro Orgánico, núcleo de la mayoría de las investigaciones recientes derivadas del *Proyecto Arqueológico Sierra Oriental*, lo que evidencia una importante generación del conocimiento arqueobotánico en un mismo proyecto y contexto arqueológico.

Temáticamente, predominan los enfoques orientados hacia subsistencia y dieta, así como agricultura y domesticación (Apéndice 1). Los hallazgos en los contextos arqueológicos documentan tanto especies silvestres (Alvarado & Xelhuantzi-López, 2007; Narváez-Elizondo et al., 2017, 2019, 2024b) como domesticadas (Narváez-Elizondo et al., 2019, 2024a), las cuales tuvieron múltiples usos relacionados con alimentación, manufactura de herramientas y elaboración de recipientes, entre otros. En este sentido, El Morro Orgánico cobra especial relevancia por aportar las primeras evidencias de agricultura incipiente, lo que ha permitido replantear la percepción tradicional de la región como un espacio ocupado exclusivamente por grupos que practicaron la caza-recolección, y subrayan la importancia del sitio para comprender la transición hacia formas tempranas de agricultura en el noreste de México (Narváez-Elizondo et al., 2019).

Desde el punto de vista metodológico, los estudios se sustentan principalmente en la identificación taxonómica de macrorrestos vegetales y polen, así como en análisis morfológicos y el uso de analogías etnográficas e históricas. Sin embargo, la aplicación de técnicas como dataciones radiométricas, análisis de isótopos estables y estudios de microrrestos sigue siendo limitada, lo que señala áreas de oportunidad para fortalecer la interdisciplinariedad y mejorar la resolución cronológica de los hallazgos.

Conjuntamente, la arqueobotánica en Nuevo León es

un campo focalizado y en expansión temática. Ha contribuido significativamente al entendimiento del manejo de especies vegetales y del desarrollo de una agricultura incipiente en la Sierra Madre Oriental; no obstante, persiste la necesidad de ampliar la diversidad de sitios investigados, proyectos, metodologías y participantes, con el fin de construir una visión más amplia sobre la relación histórica entre las poblaciones humanas y el entorno vegetal en la región.

Sonora

Para el estado de Sonora se registran nueve estudios arqueobotánicos, con predominio de artículos científicos, seguidos por tesis de licenciatura y un capítulo de libro, donde predominan los estudios escritos en español por parte de instituciones nacionales, mientras que los trabajos en inglés corresponden principalmente a universidades y museos del suroeste de Estados Unidos.

Los estudios abarcan una diversidad de tipos de sitio, con predominio de sitios a cielo abierto —aldeas, campamentos, basureros, entierros, cerros de trincheras y concheros— localizados principalmente en entornos desérticos y costeros (p. ej. Álvarez-Palma, 2001; Martínez-Tagüeña, 2005; Campos-Hernández, 2024). En menor proporción se registran cuevas y covachas, asociadas a la Sierra Madre Occidental (p. ej. Hernández-Espinoza et al., 2021; Martínez & Hernández, 2023).

Desde el punto de vista temporal, predominan los trabajos que abarcan secuencias prehistóricas y prehispánicas combinadas, mientras que las temporalidades tratadas de forma exclusiva son menos frecuentes. Solo un estudio integra contextos prehistóricos, prehispánicos e históricos.

En los contextos prehistóricos con continuidad en lo prehispánico se analizan transiciones graduales entre estrategias de subsistencia, la coexistencia de prácti-

cas mixtas, la movilidad, la distribución de los asentamientos, las modificaciones al paisaje y el retorno parcial al forrajeo (Álvarez-Palma, 2001; Fish, 2011; 2020; Campos-Hernández, 2024). Además, los estudios que abordan estos contextos analizan estrategias de subsistencia mixtas, combinando agricultura incipiente (especialmente maíz) con el uso intensivo de recursos silvestres desde el Arcaico Tardío hasta la etapa de Agricultura Temprana, así como reconstruir dietas, movilidad estacional y cambios ambientales (Martínez-Tagüña, 2005; Cruz-Ángeles, 2019).

En los contextos prehispánicos —correspondientes a investigaciones recientes— se privilegia el análisis del uso y consumo de plantas mediante evidencia isotópica, así como la movilidad y filiación cultural desde enfoques bioarqueológicos (Hernández- Espinoza et al., 2021; Martínez & Hernández, 2023). El estudio que integra las tres temporalidades documenta la continuidad cultural y ecológica de grupos forrajeros costeros y sus redes de interacción en ambientes áridos (Mitchell et. al, 2020). En este marco, los enfoques temáticos predominantes son subsistencia, dieta, paleoambiente y agricultura, con cruces constantes entre estos ejes.

De manera general, los estudios documentan formas combinadas de aprovechamiento que incluyen manejo, cultivo, consumo y transformación de recursos vegetales (p. ej. Mitchell et. al., 2020; Martínez & Hernández, 2023; Campos-Hernández, 2024). Además, se identifican estrategias que integran caza, recolección y pesca con horticultura o agricultura en distintos grados de desarrollo, así como el uso recurrente de plantas silvestres locales (p. ej. Álvarez-Palma, 2001; Martínez-Tagüña, 2005; Cruz-Ángeles, 2019). Estas prácticas coexisten dentro de una misma y, a su vez, en distintas temporalidades, reflejando patrones adaptativos flexibles asociados a ambientes desérticos, serranos y costeros y una orientación integrativa en las investigaciones al combinar aproxi-

maciones descriptivas e interpretativas (Fish, 2011; Martínez & Hernández, 2023). Todo este corpus integra macrorrestos, microrrestos—almidones y polen— e isótopos estables, analizados mediante flotación, análisis microscópico, extracción de colágeno y apatita en restos humanos, y muestreo de residuos en herramientas líticas.

En una lectura articulada, la producción arqueobotánica de Sonora se distingue por la articulación sistemática de evidencia directa e indirecta, aun cuando en varios casos el componente arqueobotánico no es el eje exclusivo de la investigación. Destaca también su amplitud paleoambiental, sustentada no solo en restos vegetales, sino en proxies geológicos y ecológicos derivados de investigaciones regionales previas (Carpenter & Sánchez, 2013; Sánchez-Miranda, 2016; Cruz y Cruz, 2020). Al igual que en Chihuahua, estos estudios han sido clave para replantear modelos sobre subsistencia, adaptación y origen de la agricultura en el norte de México, especialmente en contextos áridos. Por tanto, la arqueobotánica en Sonora podría definirse como un campo consolidado e interdisciplinario caracterizado por la colaboración binacional entre instituciones mexicanas y estadounidenses.

Tamaulipas

En Tamaulipas se han publicado cinco artículos científicos relacionados con arqueobotánica, cuatro de ellos en inglés, elaborados por investigadores adscritos a instituciones mexicanas, estadounidenses y españolas (Apéndice 1). Los estudios se concentran geográficamente en el suroeste del estado, dentro de la Sierra Madre Oriental, particularmente en los municipios de Ocampo y Tula. Los contextos analizados corresponden principalmente a cuevas, entre ellas la Cueva de Romero y la Cueva de La Sepultura, y abarcan una profundidad cronológica que va aproximadamente de 9000 a 3000 años a.p. Este conjunto

de investigaciones da continuidad a los estudios pioneros de Richard S. MacNeish sobre sociedades con estrategias mixtas de recolección y agricultura en la región (MacNeish, 1958).

Desde el punto de vista metodológico, las investigaciones integran análisis de macrorrestos vegetales, revisión de colecciones históricas y documentación inédita de campo, además de técnicas bioarqueológicas como los análisis isotópicos (Apéndice 1); esto ha permitido reevaluar materiales excavados desde la década de 1950 y proponer nuevas interpretaciones sobre el manejo de recursos vegetales en la región (MacNeish, 1958).

Temáticamente, predominan los enfoques relacionados con subsistencia y dieta, agricultura y domesticación, así como economía y organización social. Tales tópicos han permitido discutir la adopción temprana de cultígenos como la calabaza (*Cucurbita* spp.) y el bule (*Lagenaria siceraria*), proponiendo modelos de cultivo de baja intensidad compatibles con estrategias de caza y recolección (Hanselka, 2010). De igual manera, el estudio de macrorrestos, especialmente de agave (*Agave* sp.), ha evidenciado el aprovechamiento prolongado de este género tanto como recurso alimenticio como materia prima para la manufactura de artefactos (Hanselka, 2023).

De manera complementaria, los análisis de isótopos estables aplicados a restos humanos de la Cueva de La Sepultura indican una dieta basada principalmente en plantas C4 y CAM, como maíz, nopales y magueyes, además del consumo de diversos recursos animales. Los valores isotópicos también han permitido inferir patrones de movilidad entre ambientes serranos y costeros, así como identificar posibles individuos no locales. En conjunto, estos resultados sugieren estrategias económicas mixtas que combinaban agricultura a pequeña escala con el aprovechamiento de recursos silvestres (Casar-Aldrete et al., 2018; Velasco- González et al., 2022).

En síntesis, el desarrollo de la arqueobotánica en Tamaulipas muestra una marcada concentración geográfica y temática, por lo que podría definirse como un campo especializado y temáticamente focalizado, semejante al estado de Nuevo León. Aunque las investigaciones han profundizado en los procesos de domesticación temprana y en las estrategias de subsistencia mixtas, aún persisten vacíos en temas como paleoambiente y reconstrucción del paisaje, patrimonio biocultural y conservación, así como ritualidad y simbolismo.

Interpretaciones

A partir de los resultados obtenidos, la interpretación se orienta a examinar dos dimensiones centrales: por un lado, la trayectoria general que ha seguido el desarrollo arqueobotánico en el norte de México entre 2000 y 2025; por otro, su contraste con los principales balances historiográficos de la tradición norteamericana de la paleoetnobotánica. Esta doble perspectiva permite situar los patrones regionales identificados dentro de procesos disciplinares más amplios, atendiendo tanto a sus particularidades locales como a sus convergencias conceptuales y metodológicas internacionales e interdisciplinarias.

Trayectoria arqueobotánica regional (2000-2025)

El análisis realizado permitió identificar que la arqueobotánica del norte de México durante el periodo 2000–2025 no ha seguido una expansión lineal ni homogénea, sino una trayectoria desigual, regionalmente diferenciada y marcada por procesos de consolidación focalizada. La distribución espacial de los estudios evidencia una concentración significativa en entidades como Chihuahua y Sonora, donde convergen proyectos de mayor duración, mayor trayectoria arqueológica, diversidad metodológica y colaboración institucional sostenida (p. ej. Hard & Roney, 2006; McGuire & Villalpando, 2011). En contraste,

regiones como Baja California, Baja California Sur, Nuevo León o Tamaulipas presentan desarrollos más focalizados y aún en proceso de expansión tanto cuantitativa como cualitativa, particularmente en lo referente a enfoques multidisciplinarios y a la incorporación de análisis más diversos y novedosos. Esta diferencia entre el noroeste y el noreste refleja no solo distintas intensidades de producción académica, sino también trayectorias regionales contrastantes en la consolidación del campo.

Este patrón sugiere que el desarrollo disciplinar no depende exclusivamente de la riqueza arqueológica regional, sino también de factores como la continuidad de proyectos, la infraestructura académica disponible, las redes de colaboración nacional e internacional y las tradiciones investigativas locales (Álvarez-Palma et al., 1985; Carpenter et al., 2015, 2021, 2023, 2023 a 2024; Ganot-Rodríguez & Peschard, 1997; González-Arratia, 1999; Valadez-Moreno, 1999; Laylabder & Moore, 2006; Ramírez-Castilla, 2007; Mendiola-Galván, 2008; Kelly, 2008a; Kelly 2008b). En este sentido, la ausencia de estudios identificados para Sinaloa no implica necesariamente la inexistencia de registros arqueobotánicos potenciales, sino que pone en evidencia la necesidad de diversificar los enfoques arqueológicos aplicados en la región y de ampliar las preguntas de investigación hacia dimensiones paleobotánicas aún poco exploradas.

Temporalmente, la frecuencia irregular de publicaciones muestra que la arqueobotánica regional continúa siendo un campo especializado más que plenamente institucionalizado. Aunque se observa una expansión respecto a décadas previas, la ausencia de una tendencia sostenida de crecimiento refleja una dependencia considerable de proyectos arqueológicos más amplios, así como de sus intereses particulares, preguntas de investigación y disponibilidad de financiamiento. En otras palabras, gran parte del

desarrollo arqueobotánico continúa articulándose como componente asociado a programas de investigación mayores, más que como línea autónoma y sistemática de investigación regional (INAH 1972, 2021).

Sin embargo, esta irregularidad cuantitativa contrasta con una transformación cualitativa significativa. De estudios orientados principalmente a la identificación taxonómica y la reconstrucción básica de subsistencia, se ha transitado hacia enfoques más integrativos que articulan dieta, domesticación, paleoambiente, movilidad, organización sociopolítica, funeraria y patrimonio biocultural. Metodológicamente, persiste el predominio de macrorrestos, lo que evidencia la continuidad de estrategias analíticas tradicionales. No obstante, el incremento en el uso de microrrestos, isótopos estables, análisis de residuos, estudios multiproxy y aproximaciones bioarqueológicas refleja una ampliación progresiva en la resolución interpretativa (p. ej. Carpenter et al., 2015, 2021, 2023, 2023 a 2024; Cerezo-Román et al., 2023; Hard & Roney, 2020; Ibarra-Arzave, 2019, 2020; Kelley, 2015).

Esta diversificación metodológica ha permitido superar modelos dicotómicos simples entre agricultura y caza-recolección, revelando sistemas adaptativos mixtos, economías flexibles y procesos regionales complejos. Asimismo, ha contribuido a mostrar la diversidad de escenarios ecológicos en los que se desarrollaron las poblaciones antiguas del norte de México, documentando relaciones humano-planta en contextos costeros, serranos, valles, semidesiertos y desiertos, más allá del imaginario reduccionista que históricamente ha estigmatizado a la región como un espacio homogéneamente árido (Mendiola-Galván, 2008; Villalobos-Acosta, 2008; Ortega-León, 2020). En este sentido, la arqueobotánica ha generado una base empírica sólida para deslegitimar discursos simplificados sobre el norte mexicano, visibilizando trayectorias culturales diversas y complejas for-

mas de manejo y aprovechamiento vegetal.

Asimismo, la revisión posibilitó reconocer distintos grados de integración de la evidencia vegetal en investigaciones arqueológicas de carácter interdisciplinario. En algunos casos, los análisis de polen, fitolitos, macrorrestos, semillas o madera cuentan con procedimientos específicos de recuperación, análisis e interpretación que aportan directamente a la discusión sobre subsistencia, paleoambiente, paisaje, agricultura, procesos de ocupación, esferas de interacción, fronteras políticas y económicas, entre otras; en otros, suponen líneas de evidencia complementarias cuya contribución interpretativa es más acotada a lo largo de distintas temporalidades (p. ej. Carpenter et al., 2015, 2024; Hard et al., 2015; Hard & Roney, 2020; Holliday, 2024; Ibarra- Arzave, 2019, 2020; Kelley, 2015; Pailes, 2017; Pailes & Searcy, 2022). Esta variabilidad evidencia que la incorporación de la arqueobotánica en investigaciones de alcance más amplio no responde a un único modelo o pregunta de investigación, y tampoco supone, necesariamente, el mismo grado de desarrollo metodológico o peso interpretativo. Un ejemplo claro de esta diversidad son los casos de Chihuahua y Sonora, donde además de ser las entidades con mayor producción académica de datos arqueobotánicos, la trayectoria de sus investigaciones muestra las distintas formas de integración de la evidencia vegetal dentro de proyectos arqueológicos más amplios (p. ej. Cajigas, 2019; Carpenter et al., 2015, 2021, 2023, 2024; Kelley, 2015; MacWilliams, 2008; Whalen & Minnis, 2001).

No obstante, el predominio temático de investigaciones centradas en subsistencia y dieta revela una orientación marcadamente económica y adaptativa. La mayoría de los marcos interpretativos empleados conserva una fuerte influencia ecológico-biológica, particularmente desde marcos como la Ecología del Comportamiento Humano, el Forrajeo Óptimo o la Construcción de Nicho, entre otros (Cahrnov, 1976;

Bird & O'Connell, 2006; Laland & O'Brien, 2016). Aunque estos enfoques han resultado productivos para comprender procesos adaptativos, dimensiones como ritualidad, simbolismo, identidad, memoria social o patrimonio continúan subrepresentadas, lo que indica áreas de oportunidad importantes para ampliar la complejidad teórica del campo.

En conjunto, los resultados permiten definir la arqueobotánica del norte de México como un campo en consolidación desigual pero sostenida, caracterizado por una transición desde funciones auxiliares dentro de proyectos arqueológicos generales hacia una mayor autonomía analítica e interdisciplinaria. Su desarrollo reciente refleja tanto persistencias metodológicas como innovaciones significativas bajo distintos niveles de alcance, configurando una disciplina regional con rasgos distintivos vinculados a entornos ecológicos diversos, estrategias económicas mixtas, trayectorias no unilineales y una creciente capacidad para replantear narrativas arqueológicas nacionales desde perspectivas más inclusivas, complejas y regionalmente situadas.

Frente a la tradición paleoetnobotánica

Al comparar esta trayectoria regional con los balances disciplinares planteados por Ford (1979), Hastorf (1999), Pearsall (2015) y VonDerwarker et al. (2015), se observa que el desarrollo arqueobotánico del norte de México reproduce varias tendencias generales de la disciplina, aunque con ritmos particulares y ciertas especificidades contextuales.

En términos fordianos, gran parte de la producción revisada mantiene todavía una fuerte base arqueobotánica en sentido estricto, es decir, centrada en la recuperación, identificación y documentación de restos vegetales (Ford, 1979, p. 299). Sin embargo, numerosos estudios recientes muestran una clara transición hacia una lógica paleoetnobotánica más amplia, donde la evidencia vegetal se interpreta en fun-

ción de procesos sociales, económicos y ambientales complejos (Ford, 1979, p. 286). Este cambio confirma, a escala regional, el desplazamiento descrito por Ford desde un enfoque descriptivo hacia uno relacional.

De forma paralela, el fortalecimiento señalado por Hastorf (1999) también encuentra eco en el norte de México. Aunque con menor volumen que regiones del continente como el suroeste y sudeste de Estados Unidos, los Andes centrales o Mesoamérica nuclear, donde la arqueobotánica ha alcanzado desarrollos metodológicos e interpretativos más amplios (Minnis, 1985; Fritz, 1990; Hastorf, 1993; McClung, 1992), la incorporación de nuevas técnicas —como almidones, isótopos, análisis dentales o residuos líticos— ha permitido ampliar el alcance interpretativo regional más allá de la subsistencia básica, integrando temas como movilidad, territorialidad, interacción cultural y cambio ambiental. No obstante, a diferencia de algunos desarrollos internacionales observados particularmente en estas regiones, donde el género, ritualidad, identidad o la economía política han adquirido una presencia creciente, en el norte mexicano estos campos siguen siendo medianamente explorados. Esto sugiere una consolidación parcial del campo, todavía más orientada hacia marcos de economía adaptativa y enfoques ecológico-biológicos que a dimensiones sociopolíticas, simbólicas o de construcción identitaria.

Las observaciones de Pearsall (2015) sobre la centralidad metodológica también resultan particularmente pertinentes. La revisión evidencia que la calidad y profundidad interpretativa de los estudios norteños depende estrechamente de las estrategias de recuperación implementadas, siendo la flotación, la integración multiproxy y el uso de técnicas arqueométricas factores decisivos para generar investigaciones más robustas. En este sentido, regiones con proyectos metodológicamente más sistemáticos, como

Chihuahua o Sonora, presentan desarrollos disciplinares más complejos que aquellas donde predominan análisis más limitados.

Finalmente, el panorama identificado coincide ampliamente con VonDerwarker et al. (2015) respecto a la flexibilización terminológica y conceptual entre arqueobotánica y paleoetnobotánica. En el norte de México, ambos términos suelen operar de manera complementaria, y el campo se caracteriza menos por debates nominales que por la expansión gradual de sus capacidades analíticas¹⁰. Asimismo, se confirma la tendencia general hacia interpretaciones menos lineales sobre domesticación y producción alimentaria, favoreciendo modelos de agroecosistemas mixtos, manejo flexible y continuidades adaptativas diversas.

No obstante, una diferencia importante radica en que, mientras la tradición norteamericana describe una institucionalización más robusta y una expansión temática amplia, el norte de México muestra una consolidación todavía condicionada por desigualdades regionales, dependencia de proyectos específicos y vacíos temáticos persistentes. Así, el desarrollo norteño puede entenderse como una incorporación parcial, pero significativa a las transformaciones generales de la disciplina, adaptadas a condiciones historiográficas y arqueológicas propias.

En suma, la arqueobotánica del norte de México se inserta claramente dentro del desarrollo historiográfico internacional de la disciplina, replicando muchas de sus transiciones metodológicas y conceptuales, pero manteniendo particularidades derivadas de su contexto regional, su relación con narrativas nacionales marginalizantes y sus propias trayectorias institu-

¹⁰ Incluso, de manera excepcional, uno de los estudios revisados emplea la denominación de “etnobotánica prehispánica” (Minnis & Whalen, 2020), lo que refuerza la diversidad terminológica presente en la región sin representar una ruptura conceptual sustancial.

cionales. Esta combinación de convergencia y especificidad convierte al caso norteño en una contribución relevante para ampliar los balances globales de la arqueobotánica contemporánea.

Conclusiones

El balance historiográfico de la producción arqueobotánica y paleoetnobotánica desarrollada en el norte de México entre 2000 y 2025 permitió cumplir el objetivo central de esta investigación: examinar la trayectoria disciplinar del campo. A través de la sistematización cuantitativa y cualitativa de 45 estudios, fue posible identificar patrones espaciales, cronológicos, temáticos, institucionales, así como las distintas formas en que la evidencia arqueobotánica se ha integrado a investigaciones arqueológicas, lo que muestra cómo esta línea de investigación se ha configurado de forma heterogénea, pero progresivamente más compleja en las últimas décadas.

En respuesta a la pregunta rectora, los resultados demostraron que la arqueobotánica del norte de México se ha desarrollado mediante procesos desiguales de especialización regional, condicionados por la continuidad de proyectos, redes académicas y capacidades metodológicas en diferentes escalas de aplicación. Lejos de ser un campo uniforme, su configuración revela contrastes significativos entre entidades con mayor consolidación interdisciplinaria. No obstante, en términos generales, se observa una transformación sostenida desde enfoques predominantemente descriptivos hacia aproximaciones cada vez más integradoras, capaces de articular evidencia vegetal con problemáticas de subsistencia, domesticación, paleoambiente, movilidad, organización social, política y económica, prácticas mortuorias y, en menor medida, patrimonio biocultural.

En este sentido, se confirma la tesis inicial: La arqueobotánica en la región ha dejado de operar exclu-

sivamente como una herramienta auxiliar subordinada a proyectos arqueológicos más amplios para consolidarse gradualmente como un campo interdisciplinario con capacidad interpretativa propia que evidencia una expansión metodológica significativa que ha permitido ampliar el alcance analítico del campo.

Entre los principales alcances de este trabajo destaca la construcción de una visión historiográfica comparativa que por primera vez permite situar el desarrollo reciente de la arqueobotánica norteña dentro de un marco regional amplio, visibilizando tanto sus aportes como sus desigualdades estructurales. Esta síntesis ofrece una base crítica para futuras investigaciones, al identificar tendencias de consolidación, persistencias metodológicas, dependencias institucionales, los distintos niveles de aplicación- alcance, entre otras áreas aún poco exploradas.

Sin embargo, este estudio también presenta limitaciones. Aunque la delimitación metodológica privilegió deliberadamente literatura académica formalmente publicada, excluyendo desde un inicio informes técnicos institucionales y otros materiales de acceso restringido, algunas categorías pudieron quedar sub o sobre representados. Asimismo, si bien numerosos títulos coincidieron con las palabras clave utilizadas en la búsqueda sistemática, no siempre fue posible consultar los textos completos debido a barreras de pago o acceso restringido, situación que evidencia limitaciones estructurales en la circulación del conocimiento científico y plantea interrogantes sobre la equidad en el acceso a la producción académica. En consecuencia, el carácter historiográfico del análisis privilegia necesariamente la producción publicada y disponible, priorizando tendencias disciplinares visibles en la literatura académica por encima de la evaluación directa de colecciones, datos primarios que podrían matizar o ampliar algunas de las tendencias identificadas. Finalmente, aunque la escala regional adoptada permite reconocer patrones ge-

nerales en la configuración del campo, ciertas dinámicas locales o microregionales podrían requerir estudios más puntuales para profundizar en sus particularidades.

Adicionalmente, los vacíos identificados muestran áreas clave para el desarrollo futuro del campo, especialmente en temas aún subrepresentados como contextos históricos, patrimonio biocultural, conservación, simbolismo, ritualidad, género y dimensiones sociopolíticas de las relaciones humano-planta. A ello se suman el acceso todavía limitado a técnicas arqueométricas avanzadas, enfoques multiproxy y formación especializada, así como vacíos geográficos en entidades con baja o nula producción, como Sinaloa. Frente a ello, resulta fundamental impulsar más investigaciones interdisciplinarias que amplíen la cobertura regional, la diversidad temática y metodológica, incorporando perspectivas sobre memoria, identidad y cambio climático. Asimismo, fortalecer redes de colaboración nacional e internacional será esencial para reducir asimetrías regionales y consolidar la arqueobotánica del norte de México.

En última instancia, la trayectoria reciente de la arqueobotánica en el norte de México refleja no sólo la transformación de una especialidad técnica, sino también un proceso más amplio de revalorización historiográfica de regiones tradicionalmente marginadas dentro de los discursos arqueológicos dominantes. La evidencia botánica, en este contexto, se posiciona como una herramienta fundamental para reconstruir historias adaptativas, económicas y culturales complejas, contribuyendo a una comprensión más diversa, situada e inclusiva del pasado mexicano. Así, este trabajo no sólo documenta o enlista el desarrollo disciplinar de la arqueobotánica regional, sino que subraya su potencial para redefinir narrativas arqueológicas nacionales y fronterizas hacia futuros interpretativos más integradores.

Agradecimientos

Agradecemos a los dictaminadores por sus comentarios y sugerencias que contribuyeron a mejorar este trabajo, así como a los investigadores que compartieron sus publicaciones y enriquecieron la conformación del corpus analizado.

Referencias

- Albert, B.M. (2015). Prehistoric and Colonial land-use in the Chihuahuan Desert as inferred from pollen and sedimentary data from Coahuila, Mexico. *Quaternary International*, 377, 38–51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.009>
- Alperin, J.P. (2015). *The public impact of Latin America's approach to open access* (Doctoral dissertation, Stanford University). Stanford University.
- Alvarado, J.L. (2007). Análisis palinológico de sedimentos en los sitios: Alardín III, Chamal, Lechugillas y Peñascos V. En A. Rivera-Estrada (Coord.), *Cultura Indígena Serrana: Cañada Alardín, General Zaragoza, Nuevo León* (pp. 142-145). Academia de Investigaciones Históricas Regionales A.C. y Centro INAH Nuevo León.
- Alvarado, J.L., & Xelhuantzi-López, M.S. (2007). Análisis de material arqueobotánico. En A. Rivera-Estrada (Coord.), *Cultura Indígena Serrana: Cañada Alardín, General Zaragoza, Nuevo León* (pp. 122-141). Academia de Investigaciones Históricas Regionales A.C. y Centro INAH Nuevo León.
- Álvarez-Palma, A.M., Echávarri Pérez, A., Escárcega, J.A., Vivas, G., Montané Martí, J.C., Pérez Bedolla, R.G., & Villalpando Canchola, M.E. (1985). *Historia general de Sonora I: Periodo prehistórico y prehispánico*. Gobierno del Estado de Sonora.
- Álvarez-Palma, A.M. (2001). Ciclos productivos y patrón de asentamiento en un sitio Huatabampo, del sur de Sonora. *Arqueología*, (26), 89–100. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/issue/view/797>
- Ascher, R., & Clune, F.J. (1960). Waterfall Cave, southern Chihuahua, Mexico. *American Antiquity*, 26(2), 270–274.
- Bird, D.W., & O'Connell, J.F. (2006). Behavioral ecology and archaeology. *Journal of Archaeological Research*, 14(2), 143–188. <https://doi.org/10.1007/s10814-006-9003-6>
- Brooks, R.H., Kaplan, L., Cutler, H.C., & Whitaker, T.W. (1962). Plant Material from a Cave on the Rio Zape, Durango. *American Antiquity*, 27(3), 356-369. <https://doi.org/10.2307/277801>

Bryant, V.M. (1975). Pollen as an indicator of prehistoric diets in Coahuila, Mexico. *Bulletin of the Texas Archaeological Society*, 46, 87-106.

Bryant, V.M., & Riskind, D.H. (1980). The paleoenvironmental record of northeastern Mexico: a review of the pollen evidence. In J. F. Epstein, T. R. Hester & C. Graves (Eds.), *Papers on the Prehistory of Northeastern Mexico and Adjacent Texas* (pp. 7-31). Center for Archaeological Research, The University of Texas at San Antonio, Special Report, No. 9.

Cajigas, R. (2019). *Human modifications to sonoran desert landscapes during the early agricultural period: geoarchaeological investigations at Tumamoc hill, Arizona, U.S.A. and La Playa, Sonora, Mexico*. (Tesis de Doctorado, Facultad del Departamento de Geociencias, Universidad de Arizona).

Callen, E.O. (1970). Diet as Revealed by Coprolites. In D. Brothwell & E. Higgs (Eds.), *Science in Archaeology: A Survey of Progress and Research* (pp. 235-243). Praeger Publishers.

Campos-Hernández, C.M. (2024). Trincheras tradition plant use practices from 400 to 1450 CE. *Kiva: The Journal of Southwestern Anthropology and History*, 90(3), 306-325. <https://doi.org/10.1080/00231940.2024.2380931>

Carpenter, S.J., & Sánchez, G. (2013). Los cambios ambientales del Holoceno medio/Holoceno tardío en el desierto de Sonora y sus implicaciones en la diversificación del uto-azteca y la difusión del maíz. *Diálogo Andino*, 41, 199-210.

Carpenter, J., Sánchez, G., Watson, J.T. & Villalpando, E. (2015). The La Playa Archaeological Project: Binational interdisciplinary research on long-term human adaptation in the Sonoran Desert. *Journal of the Southwest*, 57(2-3), 213-264. <https://doi.org/10.1353/jsw.2015.0010>

Carpenter, J., Sánchez, G., Tapia-Carrasco, R., Krug, A.R., Cupa, E., Larrick, D., Hernández, C.E., Singleton, R.R. & Pailles, M.C. (2023). In search of a borderland: Material culture patterns on the southern limits of the North American Southwest. *Journal of Field Archaeology*, 48(8), 588-604. <https://doi.org/10.1080/00934690.2023.2258715>

Carpenter, J.P., Sánchez, G., Cupa, E., Abrego-Rivas, A., López-Rivera, J.A., León-Romero, C.E., Krug, A.R., Davidson, J.T., Larrick, D., Lund, J.R. & Cooley, D.S. (2023a). Spatial and temporal limits of the Casas Grandes tradition: A view from the Fronteras Valley. *Latin American Antiquity*, 34(2), 235-258. <https://doi.org/10.1017/laq.2022.70>

Carpenter, J.P., Sánchez, G., López-Rivera, J.A., García-Ferrusca, H., Abrego-Rivas, A., Larrick, D., Davidson, J.T., Estrada-Jaén, I. & Pailles, M.C. (2024). Preliminary insights from Las Chachalacas (SON S: 8: 004): A Pleistocene-

Holocene occupation record from Quiriego, Sonora, Mexico. *Kiva: The Journal of Southwestern Anthropology and History*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/00231940.2024.2339143>

Carpenter, M. (2024). Stable isotope analysis of La Playa and broader impacts. *Kiva: The Journal of Southwestern Anthropology and History*, 90(3), 390-406. <https://doi.org/10.1080/00231940.2024.2377827>

Casar-Aldrete, M.L., Velasco, E., Morales, P.A., Cienfuegos-Puente, E., & Otero, F.J. (2018). *The stable isotope ecology of early (3100 B.P.) hunter-gatherers/farmers from Tula, Tamaulipas, Mexico: Isotopic evidence in bone and teeth*. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, 794-809. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.08.018>

Cerezo-Román, J.I., Fenn, T.R., Guzmán, C.C., Maldonado, S. I.N., Romero, C.L. & Villalpando, E. (2023). Cremations and pyrotechnologies among the prehispanic inhabitants of Cerro de Trincheras, northern Mexico. *Latin American Antiquity*, 34(1), 1-20.

Charnov, E.L. (1976). Optimal foraging: The marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 9(2), 129-136. [https://doi.org/10.1016/0040-5809\(76\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0040-5809(76)90040-X)

Clark, J.G.D. (1954). *Excavations at Star Carr: An early Mesolithic site at Seamer, near Scarborough, Yorkshire*. Cambridge University Press.

Clune, D. (1960). *Textiles and matting from Waterfall Cave, Chihuahua*. *American Antiquity*, 26(2), 274-277.

Cutler, H. (1960). Cultivated Plant Remains from Waterfall Cave, Chihuahua. *American Antiquity*, 26(2), 277-279.

Creswell, J.W., & Plano Clark, V.L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research* (2nd ed.). SAGE Publications.

Cruz-Ángeles, G. (2019). *Campamentos, metates y almidones: El modo de vida cazador recolector en la región de El Arenoso, Caborca, Sonora* (Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Instituto Nacional de Antropología e Historia).

Cruz y Cruz, T. (2020). *Geoarqueología y cambios ambientales del Pleistoceno tardío-Holoceno en el noroeste de México: Un enfoque paleopedológico* (Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México).

Cutler, H. (1960). Cultivated plant remains from Waterfall Cave, Chihuahua. *American Antiquity*, 26(2), 277-279.

Fauvelle, M., Smith, L.M., & Des Lauriers, M. (2012). Primary and Secondary Uses for Ground Stone: A Possible Case of "*Zostera marina*" Exploitation on Isla Cedros. *Journal of California and Great Basin Anthropology*, 187-195.

- Fish, S.K. (2011). Environment, farming, and plant resources. In R. H. McGuire & E. Villalpando (Eds.), *Excavations at Cerro de Trincheras, Sonora, México* (Vol. 1, pp. 289–322). Arizona State Museum Archaeological Series No. 204.
- Flannery, K.V. (Ed.). (1986). *Guilá Naquitz: Archaic foraging and early agriculture in Oaxaca, Mexico*. Academic Press.
- Ford, R.I. (1979). Paleoethnobotany in American archaeology. In M. B. Schiffer (Ed.), *Advances in archaeological method and theory* (Vol. 2, pp. 285–336). Academic Press.
- Fritz, G.J. (1990). Multiple pathways to farming in precontact eastern North America. *Journal of World Prehistory*, 4 (4), 387–435. <https://doi.org/10.1007/BF00974863>
- Ganot-Rodríguez, J., & Peschard Fernández, A.A. (1997). *Aztatlán: Apuntes para la historia y arqueología de Durango*. Gobierno del Estado de Durango, Secretaría de Educación, Cultura y Deporte.
- González-Arratia, L. (1999). *La arqueología de Coahuila y sus fuentes bibliográficas* (Colección Científica). Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Guest, G., MacQueen, K.M., & Namey, E.E. (2012). *Applied thematic analysis*. SAGE Publications.
- Hammerl, Emily E., Baier, Melissa A. y Reinhard, Karl J. 2015. Agave Chewing and Dental Wear: Evidence from Quids. *PLoS ONE*, 10(7), e0133710. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133710>
- Hanselka, K.J. (2000). *Late archaic plant use and early agriculture in northwestern Chihuahua, Mexico: Insights from Cerros de Trincheras sites* (Master's thesis, University of Texas at San Antonio).
- Hanselka, J.K. (2010). Informal Planting of Squashes and Gourds by Rural Farmers in Southwestern Tamaulipas, Mexico, and Implications for the Local Adoption of Food Production in Prehistory. *Journal of Ethnobiology*, 30(1), 31–51. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-30.1.31>
- Hanselka, J.K. (2017). Revisiting the Archaeobotanical Record of Romero's Cave in the Ocampo Region of Tamaulipas, Mexico. *Journal of Ethnobiology*, 37(1), 37–59. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-37.1.37>
- Hanselka, J.K. (2023). Indigenous Agave Use in the Ocampo Caves Vicinity, Tamaulipas, Mexico. *American Antiquity*, 88 (3), 344–360. <https://doi.org/10.1017/aaq.2023.34>
- Hard, R.J., & Roney, J.R. (2005). The transition to farming on the Río Casas Grandes and in the southern Jornada Mogollon region. In B. J. Vierra (Ed.), *The Late Archaic across the Borderlands* (pp. 141–186). University of Texas Press.
- Hard, R.J., & Roney, J.R. (2006). Cerros de trincheras y el cultivo del maíz en el noroeste de Chihuahua. In C. Bonfiglioli, A. Gutiérrez, & M. E. Olavarría (Eds.), *Las vías del noroeste I: Una macrorregión indígena americana* (pp. 113–132). Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hard, R.J., Adams, K.R., Roney, J.R., Schmidt, K.M., & Fritz, G.J. (2008). The emergence of maize farming in northwest Mexico. In E. J. Reitz, M. C. Scarry, & S. J. Scudder (Eds.), *Case studies in environmental archaeology* (2nd ed., pp. 315–333). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-71303-8>
- Hard, R.J., Merrill, W.L., MacWilliams, A.C., Roney, J.R., Freeman, J.C. & Adams, K.R. (2015). Rain-fed farming and settlement aggregation: Reflections from Chihuahua, Mexico. En S. E. Ingram & R. C. Hunt (eds.), *Traditional Arid Lands Agriculture: Understanding the Past for the Future* (pp. 237–272). Tucson: The University of Arizona Press. <https://doi.org/10.4324/9780816502189>
- Hard, Robert y John Roney (2020). *Early Farming and Warfare in Northwest México*. Utah Press.
- Hastorf, C.A. (1993). *Agriculture and the onset of political inequality before the Inka*. Cambridge University Press.
- Hastorf, C.A. (1999). Recent research in paleoethnobotany. *Journal of Archaeological Research*, 7(1), 55–103.
- Helbaek, H. (1959). Domestication of food plants in the Old World. *Science*, 130(3372), 365–373. <https://doi.org/10.1126/science.130.3372.365>
- Henrickson, C.N. (2013). *The archaeology of Cueva Santa Rita: A late Holocene rockshelter in the Sierra de la Giganta of Baja California Sur, Mexico* (Doctoral dissertation, University of California, Berkeley).
- Hernández-Espinoza, P.O., Martínez-Ramírez, J., Ruíz-Cabañas, J.A., & Zabaleta-Lucido, M. (2021). Cerro La Yaqui. *Ventana Arqueológica*, 2, 69–91.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, M.P. (2010). *Metodología de la investigación* (5.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Hinshaw, J.M. (2000). *Ethnobotanical and archaeobotanical relationships: A Yuman case study* (Master's thesis, California State University, Bakersfield).
- Holliday, V.T., Sánchez, G. & Sánchez Morales, I. (eds.). (2024). *El Fin del Mundo: A Clovis site in Sonora, Mexico*. Anthropological Papers of the University of Arizona, No. 85. Tucson: University of Arizona Press.
- Ibarra-Arzave, G., Solleiro-Rebolledo, E., Chávez-Vergara, B., Sedov, S., Ortega-Rosas, C., Sánchez, G., Gámez, T., Barceinas-Cruz, H. & Ayala, E. (2019). Environmental setting of the early irrigation in Oasisamerica: Paleopedological evidences

from the alluvial palaeosols in La Playa/Sonoran Desert. *Quaternary International*, 516, 160–174. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.09.041>

Ibarra-Arzave, G., Solleiro-Rebolledo, E., Sánchez, G., Sedov, S., Golyeva, A., Sánchez-Morales, I., Carpenter, J. & Chávez-Vergara, B. (2020). Response of surface processes to the Holocene landscape changes in Sonora: Evidences from the paleosol-sedimentary sequences at the archaeological sites El Fin del Mundo and El Gramal. *Journal of South American Earth Sciences*, 104, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102947>

Instituto Nacional de Antropología e Historia. (1972). *Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos*. Diario Oficial de la Federación.

Instituto Nacional de Antropología e Historia. (2021). *Reglamento de la Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia*. Diario Oficial de la Federación.

Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. (s. f.). Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente. <https://www.iiia.unam.mx/laboratorio/paleoetnobotanica-paleoambiente>

Jones, V.H. (1936). The vegetable remains of Newt Kash Hollow shelter. En W. S. Webb & W. D. Funkhouser (Eds.), *Rockshelters in Menifee County, Kentucky* (pp. 147-165). University of Kentucky Reports in Archaeology and Anthropology, 3.

Jones, V.H. (1941). The nature and status of ethnobotany. *Chronica Botanica*, 6, 219-221.

Kaplan, L., & MacNeish, R.S. (1960). Prehistoric Bean Remains from Caves in the Ocampo Region of Tamaulipas, Mexico. *Botanical Museum leaflets, Harvard University*, 19 (2), 33–56. <https://doi.org/10.5962/p.168524>

Kelly, I. (2008a). *Excavaciones en Chametla, Sinaloa* (V. Schussheim, Trad.). El Colegio de Sinaloa, Instituto Nacional de Antropología e Historia, & Siglo XXI Editores. (Trabajo original publicado en 1938)

Kelly, I. (2008b). *Excavaciones en Culiacán, Sinaloa* (V. Schussheim, Trad.). El Colegio de Sinaloa, Instituto Nacional de Antropología e Historia, & Siglo XXI Editores. (Trabajo original publicado en 1945)

Kelley, J. (2015). *El Proyecto Arqueológico Chihuahua (1990-2010): síntesis de dos décadas de investigaciones*. Cuadernos de Trabajo, Centro INAH Chihuahua, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

King, D.J. (2016). *Reconstructing prehistoric human/plant relationships at Casas Grandes, Chihuahua, Mexico through a microfossil analysis of dental calculus* (Master's thesis,

Brigham Young University).

Kuhn, T.S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas* (3.ª ed.). Fondo de Cultura Económica. Lawrence A., Houghton J., Thomas J., Weldon P. (2014). Where is the evidence? Realising the value of grey literature for public policy and practice. *Australian Journal of Public Administration* 73(2): 229–241. <https://doi.org/10.1111/1467-8500.12090>

Laland, K.N., & O'Brien, M.J. (2010). Niche construction theory and archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 17(4), 303–322. <https://doi.org/10.1007/s10816-010-9096-0>

Lawrence A., Houghton J., Thomas J., Weldon P. (2014). Where is the evidence? Realising the value of grey literature for public policy and practice. *Australian Journal of Public Administration* 73(2): 229–241. <https://doi.org/10.1111/1467-8500.12090>

Laylander, D., & Moore, J.D. (Eds.). (2006). *The prehistory of Baja California: Advances in the archaeology of the forgotten peninsula*. University Press of Florida.

León de la Luz, J.L., Alvarado, J.L., & Fujita, H. (2023). Restos de flora y análisis de polen. In H. Fujita (Coord.), *Covacha Babísuri: Doce mil años de prehistoria en la Isla Espíritu Santo, BCS* (pp. 145–162). Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Lister, R.H. (1958). *Archaeological excavations in the northern Sierra Madre Occidental, Chihuahua and Sonora, México* (University of Colorado Studies, Series in Anthropology No. 7). University of Colorado Press.

McGuire, R.H., & Villalpando, E. (Eds.). (2011). *Excavations at Cerro de Trincheras, Sonora, México* (Vol. 1). Arizona State Museum Archaeological Series No. 204.

MacNeish, R.S. (1958). Preliminary archaeological investigations in the Sierra de Tamaulipas, Mexico. *Transactions of the American Philosophical Society*, 48(6), 1–210.

MacNeish, R.S., & Byers, D.S. (Eds.). (1967). *The prehistory of the Tehuacan Valley: Vol. 1. Environment and subsistence*. University of Texas Press.

MacWilliams, A.C., Hard, R.J., Roney, J.R., Adams, K.R. & Merrill, W.L. (2008). The setting of early agriculture in southern Chihuahua. En R. G. Matson & D. E. D. Webster (eds.), *Archaeology without Borders: Contact, Commerce, and Change in the U.S. Southwest and Northwestern Mexico* (pp. 35–54). Boulder: University Press of Colorado. <https://doi.org/10.5876/9780870819742.c004>

Mangelsdorf, P.C., MacNeish, R.S., & Galinat, W.C. (1956). Archaeological Evidence on the Diffusion and Evolution of Maize in Northeastern Mexico. *Botanical Museum leaflets*,

Harvard University, 17(5), 125–150. <https://doi.org/10.5962/p.168500>

Mangelsdorf, P.C., MacNeish, R.S., & Galinat, W.C. (1967). Prehistoric Maize, Teosinte, and *Tripsacum* from Tamaulipas, Mexico. *Botanical Museum leaflets, Harvard University*, 22(2), 33–63. <https://doi.org/10.5962/p.168366>

Martínez-Tagüña, N. (2005). *Estudio paleoetnobotánico de La Playa, Sonora* (Tesis de licenciatura, Universidad de las Américas Puebla).

Martínez-Tagüña, N. (2014). Análisis paleo-etnobotánico, temporadas de 2008 y 2010. En J. H. Kelley & R. D. Garvin (Eds.), *The Viejo period in west-central Chihuahua, Part 3: Additional studies* (pp. 41–52). Maxwell Museum Technical Series No. 19, Part 3, University of New Mexico.

Martínez-Santillán, M.A. (2015). *El aprovechamiento de los recursos vegetales en la Sierra Madre Occidental, Chihuahua: Una propuesta para los sitios arqueológicos del municipio de Madera* (Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Instituto Nacional de Antropología e Historia).

Martínez-Ramírez, J., & Hernández-Espinoza, P.O. (2023). Caminantes de la Sierra. *Revista Noroeste de México, Nueva Época*, 4, 41–79. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/noroestademexico/article/view/19636>

Massey, W.C. (1947). Brief report on archaeological investigations in Baja California. *American Antiquity*, 12(4), 344–357.

McClung, E.S. (1977). Recientes estudios paleoetnobotánicos en Teotihuacan, México. *Anales de Antropología*, 14 (1), 133–157. <https://doi.org/10.22201/iaa.24486221e.1977.1.16831>

McClung, E.S. (1985). Investigaciones arqueobotánicas en Mesoamérica y Centroamérica. *Anales de Antropología*, 22 (1), 133–157. <https://doi.org/10.22201/iaa.24486221e.1985.1.15847>

McClung, E. (1992). Prehispanic agriculture and anthropogenic ecology in the Basin of Mexico. En S. T. Culbert (Ed.), *The origins of agriculture in Mesoamerica* (pp. 143–171). University of New Mexico Press.

Mendiola- Galván, F. (2008). *Las texturas del pasado: Una historia del pensamiento arqueológico en Chihuahua*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Merrick, D. (2020). *Archaeobotany of Cedros Island* (Tesis de maestría, California State University, Northridge).

Minnis, P.E. (1985). *Social adaptation to food stress: A pre-historic southwestern example*. University of Chicago Press.

Minnis, P.E., & Whalen, M.E. (2010). The first prehispanic

chile (*Capsicum*) from the U.S. Southwest/Northwest Mexico and its changing use. *American Antiquity*, 75(2), 245–258. <https://www.jstor.org/stable/25766>

Minnis, P.E., & Whalen, M.E. (2020). *The prehispanic ethnobotany of Paquimé and its neighbors*. University of Arizona Press.

Mitchell, D.R., Mabry, J.B., Tagüña-Martínez, N., Huckleberry, G., Brusca, R.C., & Shackley, M.S. (2020). Prehistoric adaptation, identity, and interaction along the northern Gulf of California. *California Archaeology*, 12(2), 163–195. <https://doi.org/10.1080/1947461X.2020.1818938>

Montúfar-López, A. (1985). *Estudios palinológicos y paleoetnobotánicos* (Colección Científica No. 147). Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Montúfar-López, A. (1987a). *Estudio polínico de la Alta Babicora, Chihuahua*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Departamento de Prehistoria.

Montúfar-López, A. (1987b). *Estudio polínico y etnobotánico de un área dentro del Bolsón de Mapimí*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Departamento de Prehistoria.

Montúfar-López, A. (2000). Estudio arqueobotánico de sedimentos de la Cueva del Indio, Durango, Durango. *Arqueología*, (23), 173–182.

Montúfar-López, A., & Arias- Vázquez, M. (2000). *Arqueobotánica de algunas cuevas con pintura rupestre, Sierra de San Francisco*. *Arqueología*, 24, 19–28. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/article/view/11749>

Narváez-Elizondo, R.E., Rivera-Estrada, A., & Cerda-Rodríguez, J.A. (2017). El mezquite (*Prosopis* spp.) entre los grupos chichimecas del antiguo Nuevo León, México. *Desde el Herbario CICY*, 9, 209–215.

Narváez-Elizondo, R.E., Rivera-Estrada, A., Quirino-Olvera, R., González-Álvarez, M. (2019). Crónica del aprovechamiento de recursos bióticos por poblaciones indígenas serranas en el sur de Nuevo León. En E. Gallaga-Murrieta (Comp.), M.A. Martínez-Santillán, C.E. Grajeda-Valdez & E.M. Ahedo-Rodríguez (Coords.), *Sociedad, cultura y medio ambiente en el norte de México* (pp. 307–318). Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

Narváez-Elizondo, R.E., Rivera-Estrada, A., & Quirino-Olvera, R. (2024a). Del Viejo Mundo al noreste de México: registro arqueobotánico de *Lagenaria siceraria* en Nuevo León. *Expedicionario. Revista de estudios en Antropología*, 4 (8), 44–56.

Narváez-Elizondo, R.E., Rivera-Estrada, A., & Quirino-Olvera, R. (2024b). Restos del género *Hechtia* (Bromeliaceae) en un Contexto Arqueológico de Nuevo León, México. *Planta*, 19(29), 58–71.

- O'Neale, L.M. (1948). Textiles of Pre-Columbian Chihuahua. *Contributions to American Anthropology and History*, 9(45), 95–161. Carnegie Institution of Washington.
- Ortega-León, V. (2020). *Líneas imaginarias: Arqueología, nacionalismo y el norte de México*. Escuela de Antropología e Historia del Norte de México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Pailes, M.C. (2017). Archaeology of the Sierra Madre Occidental: Research in the Moctezuma Valley of Eastern Sonora, Mexico. Tucson: Arizona State Museum Archaeological Series No. 212, University of Arizona.
- Pailes, M.C. & Searcy, M.T. (2022). *Hinterlands to Cities: The Archaeology of Northwest Mexico and its Hinterlands*. Washington, DC: SAA Press.
- Pearsall, D. M. (2015). *Paleoethnobotany: A handbook of procedures* (3rd ed.). Routledge.
- Palacios-Ríos, E.O. (2015). *Caracterización de la dieta de la cultura Chalchihuites en su rama Guadiana por medio del análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno* (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Zacatecas).
- Pearsall, D.M. (2015). *Paleoethnobotany: A handbook of procedures* (3rd ed.). Routledge.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. Blackwell Publishing.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. Blackwell Publishing.
- Pucu, E., Russ, J., & Reinhard, K. (2020). Diet analysis reveals pre-historic meals among the Loma San Gabriel at La Cueva de Los Muertos Chiquitos, Rio Zape, Mexico (600–800 CE). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12 (1), 25. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00950-0>
- Ramírez-Castilla, G.A. (2007). *Panorama arqueológico de Tamaulipas*. Programa de Estimulo a la Creación y al Desarrollo Artístico de Tamaulipas.
- Sánchez- Miranda, G. (2016). *Los primeros mexicanos: Late Pleistocene and Early Holocene people of Sonora, Mexico* (Anthropological Papers of the University of Arizona No. 76). University of Arizona Press.
- Sánchez-Valenzuela, G.M., Quintanar-Isaías, A. & Jaramillo-Pérez, A. (2020). La cestería de los cazadores-recolectores, procedente de la cueva de la Candelaria, Torreón, Coahuila, México. En L. Bjerregaard & A. Peters (Eds.), *PreColumbian Textile Conference VIII / Jornadas de Textiles PreColombinos VIII* (pp. xx–xx). Zea Books. <https://doi.org/10.32873/unl.dc.zea.1212>
- Shennan, S. (1997). *Quantifying archaeology* (2nd ed.). Edinburgh University Press.
- Taylor, W.W. (2003). *Sandals from Coahuila caves with an introduction to the Coahuila Project, Coahuila, Mexico: 1937–1941, 1947*. Studies in Pre-Columbian Art and Archaeology No. 35. Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
- Terry, M., Steelman, K.L., Guilderson, T., Dering, P., & Rowe, M.W. (2006). Lower Pecos and Coahuila peyote: New radiocarbon dates. *Journal of Archaeological Science*, 33(7), 1017–1021. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.11.008>
- Trigger, B.G. (2006). *Historia del pensamiento arqueológico* (2.ª ed.). Crítica.
- Valadez-Moreno, M. (1999). *La arqueología de Nuevo León y el noreste*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- VanDerwarker, A.M., Bardolph, D.N., Hoppa, K.M., Thakar, H.B., Martin, L.S., Jaqua, A.L., Biwer, M.E., & Gill, K.M. (2015). New World paleoethnobotany in the new millennium (2000–2013). *Journal of Archaeological Research*, 24(2), 125–177. <https://doi.org/10.1007/s10814-015-9089-9>
- Velasco-González, J.E., Silva-Cárdenas, T., Pérez-Silva, C.V., Meza-Peñaloza, A., Serrano-Sánchez, C., Otero-Trujano, F.J., Cienfuegos, E., Caro-Gómez, J.A., & Álvarez García, G. (2022). Paleodiet and mobility: isotopic analysis in human remains from the cave of La Sepultura (3050-2850 a.P.) Sierra de Naola, Tula, Tamaulipas. *Antropología Americana*, 7(13), 85–117. <https://doi.org/10.35424/anam.v7i13.1169>
- Villalobos-Acosta, C. (2008). La diversidad emergente: Complejidad y metáforas textuales en la investigación arqueológica de Sonora. Instituto Sonorense de Cultura.
- Whalen, M y Paul Minnis (2001). *Casas Grandes and its hinterland: prehistoric regional organization in northwest México*. The University of Arizona Press, USA.
- Whitaker, T.W. (1957). Archaeological Cucurbitaceae from a cave in southern Baja California. *American Antiquity*, 23 (2), 144–148.
- Whitaker, T.W., Cutler, H.C., & MacNeish, R.S. (1957). Cucurbit Materials from Three Caves near Ocampo, Tamaulipas. *American Antiquity*, 22(4), 352-358. <https://doi.org/10.2307/276133>
- Zarco-Navarro, J.F. (2020). *Formas de subsistencia de los cazadores recolectores del desierto central de Baja California* (Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas).
- Zarrillo, S., & Nicolaidis, M. (2024). Starch granule analysis of artifacts. En J. H. Kelley & R. D. Garvin (Eds.), *The Viejo period in west-central Chihuahua, Part 3: Additional studies* (pp. 53–66). Maxwell Museum Technical Series No. 19, Part 3, University of New Mexico.
- Zingg, R. M. (1940). *Report on archaeology of southern Chihuahua*. University of Denver Publications in Anthropology.

Apéndice 1. Síntesis de estudios arqueobotánicos del norte de México (2000-2025). Estados: B (Baja California), Bs (Baja California Sur), Ch (Chihuahua), Co (Coahuila), D (Durango), NI (Nuevo León), So (Sonora), T (Tamaulipas). Temporalidad: PT (Prehistórica), PH (Prehispánica), H (Histórica). Tipo de evidencia: AOV (Artefactos de origen vegetal), IE (Isótopos estables), MA (Macrorrestos), MI (Microrrestos). Enfoques temáticos: AD (Agricultura y domesticación), EO (Economía y organización social), PBC (Patrimonio biocultural y conservación), PR (Paleoambiente y reconstrucción del paisaje), RS (Ritualidad y simbolismo), SD (Subsistencia y dieta). Sin información = s.i.

Estado	Autores	Año de publicación	Instituciones asociadas	Idioma	Tipo de obra	Tipo de sitio	Grupo humano al que se asocia	Temporalidad estudiada	Tipo de evidencia	Enfoque temático
B	Jay M. Hinshaw	2000	California State University, Bakersfield (EUA)	inglés	tesis de maestría	cuevas	cazadores-recolectores sedentarios con horticultura	PH, H	MA, MI	SD
B	Mikael Fauvelle et al.	2012	University of California (EUA); The University of Montana (EUA); California State University, Northridge (EUA)	ingles	artículo	sitio a cielo abierto	cazadores-recolectores	PT	MA	SD
B	Dustin Merrick	2020	California State University, Northridge (EUA)	inglés	tesis de maestría	sitio a cielo abierto	cazadores-recolectores	PT, PH	MA	SD
B	Jesús Feilberto Zarco-Navarro	2020	UNAM (México)	español	tesis de maestría	sitio a cielo abierto	forrajeros-recolectores	PT, H	MA, MI	SD
Bs	Aurora Montúfar-López & Mey Arias-Vázquez	2000	INAH (México)	español	artículo	cuevas con arte rupestre	no se menciona	s.i.	MI	PR
Bs	Celeste Nicole Henrickson	2013	University of California, Berkeley (EUA)	inglés	tesis de doctorado	cueva	cazadores-recolectores	PT, H	MA	SD
Bs	José Luis León-de la Luz et al.	2023	INAH (México)	español	capítulo de libro	abrigo rocoso	cazadores-recolectores	PT, PH	MA, MI	PR, SD
Ch	Kevin Hanselka	2000	University of Texas at San Antonio (EUA)	inglés	tesis de maestría	sitio a cielo abierto con arquitectura	agrícolas incipientes-recolección-caza	PT	MA	AD, SD
Ch	Robert Hard & John R. Roney	2005	University of Texas at San Antonio (EUA)	inglés	capítulo de libro	sitio a cielo abierto con arquitectura	agrícolas incipientes-recolección-caza	PT	MA	AD, SD

Apéndice 1 Continuación. Síntesis de estudios arqueobotánicos del norte de México (2000-2025). Estados: B (Baja California), Bs (Baja California Sur), Ch (Chihuahua), Co (Coahuila), D (Durango), NL (Nuevo León), So (Sonora), T (Tamaulipas). Temporalidad: PT (Prehistórica), PH (Prehispánica), H (Histórica). Tipo de evidencia: AOV (Artefactos de origen vegetal), IE (Isótopos estables), MA (Macrorrestos), MI (Microrrestos). Enfoques temáticos: AD (Agricultura y domesticación), EO (Economía y organización social), PBC (Patrimonio biocultural y conservación), PR (Paleoambiente y reconstrucción del paisaje), RS (Ritualidad y simbolismo), SD (Subsistencia y dieta). Sin información = s.i.

Estado	Autores	Año de publicación	Instituciones asociadas	Idioma	Tipo de obra	Tipo de sitio	Grupo humano al que se asocia	Temporalidad estudiada	Tipo de evidencia	Enfoque temático
Ch	Robert Hard & John R. Roney	2006	UNAM (México)	español	capítulo de libro	sitio a cielo abierto con arquitectura	agrícolas incipientes-recolección-caza	PT	MA	AD, SD
Ch	Robert J. Hard et al.	2008	University of Texas at San Antonio (EUA)	inglés	capítulo de libro	sitio a cielo abierto con arquitectura	Agrícolas incipientes-recolección-caza	PT	MA	AD, SD
Ch	Paul Minnis & Michael Whalen	2010	University of Oklahoma y University of Tulsa (EUA)	inglés	artículo	sitio a cielo abierto con arquitectura	Agrícolas sedentarios-recolectores cazadores	PH	MA	SD
Ch	Jane Holden Kelley & Richard D. Garvin	2014	s.i.	español	capítulo de libro	sitio a cielo abierto con arquitectura	Agrícolas sedentarios-recolectores cazadores	PH	MA	PR, SD
Ch	Sonia Zarrillo & Monica Nicolaides	2014	University of British Columbia (Canadá)	inglés	capítulo de libro	sitio a cielo abierto con arquitectura	Agrícolas sedentarios-recolectores cazadores	PH	MI	SD
Ch	Miriam América Martínez-Santillán	2015	ENAH (México)	español	tesis de licenciatura	cuevas con arquitectura de tierra	agricultores-cazadores recolectores	PH	MA	SD
Ch	Daniel James King	2016	Brigham Young University (EUA)	inglés	tesis de maestría	sitio a cielo abierto con arquitectura	Agrícolas sedentarios-recolectores cazadores	PH	MI	SD
Ch	Paul E. Minnis & Michael E. Whalen	2020	University of Oklahoma; University of Tulsa (EUA)	inglés	libro	sitio a cielo abierto con arquitectura	Agrícolas sedentarios-recolectores cazadores	PH	MA	EO, SD
Co	Walter Williard Taylor	2003	Smithsonian Institution (EUA)	inglés	libro	cuevas	cazadores-recolectores	PT	AOV	SD

Apéndice 1 Continuación. Síntesis de estudios arqueobotánicos del norte de México (2000-2025). Estados: B (Baja California), Bs (Baja California Sur), Ch (Chihuahua), Co (Coahuila), D (Durango), NI (Nuevo León), So (Sonora), T (Tamaulipas). Temporalidad: PT (Prehistórica), PH (Prehispánica), H (Histórica). Tipo de evidencia: AOV (Artefactos de origen vegetal), IE (Isótopos estables), MA (Macrorrestos), MI (Microrrestos). Enfoques temáticos: AD (Agricultura y domesticación), EO (Economía y organización social), PBC (Patrimonio biocultural y conservación), PR (Paleoambiente y reconstrucción del paisaje), RS (Ritualidad y simbolismo), SD (Subsistencia y dieta). Sin información = s.i.

Estado	Autores	Año de publicación	Instituciones asociadas	Idioma	Tipo de obra	Tipo de sitio	Grupo humano al que se asocia	Temporalidad estudiada	Tipo de evidencia	Enfoque temático
Co	Martin Terry et al.	2005	Sul Ross State University (EUA); University of Central Arkansas (EUA); Lawrence Livermore National Laboratory (EUA); Texas A&M University (EUA)	inglés	artículo	cuevas	cazadores-recolectores	PT	MA	RS
Co	Bruce M. Albert	2015	University of Durham (Reino Unido)	inglés	artículo	sitios a cielo abierto	Colonos españoles	PT, PH, H	MI	PR
Co	Gloria Martha Sánchez-Valenzuela et al.	2020	INAH (México); UAM Iztapalapa (México)	español	capítulo de libro	cueva	cazadores-recolectores	PH	AOV	PBC
D	Aurora Montúfar-López	2000	Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, INAH (México)	español	artículo	cueva	Agricultores incipientes	PH	MA	PR, SD
D	Elsa Olimpia Palacios-Ríos	2015	Universidad Autónoma de Zacatecas (México)	español	tesis de licenciatura	sitio a cielo abierto con arquitectura	Agricultores sedentarios	PH	IE	SD
D	Emily E. Hammerl et al.	2015	University of Nebraska-Lincoln (EUA); Buffalo National River, National Parks Service (EUA)	inglés	artículo	cueva	Agricultores incipientes	PH	MA	SD
D	Elisa Pucu, Julia Russ & Karl Reinhard	2020	University of Nebraska-Lincoln (EUA); Universidade Federal Fluminense (Brasil)	inglés	artículo	cueva	Agricultores incipientes	PH	MA, MI	SD
NI	José Luis Alvarado & María Susana Xelhuantzi-López	2007	Lab. de Paleobotánica, Subdir. de Labs. y Apoyo Académico, INAH (México)	español	capítulo de libro	cuevas	cazadores-recolectores	PT	MA, MI	SD
NI	José Luis Alvarado	2007	Lab. de Paleobotánica, Subdir. de Labs. y Apoyo Académico, INAH (México)	español	capítulo de libro	cuevas	cazadores-recolectores	PT	MI	s.i.

Apéndice 1 Continuación. Síntesis de estudios arqueobotánicos del norte de México (2000-2025). Estados: B (Baja California), Bs (Baja California Sur), Ch (Chihuahua), Co (Coahuila), D (Durango), NI (Nuevo León), So (Sonora), T (Tamaulipas). Temporalidad: PT (Prehistórica), PH (Prehispánica), H (Histórica). Tipo de evidencia: AOV (Artefactos de origen vegetal), IE (Isótopos estables), MA (Macrorrestos), MI (Microrrestos). Enfoques temáticos: AD (Agricultura y domesticación), EO (Economía y organización social), PBC (Patrimonio biocultural y conservación), PR (Paleoambiente y reconstrucción del paisaje), RS (Ritualidad y simbolismo), SD (Subsistencia y dieta). Sin información = s.i.

Estado	Autores	Año de publicación	Instituciones asociadas	Idioma	Tipo de obra	Tipo de sitio	Grupo humano al que se asocia	Temporalidad estudiada	Tipo de evidencia	Enfoque temático
NI	Raúl Ernesto Narváez-Elizondo et al.	2017	Centro INAH Nuevo León (México); CILDIR-IPN Unidad Durango (México)	español	artículo	abrigo rocoso	Agricultores incipientes, cazadores-recolectores	PT	MA	SD
NI	Raúl Ernesto Narváez-Elizondo et al.	2019	Centro INAH Nuevo León (México); UANL (México)	español	capítulo de libro	abrigo rocoso	Agricultores incipientes	PT, PH	MA, AOV	AD, SD
NI	Raúl Ernesto Narváez-Elizondo et al.	2024a	Centro INAH Nuevo León (México); UANL (México)	español	artículo	cueva y abrigo rocoso (respect.)	Agricultores incipientes, cazadores-recolectores	PT, PH	MA, AOV	AD
NI	Raúl Ernesto Narváez-Elizondo et al.	2024b	Centro INAH Nuevo León (México); UANL (México)	español	artículo	abrigo rocoso	Agricultores incipientes	PT, PH	MA	SD
So	Ana María Álvarez-Palma	2001	INAH (México)	español	artículo	sitio a cielo abierto (basurero)	agrícola-recolector-cazador-pescador	PT, PH	MA	PR, SD
So	Natalia Martínez -Taguena	2005	Universidad de las Américas- Puebla (México)	español	tesis de licenciatura	sitios a cielo abierto (hornos en pozo, pozos de almacenamiento, entierros y superficie de ocupación)	cazadores-recolectores	PT	MA	PR, SD
So	Suzanne K. Fish	2011	Centro INAH Sonora (México); the Arizona State Museum, University of Arizona (EUA); Binghamton University (EUA)	inglés	capítulo de libro	sitios a cielo abierto	agricultores intensivos, cazadores-recolectores	PT, PH	MA, MI	PR, SD
So	Gustavo Cruz-Ángeles	2019	ENAH (México)	español	tesis de licenciatura	sitios a cielo abierto	cazadores-recolectores	PT	MI	PR, SD
So	Patricia Olga Hernández-Espinoza et al.	2021	INAH (México)	español	artículo	covacha	cazadores-recolectores-agricultores Estacionales semisedentarios	PH	IE	SD

Apéndice 1 Continuación. Síntesis de estudios arqueobotánicos del norte de México (2000-2025). Estados: B (Baja California), Bs (Baja California Sur), Ch (Chihuahua), Co (Coahuila), D (Durango), NI (Nuevo León), So (Sonora), T (Tamaulipas). Temporalidad: PT (Prehistórica), PH (Prehispánica), H (Histórica). Tipo de evidencia: AOV (Artefactos de origen vegetal), IE (Isótopos estables), MA (Macrorrestos), MI (Microrrestos). Enfoques temáticos: AD (Agricultura y domesticación), EO (Economía y organización social), PBC (Patrimonio biocultural y conservación), PR (Paleoambiente y reconstrucción del paisaje), RS (Ritualidad y simbolismo), SD (Subsistencia y dieta). Sin información = s.i.

Estado	Autores	Año de publicación	Instituciones asociadas	Idioma	Tipo de obra	Tipo de sitio	Grupo humano al que se asocia	Temporalidad estudiada	Tipo de evidencia	Enfoque temático
So	Douglas R. Mitchell et al.	2020	Pueblo Grande Museum, Phoenix, Arizona (EUA)	inglés	artículo	sitio a cielo abierto (basureros)	forrajeros y costeros	PT, PH, H	MA	PR, SD
So	Júpiter Martínez-Ramírez & Patricia Olga Hernández-Espinoza	2023	INAH (México)	español	artículo	cuevas	cazadores-recolectores-agricultores Estacionales semisedentarios	PH	IE	SD
So	Cynthia M. Campos-Hernández	2024	Anthropology Department, Binghamton University (EUA)	inglés	artículo	sitios a cielo abierto	agricultores-cazadores-recolectores flexibles	PT, PH	MA	SD
So	Michelle Carpenter	2024	University of Texas at San Antonio (EUA)	inglés	artículo	sitio a cielo abierto	forrajeo y Agricultura temprana	PT	IE	AD, SD
T	Kevin Hanselka	2010	Department of Anthropology, Washington University in St. Louis (EUA)	inglés	artículo	cuevas	Agricultores incipientes, cazadores-recolectores	PT	MA	AD
T	Kevin Hanselka	2017	Archaeological Studies Branch, Environmental Affairs Division, TXDOT (EUA)	inglés	artículo	cuevas	Agricultores incipientes, cazadores-recolectores	PT	MA	SD
T	María Isabel del Refugio Casar Aldrete et al.	2018	UNAM (México); INAH (México)	inglés	artículo	cueva	Agricultores incipientes, cazadores-recolectores	PT	IE	SD
T	Jesús Ernesto Velasco-González et al.	2022	INAH (México); UNAM (México); Universidad de Córdoba (España); Sociedad Espeleológica GEOS (España)	español	artículo	cuevas	Agricultores incipientes, cazadores-recolectores	PT	IE	SD
T	Kevin Hanselka	2023	Archaeological Studies Branch, Environmental Affairs Division, TXDOT (EUA)	inglés	artículo	cuevas	Agricultores incipientes, cazadores-recolectores	PT	MA	SD

The Food Economy of Paquimé and its Neighbors, Northwestern Chihuahua

P.E. Minnis^{1*}, M.E. Whalen²

¹University of Oklahoma

²University of Tulsa

*Corresponding author:

3332 N. Calle Largo, Tucson, AZ, 85750, EEUU,
minnis@ou.edu

Abstract

Paquimé in northwestern Chihuahua was the center of an important archaeological tradition that included hundreds of related communities during the Medio Period (A.D. 1200-1450). Here we summarize archaeobotanical research at sites near Paquimé. Crops, especially maize, were the mainstay of the food economy with many native plants supplementing the diet. Of special note is the first recovery of little barley from Mexico and the first prehispanic chile remains from northwestern Mexico and the U.S. Southwest. Plant foods were also important for the society beyond supplying the daily needs of the population. Multiple lines of archaeological evidence indicate that various plants were used in community-wide rituals and may have been essential to the florescence of the Paquimé-centered polity.

Keywords: archaeobotany, Casas Grandes Archaeological Tradition, cuisine, farming, social hierarchy, Paquimé

Resumen

Paquimé, en el noroeste de Chihuahua, fue el centro de una importante tradición arqueológica que incluyó cientos de comunidades relacionadas durante el Período Medio (1200–1450 d.C.). Aquí resumimos las investigaciones arqueobotánicas realizadas en sitios cercanos a Paquimé. Los cultivos, especialmente el maíz, constituyeron la base de la economía alimentaria, mientras que numerosas plantas nativas complementaban la dieta. Destaca particu-

larmente el primer hallazgo de una cebadilla (little barley) en México y los primeros restos prehispánicos de chile recuperados en el noroeste de México y el suroeste de Estados Unidos. Los alimentos de origen vegetal también fueron importantes para la sociedad más allá de satisfacer las necesidades cotidianas de la población. Múltiples líneas de evidencia arqueológica indican que diversas plantas fueron utilizadas en rituales comunitarios y pudieron haber sido esenciales para el florecimiento de la entidad política centrada en Paquimé.

Palabras clave: agricultura, arqueobotánica, cocina, jerarquía social, tradición arqueológica de Casas Grandes, Paquimé

Introduction

Paquimé (or Casas Grandes) in northwestern Chihuahua was the central community in the local Casas Grandes Archaeological Tradition (CGAT) as well as being influential in the wider U.S. Southwest/Northwest Mexico (SW/NW) (Figure 1). It reached its pinnacle of importance in the fourteenth century, during the Medio Period (ca. AD. 1200-1450) (Figure 2). There is ongoing debate about the degree of its hierarchy, the importance of other archaeological traditions in its development, and its influence on surrounding peoples. There is general agreement



Figure 1. Location of Paquimé and the extent of the CGAT in northwestern Chihuahua (map courtesy of Michael Searcy).

that Paquimé was more than an exceptionally large community of family farmers; it represented the most important location in the ritual, political, and economic life of the CGAT, especially after A.D. 1300 (e.g. Braniff, 2001; Di Peso, 1974; Cruz Antillón & Maxwell, 2017; Minnis & Whalen, 2015, 2016; Nelson et al., 2015; Newell & Gallaga, 2001; Pales & Searcy, 2022; Whalen & Minnis, 2025). Here we discuss how its food economy was embedded within and was an important part of the history of the CGAT.

To that end, we identify two levels of food economy. In the domestic level, families or small local units produced and consumed according to their own needs. At the higher level of the community food economy, production and consumption decisions and

actions involved elites and/or entire communities and localities. Of course, the two are interrelated, but we hope this distinction will help us understand how the CGAT food economy was related to its history.

This article summarizes archaeobotanical and general archaeological research we have conducted for more than three decades in the Casas Grandes area. For the most detailed discussion of the archaeobotany of the CGAT, consult Minnis & Whalen (2020) and for our view of the structure and history of the CGAT, see Whalen & Minnis (2025).

While we will emphasize the plant remains recovered from CGAT site, other archaeological data are cited to give a fuller understanding of the domestic and community food economy. These include artifacts such as ceramics, and features, especially agricultural fields and elaborate underground ovens.

The major data considered here comes from decades of our research in the Casas Grandes region beginning in 1989 and continuing until 2014 as summarized in Whalen & Minnis (2025). Our overall strategy was to acquire information from a range of site types so we could compare how these communities operated and interacted. In addition to recording hundreds of sites during reconnaissance and systematic surveys, we excavated nine sites, six of which provided the majority of archeobotanical data (Figure 3). Four of these are located approximately 15 km from Paquimé in upland settings away from major drainages. These included two smaller communities (sites #319 and #231), one of the largest villages in the region (#204), and a specialized ritual and administrative center (#242). The sample also includes two large sites within two kilometers of Paquimé (#315



Figure 2. Aerial photograph of Paquimé looking south showing the unexcavated portion of the site and the western part excavated by the Joint Casas Grandes Expedition in the mid-twentieth century (photography courtesy of the Amerind Foundation; Russell Rosene, photographer).

and #565) next to the Río Casas Grandes. Additionally, we surveyed ancient fields and test excavated elaborate ovens. Small sites along the Río Casas Grandes were tested, but few plant remains were recovered. Nearly all Medio Period sites in the region have been severely looted to acquire ceramic vessels to sell. This activity mixes most deposits so archaeological context is often destroyed. Obviously, this affects how we sampled botanical remains. In general, the best samples were taken from known contexts such as hearths.

We collected a variety of botanical remains. A total of 495 flotation samples were sorted. These yielded 18,789 propagules (seeds and fruits). Two large sites, 204 (155 flotation samples) and 315 (159 flotation samples), dominate the archaeobotanical assem-

blage. These two sites were in different environmental settings, allowing us to examine differences in food economies within the Casas Grandes region. We identified 6,294 pieces of wood from flotation samples, plus an additional 2670 wood fragments from room fill. Like the propagules, most wood came from the two large sites.

A large number of propagule taxa were recovered from the flotation samples (Table 1). These include crops: maize, beans, gourd, squash, cotton, little barley, and chile, as well agave, a possible domesticate. In addition, remains of many non-cultivated plants were recovered. All these plant taxa were likely present in the area around the sites and in the nearby Sierra Madre Occidental range. Propagules from na-

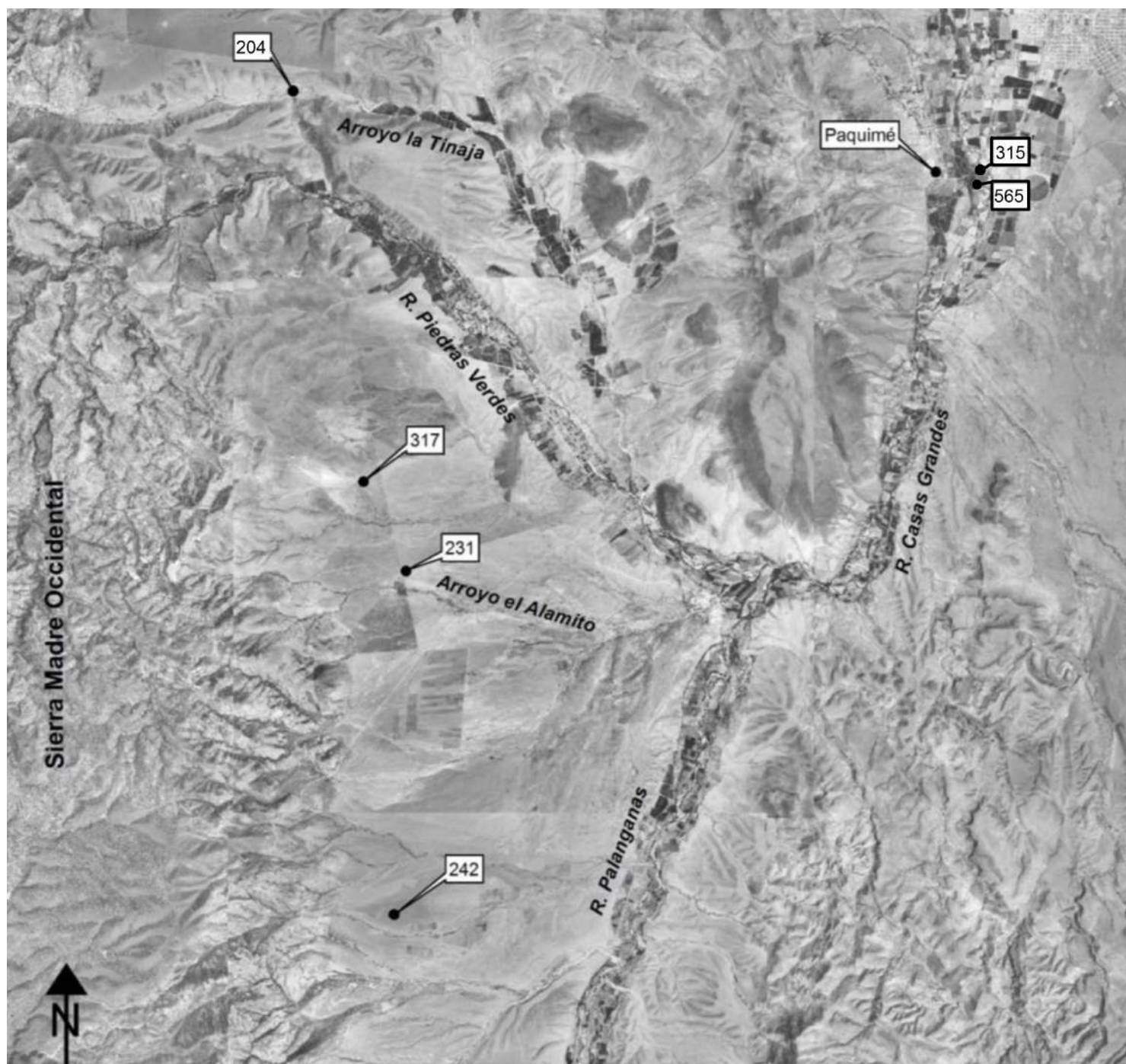


Figure 3. The six excavated sites with plant remains discussed here.

tive weedy plants, such as *Chenopodium*, *Portulaca* and *Amaranthus*, were the most common non-cultigens.

Basic Domestic Economy

First, we will briefly summarize domestic production, the foundation of the CGAT food economy. Regard-

less of whether the communities were located along the floodplains with the best farming potential or in upland settings, the archaeobotanical assemblages suggest a general similarity in their domestic plant food economies, especially sites in the same environmental setting (Figure 4). Maize was the core food supplemented by beans and squash with cotton was

Table 1. Charred, non-wood taxa from flotation simples

Taxa		
<i>Agave</i> (tissue and spine)	<i>Euphorbia</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>
<i>Amaranthus</i>	Fabaceae	<i>Pinus cembroides</i>
Asteraceae	cf. <i>Gaura</i> -type	<i>Plantago</i>
<i>Atriplex</i>	Geraniaceae	Poaceae
Brassicaceae	<i>Gossypium hirsutum</i>	<i>Polygonum</i>
cf. <i>Calandrinia</i> -type	cf. <i>Hedioma</i> -type	<i>Portulaca</i>
<i>Capsicum annuum</i>	<i>Helianthus</i>	<i>Prosopis</i>
Cheno-Am. (<i>Chenopodium</i> or <i>Amaranthus</i>)	<i>Hordeum pusillum</i>	<i>Quercus</i>
<i>Chenopodium</i>	<i>Iva</i>	Solanaceae
cf. <i>Cleome</i>	<i>Juniperus</i>	<i>Sporobolus</i>
cf. <i>Crotolaria</i>	<i>Kallstroemia</i>	<i>Trianthema</i>
<i>Corispermum</i>	<i>Lagenaria siceraria</i> (rind)	<i>Verbena</i>
<i>Cucurbita</i> (rind)	<i>Mentzelia</i>	<i>Vitis</i>
Unknow	<i>Opuntia</i> (nopal)	<i>Zea mays</i> (corn kernels and cob fragments)
<i>Echinocactus</i>	Papaveraceae	

Their availability varied by season, weather differences between years, and extent of human effects on the local flora. This list does not completely summarize the plant foods eaten by the ancient peoples in the region as numerous edible plant foods are unlikely to be preserved in the archaeobotanical record; greens/quelites would be an obvious example.

To contrast the archaeobotanical assemblage from sites in two different envi-

grown primarily for its fiber, although the seeds are also edible. Likewise, gourds were produced for containers, but immature fruits are edible. Agave likely was cultivated, but it also could have been harvested from native stands. We will discuss chile and little barley separately. Food production was supplemented by many native plants such as listed in Table 1.

ronmental settings, we calculated a Spearman's rank-order correlation between the assemblages from 204, the large upland community and 315, a large site in the major river valley (Figure 5). Taxa found from both sites showed a statistically significant similarity ($r^2 = .08$), as well as some differences. Cotton and beans are more common from river valley sites (#315 and 565), while agave was more common at the upland site (#204). Little barley and chile were not recovered from any upland sites. These differences might indicate that villages in different locations exchanged crops with other communities in the region. A number of other taxa were found from only one of the two sites, but these are infrequent. Their presence or absence could simply be a sampling issue rather than reflecting differences in resource use.

The plant remains from large site 204 and the presence of other villages in upland areas indicated that the smaller floodplains of secondary drainages were also cultivated. In addition, the hills above these valleys were also farmed. We recorded a sample of 186 upland fields of check dam systems on slopes and hill

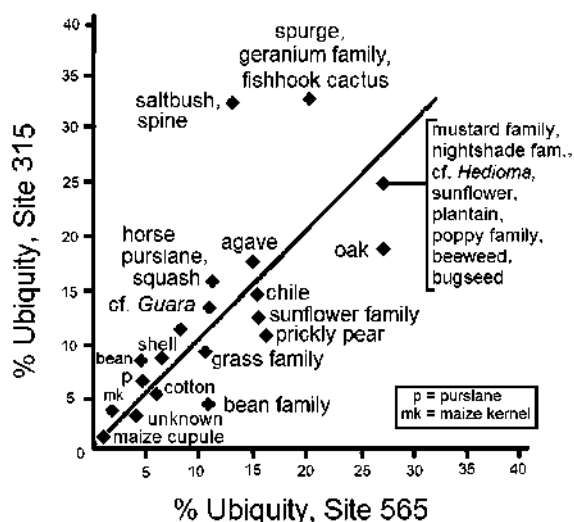


Figure 4. Rank-order scattergram of the taxa from the two sites (315 and 565) along the Río Casas Grandes valley.

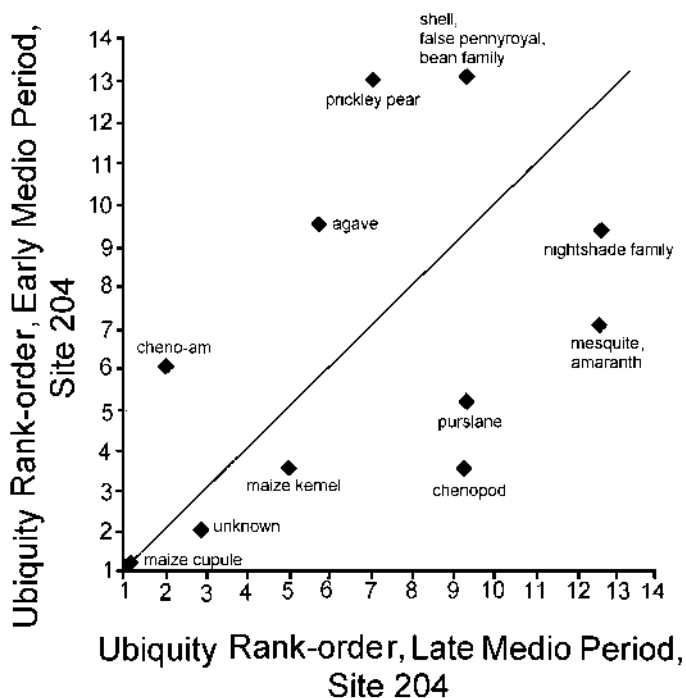


Figure 5. Rank-order scattergram, of taxa from Site 315 along the Río Casas Grandes and Site 204 located in an upland setting.

sides. Hundreds of these features, known locally as *trincheras*, dot the landscape in the Casas Grandes region. All but six of the 186 upland field systems were small, suggesting that they were cultivated by individual family groups. The larger field systems will be considered shortly.

Community Economy

Regardless of how various scholars envision the history of the CGAT, all recognize that Paquimé was more than simply a community of domestic farmers. The concentration and diversity of ceremonial architecture, the astonishing variety and quantity of imported exotica, and the presence of more elaborate burials are suggestive of some degree of inequality and centralized control (e.g., Di Peso, 1974; Di Peso et al., 1974). The prehispanic ethnobotany of Paquimé and the CGAT supports these suppositions through evidence of the production, distribution, and

consumption of food beyond the domestic economy. There are special plants, evidence elite controlled food production, as well as artifacts and features for specialized food production and preparation. Finally, there is biological evidence for certain patterns of consumption. All are discussed below.

Special Plants

Several plants may have had special places in the community food economy. These include little barley, chile, and plants such as cacao or yaupon holly that can be used to produce caffeinated drinks (Figure 6).

Little Barley (*Hordeum pusillum* Nutt.). Evidence of this plant's domestication is the presence of naked grain, a trait very uncommon in wild grass populations. Like most grasses, the seeds of wild populations are naturally tightly attached to the grain. Loosening of the chaff from the grain is a frequent characteristic of domesticated grasses such as wheat, barley, oats, rice, and rye (e.g., Glémin & Bataillon, 2009).

Little barley seems to have been a minor but widespread crop north of Mexico. Ancient naked grains of little barley are most common from Eastern North America (Gremillion 2018). In the NW/SW this plant is most commonly found in the Hohokam region of southern and central Arizona, but a few examples have been recovered from Ancestral Pueblo sites (Adams 2014; Graham et al., 2017).

The first example of prehispanic little barley from Mexico is a single seed from Site 315 (Minnis & Whalen, 2020). It was recovered from a small oval hearth in a domestic room. Its archaeological context does not permit us to argue that little barley was a special resource used in the community economy, or that it was a minor food used at the domestic level. The site itself, however, is one of the large, near-neighbors of Paquimé, and little barley has as yet to have been found at any other sites.

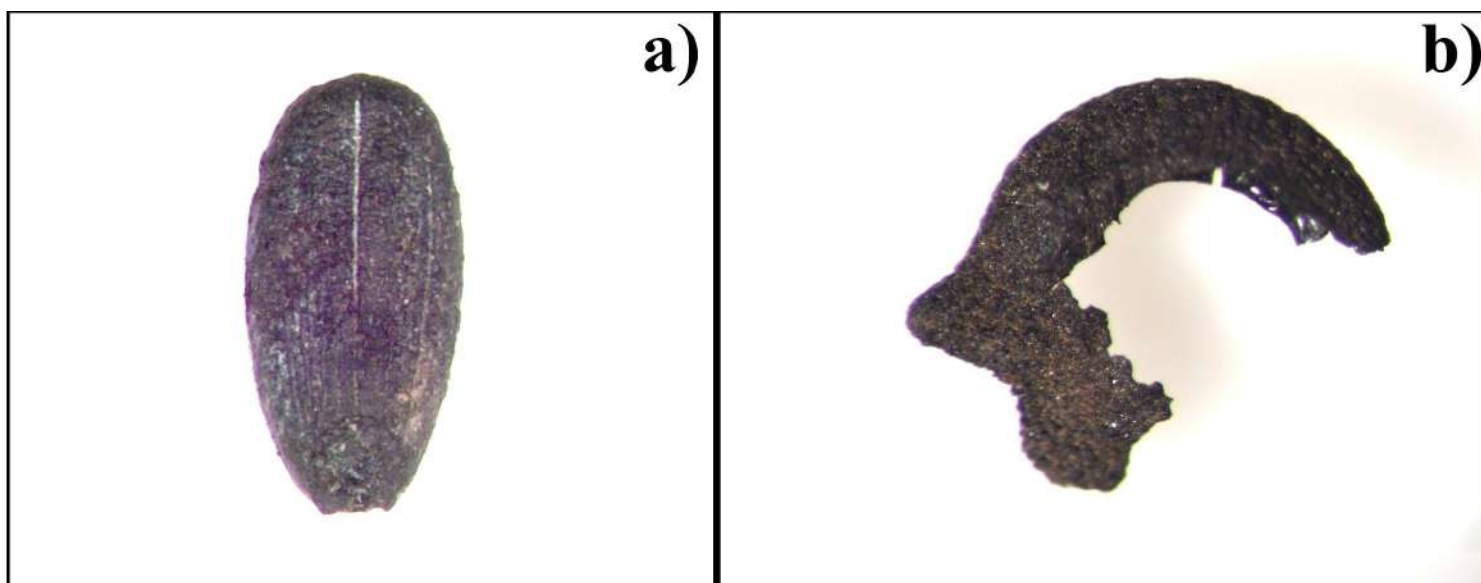


Figure 6. A) the little barley seed (*Hordeum pusillum* Nutt.); B) chile seed (*Capsicum annuum* L.).

Chile (*Capsicum annuum* L.). The remains of chile from our excavations are especially noteworthy. The most important crops used by the indigenous people in the NW/SW originated to the south in Mesoamerica (Minnis, 1992). It therefore is curious that chile, an important Mesoamerican crops, had not been found in the NW/SW in prehispanic times. However, after the Spanish entrada, chile remains are found in post-contact sites, especially in the northern Río Grande/Río Bravo del Norte in New Mexico. Ever since, chile has been an important part of NW/SW cuisine. There is no obvious reason for the absence of chile remains in prehispanic sites in the NW/SW, as it is small, hardy, and easily transported (Minnis & Whalen, 2010).

The cultivated chile remains from our excavations are the first from the NW/SW, as discussed elsewhere (Minnis & Whalen, 2010). Subsequent analyses identified more remains (Minnis & Whalen 2020). A total of 10 chile seeds were recovered from six rooms at two sites (# 315 and # 565), both of which are large, elaborate sites located in the Río Casas Grandes valley near Paquimé. Most were from common small hearths, but two were found in subfloor contexts in what appear to have been domestic rooms. We do not know the status of chiles. Their occurrence to

date in substantial communities near Paquimé is suggestive of special status, but we cannot yet say whether chile was special item used by important people or was only minor ingredient in domestic cuisine. We suspect the former, because of the presence of chile at both excavated large near neighbors of Paquimé and the absence of the plant's remains at site 204, a large but distant community. Unfortunately, the limited archaeobotanical record from Paquimé prevents pursuit of this issue.

Cacao/Yaupón. One of the most recent and surprising archaeobotanical discoveries in the NW/SW has been the chemical signature of caffeine-like chemicals, especially theobromine, discovered in ancient ceramics (Crown & Hurst, 2009; Crown et al., 2015). This chemical signature was detected in a small sample of sherds from 315, previously described as one of the large, near neighbors of Paquimé (Crown et al., 2015). In fact, the 315 samples had the highest percentage of sherds with theobromine residue of all sites tested in the NW/SW. These presently are the only analyzed sherds from the Casas Grandes area, so we do not know how widely the plant was used. The tested sherds came from small Ramos Polychrome vessels that also bore traces of exterior soot. These are



Figure 7. An example of an upland agricultural fields noted by rock alignments.

very time-consuming ceramics to produce, suggesting beverage consumption during special circumstances (Whalen & Minnis, 2025). We hope that similar sherds from Paquimé and from the more distant large site 204 will be tested for theobromine residue in the future.

The identification of the plant from which the caffeine-like substance is complicated. The scholars originally suggested that cacao, which is present far to the south in Mesoamerica, is the most likely source. However, yaupon holly (*Illex vomitoria* Aiton) also contains theobromine, and it was the source for a commonly consumed simulant among indigenous

groups in the Southeast U.S. (Hudson, 1979). Moreover, there are *Illex* species in northern Mexico (Robert Bye, personal communication, 2020). It is possible, therefore, that these *Illex* plants or yaupon could have been the source of the chemical signature detected in the sherds from site 315.

Fields

Some field systems provide clear evidence of specialized production associated with the community food economy. As mentioned previously, we mapped 186 upland fields that were marked by *trincheras*, or low terraces; 180 of which were small, likely farmed by



Figure 8. Trincheras on a cacique/chief field. This one is located near El Pueblito on Cerro Moctezuma, just west Paquimé.

small family groups (Figure 7). Beyond these were six large field systems, the smallest of which was much larger than any of the small fields (Figure 8). Most interestingly, five of these large field systems were near sites with special administrative or ritual functions (such as 242 and El Pueblito [Pitezal, 2011]). Simple domestic villages were not associated with such facilities (Minnis, et al., 2006). The sixth large field was near one of the two largest sites we recorded (178) and is located in an upland setting. We suggest that these were chief or cacique fields cultivated by the local population under the direction of leaders. Their produce would have supported the feasting events of the community food economy. If so, they are the first archaeologically documented chief fields in the NW/SW.

We also have recorded upland fields dotted with the small stone piles that likely served as moisture-retaining “mulch” probably for agavaceous plants. All these data indicate that there were large production

areas in the Casas Grandes area by Late Medio times, the productive capacities of which exceeded local domestic needs.

Food and Drink Preparation for Feasting Events

Finally, there is evidence from features, artifacts, and human remains for the role of plants in several aspects of the community economy for baking large quantities of plants and for preparation of fermented drinks. Preceding discussion showed that there was large productive capacity for maize and perhaps agave, both of which could have been fermented.

Underground ovens are very common in the borderlands and are recorded for many archaeologically documented groups (e.g., Fish & Fish, 2014) and historical cultures (Castetter et al., 1938; Gentry, 1982). Similar ovens in a wide range of sizes are found in the CG area, probably representing food production from domestic to communal scales (Figure 9). The largest examples are unusually well constructed. There were constructed to hold a large amount of wood, especially pine, which produced very high temperatures (MacWilliams et al., 2001). Such ovens would be ideal for baking of large quantities of agavaceous plant food for feasting during ceremonial events. Some large ovens are next to ritual ball courts in the Paquimé hinterland, as well, further emphasizing their ceremonial association (Minnis & Whalen 2005; 2020). In addition to these hinterland examples five large ovens were excavated at Paquimé (Di Peso, 1974; Di Peso et al., 1974). This is the region’s largest concentration of these large facilities. Four are clustered in what appears to be a specialized production area. More impressive is a huge oven next to a ceremonial platform mound



Figure 9. A well-constructed earthen oven excavated at Site 204. This feature is next to a ball court.

(Figure 10). We think that it is the largest earthen oven known from the NW/SW, capable of baking over 3,000 kg (7,000 lbs.) of agave hearts during a single cooking episode (Minnis & Whalen, 2005). That quantity is evidence of the large number of people fed at Paquimé on ceremonial occasions.

What was prepared in the ceremonial ovens? The many flotation samples from those we excavated provided no unambiguous evidence of what was being cooked. The excavators of the largest oven at Paquimé indicated that remains of agave and sotol were present (Di Peso et al., 1974), but no specimens were collected. Still, the most likely material cooked in the oven was agave. This baked product could have been both eaten and fermented into a beer-like drink.

There is additional evidence from artifacts and human remains for the production and consumption of fermented drink in the Casas Grandes area. Many



Figure 10. The enormous earthen oven is located next to a ceremonial mound (Unit 9) at Paquimé. We suspect that this is the largest earthen oven in the NW/SW (photograph courtesy of the Amerind Foundation; Alfred Cohn, photographer).

large vessels from 242 have the internal pitting indicative of fermentation (Whalen & Minnis, 2025). Their combined capacity would have been far above domestic needs. Site 242 lies beside a very large system of agricultural terraces, the productive capacity of which would have been far in excess of domestic requirements. We envision consumption of fermented drinks in rituals associated with the site's large ball court. Finally, we note that a study of dental calculus from Medio Period teeth shows evidence of consumption of fermented maize starch (King et al., 2017).

Concluding Thoughts

Paquimé was an influential and important community in the CGAT and beyond. Unfortunately, general archaeological research there long has been very limited, and archaeobotanical research has been even less common. Despite this, our research and that of others (e.g. Adams, 2017) provided a basic model of plants in the domestic and community food economies. All over the NW/SW, and in the Casas Grandes area, maize-based farming was the dietary foundation, supplemented with other common crops and a wide range of native plants (Adams & Fish, 2011). These appear to have been produced, prepared, and consumed at both domestic and community scales that supported both individual households and fueling the rich ceremonial and political structure.

Understanding the food economy has implications beyond what people ate and how food was used. Paquimé was situated near the most abundant floodplain field settings along the largest river valley in the region. Consequently, it probably was more easily able to produce abundant harvests and surpluses. This may have been a key factor in its rise as the most important community in the CGAT. It is widely recognized that an important way to build alliances and acquire power and influence is to host ritual feasts.

This requires production beyond domestic needs, and Paquimé was better situated than other communities in the region to produce what was needed to build and sustain its political and religious structures (Whalen & Minnis, 2025).

Acknowledgements

The results just discussed are from several decades of archaeological research in the Casas Grandes area. Thus, it would be prohibitively long to name everyone who contributed to our project. Suffice it to say, we would not have been able complete our work without the student participants who came from Mexico, the United States, Canada, and the Netherlands. Members of the INAH Consejo de Arqueología, INAH Centro Regional Chihuahua, and the Museo de las Culturas del Norte de México provided professional help and advice. Finally, the local population, who love Paquimé, facilitated our research, and we especially want to thank Prof. Julian Hernández Chavez for his invaluable and unstinting friendship and help.

References Cited

- Adams, K. (2014). Little barley (*Hordeum pusillum* Nutt.): A pre-hispanic New World domesticate lost to history. In P. Minnis (Ed.), *New lives for ancient and extinct crops* (pp. 179-191). University of Arizona Press.
- Adams, K. (2017). Ancient plant use in west-central Chihuahua. In J. Kelley and D. Phillips (Eds.), *Not so far from Paquimé: essays on the archaeology of Chihuahua, Mexico* (pp. 81-98). University of Utah Press.
- Adams, K., & S. Fish. (2011). Subsistence through time in the Greater Southwest. In B. Smith (Ed.), *The subsistence economies of indigenous North American societies* (pp. 147-184). Smithsonian Institution Press.
- Braniff Cornejo, B. (2001). *La Gran Chichimeca, el lugar de las rocas secas*. CONACULTA/ Jaca Books.
- Castetter, E., Bell, W. & Grove, A. (1938). *Ethnobiological studies of the American Southwest iv: the early utilization and distribution of Agave in the American Southwest*.

(University of New Mexico Bulletin No. 335). University of New Mexico Press.

Crown, P., & Hurst, J. (2009). Evidence of cacao use in the prehispanic American Southwest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106 (7), 2110–2113.

Crow, P., Gu J., Hurst, W., Ward, T., Bavenec, A., Ali, S., Kebert, L., Berch, M., Redman, E., Lyons, P., Mereweather, J., Phillips, D., Reed, L., & Woodson, K. (2015). Ritual drinks in the prehispanic US Southwest and Mexican Northwest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States* 112 (37), 11426–11442.

Cruz Antillón, R., & Maxwell, T. (2017). La provincia oriental de Casas Grandes. In R. Cruz Antillón and T. Maxwell (Eds.), *La cultura Casas Grandes* (pp. 177–90). INAH Chihuahua y Secretaría de Cultura de Chihuahua, Gobierno del Estado de Chihuahua.

Di Peso, C. (1974). *Casas Grandes: a fallen trading center of the Gran Chichimeca* (Vols. 1-3). Northland Press.

Di Peso, C., Rinaldo J., & Fenner, G. (1974). *Casas Grandes: a fallen trading center of the Gran Chichimeca* (Vols. 4-8). Northland Press.

Fish, S., & Fish P. (2014). Agave (*Agave* spp.): A crop lost and found in the US-Mexico borderlands. In P. Minnis (Ed.) *New lives for ancient and extinct crops* (pp.102-138). University of Arizona Press.

Graham, A., Adams, K., Smith, S., & Murphy, T. (2017). A new record of domesticated little barley (*Hordeum pusillum* Nutt.) in Colorado: travel, trade, or independent domestication. *Kiva* 83 (4), 414-442.

Gentry, H. (1982). *Agave in continental North America*. University of Arizona Press.

Glémin, S. & Bataillon, T. (2009). A comparative view of the evolution of greases under domestication. *New Phytologist*, 183 (2), 273-290.

Gremillion, K. (2018). *Food production in native North America*. Society for American Archaeology Press.

Hudson, C. (1979). *Black Drink: A native American tea*. University of Georgia Press.

King, D., Searcy, M., Yost, C., & Waller, K. (2017). Corn, beer, and marine resources at Casas Grandes, Chihuahua, Mexico. *Journal of Archaeological Sciences Reports*, 16, 365-379.

MacWilliams, A.C., Killick, D., Minnis, P., & M. Whalen. (2001). Thermal conditions in Medio Period roasting pits, northwest Chihuahua. Paper presented at the 80th annual meeting of the Society for American Archaeology.

Minnis, P. (1992). Earliest plant cultivation in the desert borderlands of North America. In Cowan & P. J. Watson (Eds.), *The origins of agriculture: An international perspective* (pp. 121–141). Smithsonian Institution Press.

Minnis, P., & Whalen M. (2005). At the other end of the Puebloan world: feasting at Casas Grandes, Chihuahua, Mexico. In M. Hegmon & B. Eiselt (Eds.), *Engaged anthropology: research essays on North American archaeology, ethnobotany, and museology* (pp. 114–28). University of Michigan Museum of Anthropology, Papers No. 94.

Minnis, P., & Whalen, M. (2010). The first prehispanic chile (*Capsicum annum*) from the U.S. Southwest/Northwest Mexico and its changing use. *American Antiquity* 75 (2), 245–257.

Minnis, P. & Whalen, M. (2015). *Ancient Paquimé and the Casas Grandes World*. University of Arizona Press.

Minnis, P. & Whalen, M. (2016). *Discovering Paquimé*. University of Arizona Press.

Minnis, P. & Whalen, M. (2020). *The Prehispanic ethnobotany of Paquimé and its neighbors*. University of Arizona Press.

Minnis, P., Whalen, M., & Howell, R. (2006). Fields of power: upland farming in the prehispanic Casas Grandes polity, Chihuahua, Mexico. *American Antiquity* 71:707–722.

Nelson, B., Villalpando Canchola, E., Punzo Diaz, J. and Minnis, P. (2015). Prehispanic Northwest Mexico and adjacent West Mexico, 1200 B.C.-A.D. 1400: an inter-regional perspective. *Kiva* 81 (1), 31-61.

Newell, G., & Gallaga, E. (2001). *Surveying the archaeology of Northwest Mexico*. University of Utah Press.

Pailes, M. & Searcy, M. (2022). *Hinterlands to cities: The archaeology of Northwest Mexico and its vecinos*. Society for American Archaeology Press.

Pitzel, T. (2011). *From Archaeology to ideology in Northwest Mexico: Cerro de Moctezuma in the Casas Grandes ritual landscape*. Ph.D. dissertation, Department of Anthropology, University of Arizona.

Whalen, M., & Minnis, P. (2025). *Reframing Paquimé: community formation in Northwest Chihuahua*. University Arizona Press.

Evidencias sobre el uso antiguo del sotol (*Dasyllirion* sp.) en Nuevo León, México

R.E. Narváez-Elizondo^{1*}, A. Rivera-Estrada² y R. Quirino-Olvera³

¹Proyecto arqueológico Sierra Madre Oriental, Centro INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia) Nuevo León. Calle Rafael José Verger s/n., Col. Obispado, Monterrey, N.L. México. 64060.

²Centro INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia) Nuevo León. Calle Rafael José Verger s/n., Col. Obispado, Monterrey, N.L. México. 64060.

³Investigador independiente. Zacatecas, Zacatecas, México.

*Autor para correspondencia: biol.raul.ernesto@gmail.com

Resumen

Este trabajo reporta el registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* encontrado en el sitio El Morro Orgánico, Nuevo León, México. Dicho registro está conformado por hojas fragmentadas, frutos, un cogollo (hojas agrupadas y compactadas), así como por ejemplares de cestería y nudos. El análisis del estado estructural de los ejemplares de hojas, aunado a su asociación con otros elementos del contexto arqueológico y la revisión de información etnobotánica, permite proponer que el sotol se utilizaba como alimento. Por su parte, la cestería y los nudos indican actividades domésticas como el almacenamiento y procesamiento de alimentos. La información cronológica obtenida por dataciones absolutas y relativas plantea que el aprovechamiento del sotol se extendió desde el período Arcaico Temprano hasta el Histórico. Estos hallazgos aportan nuevos datos que permiten comprender con más detalle la antigua relación entre la humanidad y los recursos vegetales silvestres en la región serrana de Nuevo León.

Palabras clave: Aramberri, Asparagaceae, arqueobotánica, El Morro Orgánico, plantas rosetófilas

Abstract

This study reports the archaeobotanical record of the genus *Dasyllirion* from the El Morro Orgánico site, Nuevo León, Mexico. This record consists of fragmented leaves, fruits, a cogollo (a compact cluster of leaves), as well as samples of basketry and knots. The analysis of the struc-

tural condition of the leaf specimens, together with their association with other elements of the archaeological context and a review of ethnobotanical information, suggests that sotol was used for dietary purposes. Likewise, the basketry and knot specimens indicate domestic activities such as the storage and processing of food. The chronological information obtained from absolute and relative dating suggests that the use of sotol extended from the Early Archaic period to the Historic period. These findings provide new data that contribute to a more detailed understanding of the long-standing relationship between humans and wild plant resources in the mountainous region of Nuevo León.

Keywords: Aramberri, Asparagaceae, archaeobotany, El Morro Orgánico, rosetophyllous plants

Introducción

El estudio de los macrorrestos vegetales constituye una vía fundamental para reconstruir las interacciones entre las sociedades humanas del pasado y su ambiente (Hastorf, 1999; Pearsall, 2015), particularmente en regiones áridas y semiáridas donde la preservación de materiales orgánicos puede ser excepcional. En el noreste de México, y en especial en el estado de Nuevo León, los contextos arqueológicos con preservación de macrorrestos vegetales, aunque

poco numerosos, ofrecen una oportunidad única para explorar estrategias de aprovechamiento de recursos vegetales (Alvarado & Xelhuantzi-López, 2007; Narváez-Elizondo et al., 2019).

El género *Dasyilirion* Zucc. (Asparagaceae) comprende un conjunto de 23 especies conocidas popularmente como sotoles, cuya distribución abarca desde el estado de Oaxaca, México, hasta el sur de Estados Unidos, presentándose principalmente en matorrales xerófilos y en zonas de transición hacia bosques de pino y/o encino (Ruiz-Flores & Castro-Castro, 2024). Estas plantas se caracterizan por ser especies dioicas, perennes, de tallos cortos (acaules o caulescentes), rosetas de hojas fibrosas, largas, con márgenes denticulados (Figura 1), inflorescencias en forma de espiga y frutos a modo de cápsulas (Reyes-Valdés et al., 2012).

Diversos estudios etnobotánicos y arqueológicos han documentado el uso del sotol para fines alimenticios y como materia prima para la elaboración de artefactos (Bell & Castetter, 1941; Bryant, 1975; Dering, 1999; Reyes-Valdés et al., 2013). Dado lo anterior, el género *Dasyilirion* resulta ser un taxón de particular relevancia para el análisis de macrorrestos asociados a actividades tecnológicas y de subsistencia en contextos prehispánicos del norte mexicano.

El sitio arqueológico El Morro Orgánico, localizado en el estado de Nuevo León, ha proporcionado un conjunto significativo de macrorrestos vegetales atribuíbles al género *Dasyilirion*, preservados en condiciones que permiten un análisis detallado de sus características morfológicas. Dichos restos ofrecen la posibilidad de abordar no solo su identificación taxonómica, sino también de evaluar las evidencias de procesamiento y manufactura asociadas con la producción de artefactos.

De esta manera, el presente trabajo tiene como objetivo identificar y caracterizar las partes o estructuras anatómicas que conforman los macrorrestos vegeta-



**Figura 1. Ejemplar de un sotol (género *Dasyilirion*).
Imagen: R.E. Narváez-Elizondo.**

les del género *Dasyilirion* recuperados en El Morro Orgánico, así como analizar su aprovechamiento dentro del contexto arqueológico del sitio. A través de un enfoque que integra observaciones morfológicas, comparaciones con material botánico moderno y analogías basadas en información de índole etnográfica, etnobotánica e histórica, se busca contribuir a la comprensión del papel del sotol en las prácticas cotidianas de los grupos humanos que ocuparon dicho sitio.

Material y métodos

Área de estudio

El Morro Orgánico se localiza a una distancia de 6 km hacia el sur de la cabecera municipal de Aramberri,

Nuevo León (Figura 2), y a 300 km de Monterrey, la capital del estado. Se sitúa a una altura de 1270 msnm, a casi 100 m del sitio en dirección este se encuentra el cauce del río Blanco, el cual es parte de la región hidrológica de San Fernando-Soto La Marina, misma que desemboca en el Golfo de México (INEGI, 1983). Además, a 200 m en dirección este se ubica el cerro El Morro (Figura 3a).

El sitio es considerado un abrigo rocoso (Figura 3b), cuyo largo es de unos 11.64 m, mientras que su altura en sus puntos más altos y bajos es de 2 m y 72 cm respectivamente (Rivera-Estrada, 2014, 2016). Dicho sitio se localiza dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, la cual se caracteriza por ser un conjunto de sierras menores de estratos plegados de rocas sedimentarias datadas para los períodos geológicos del Cretácico y Jurásico (INEGI, 1983). La secuencia estratigráfica en la zona corresponde a la formación Olvido (Jurásico Superior), compuesta por rocas calizas (Rivera-Estrada, 2016).

El tipo de suelo de la localidad corresponde a un lito-sol, caracterizado por presentar profundidades que oscilan entre 0 y 10 cm, con afloramientos del material parental y una alta pedregosidad. El clima corresponde al tipo seco cálido (BS0(h')h), de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García, con una temperatura media anual superior a 22°C. La temperatura del mes más frío es inferior a 18°C durante diciembre-enero, mientras que las temperaturas máximas alcanzan aproximadamente 38°C durante mayo-junio. La mayor incidencia de precipitación ocurre durante el verano, con los valores máximos registrados entre agosto y septiembre, mientras que durante el periodo invierno-primavera se presenta una estación relativamente seca. La precipitación anual oscila entre 200 y 300 mm (INEGI, 1983).

La vegetación actual en la zona inmediata es el matorral submontano, siendo las especies dominantes la barreta (*Helietta parvifolia* [A. Gray ex Hemsl.]

Benth.), el guajillo (*Senegalia berlandieri* [Benth.] Britton & Rose), chaparro prieto (*Vachellia rigidula* [Benth.] Seigler & Ebinger), lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), anacahuita (*Cordia boissieri* A. DC.), sangre de drago (*Jatropha dioica* Sessé ex Cerv.), granjeno (*Celtis pallida* Torr.), coyotillo (*Karwinskia humboldtiana* [Schult.] Zucc.) y algunos nopales (*Opuntia* spp.); sin embargo, también es posible encontrar elementos del matorral xerófilo micrófilo, como lo son la biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto) y la guapilla (*Hechtia glomerata* Zucc.), así como en menor medida elementos de vegetación riparia debido a la cercanía del río Blanco.

Excavación y recuperación del material arqueológico

La exploración del sitio comenzó con la fijación de un banco de nivel y un *ordnance datum*, continuando con la delimitación de una cuadrícula finita orientada hacia el norte magnético y demarcada por cuadros de 1 m por 1 m para referir a esta el control espacial de la excavación. Para ello se clavaron estacas en los extremos del espacio y se instalaron hilos conformando la retícula sobre el piso. El interior se dividió en dos secciones, este y oeste, considerando la topografía del mismo sitio. Al norte de la línea base se situó el nivel del piso actual, quedando el sector sur hacia la línea de goteo. Al sector este (nivel inferior o nivel II) se asignaron las coordenadas del sector NE, en tanto que, para el eje norte-sur se señalaron valores numéricos positivos (Figura 4).

Posteriormente se fijaron niveles estratigráficos con la finalidad de lograr determinar la secuencia cultural del sitio, así como la toma y registro de los materiales arqueológicos por cuadro y nivel. En general, la estratigrafía del sitio es irregular y difícil de determinar por capas ya que esto dependió de factores como el talud con dirección este-oeste del afloramiento (25°); el relleno, en parte natural y cultural, con enor-

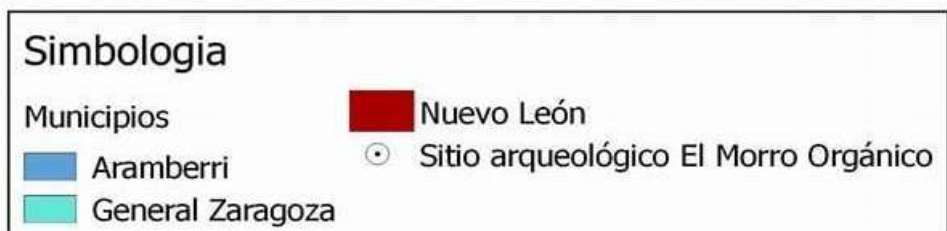
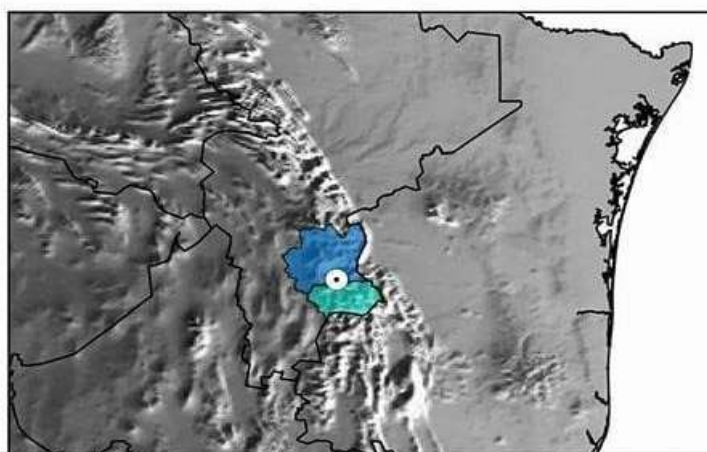
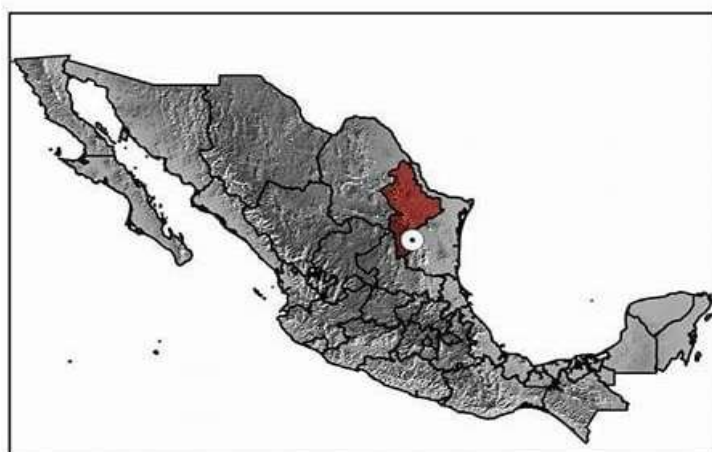


Figura 2. Ubicación geográfica del sitio El Morro Orgánico. Elaboración: R.E. Narváez-Elizondo.



Figura 3. A) vista panorámica del cerro El Morro (izquierda) y parte del caudal del río Blanco (derecha) desde El Morro Orgánico; B) vista frontal del sitio El Morro Orgánico. Imágenes: R.E. Narváez-Elizondo.

mes lozas de calizas hacia la parte media, posiblemente para nivelar el piso del abrigo; la sedimentación producto del transporte eólico; la presencia apreciable de gravas o fragmentos mayores resultado del tipo de suelo definido como litosol; así como la cons-

tante acumulación de una gran cantidad de materiales arqueológicos. Las actividades dentro del sitio también fueron condicionadas por la morfología de las paredes y rocas que delimitan el interior de este, por lo que las excavaciones en algunos casos resulta-

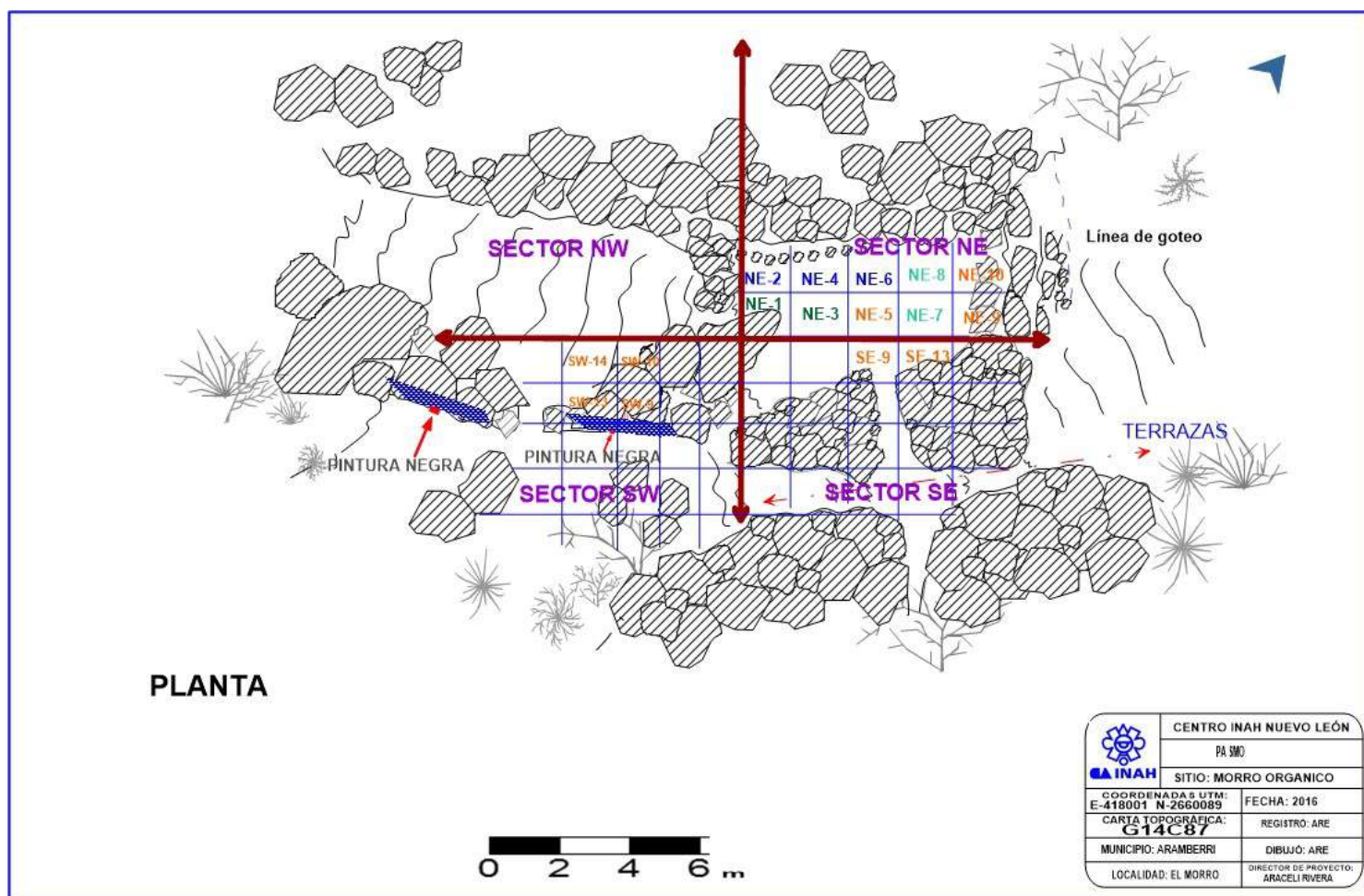


Figura 4. Dibujo en planta de las unidades de excavación en El Morro Orgánico. Elaboración: A. Rivera-Estrada.

ron menores a 1 m² (para más detalles técnicos de la excavación, consultar los informes de Rivera-Estrada, 2014, 2016).

Los macrorrestos del género *Dasyllirion* (al igual que los de otros taxones) se obtuvieron in situ mediante el muestreo total del sedimento de cada nivel, el cual fue cribado en seco con mallas de 1 mm de diámetro, además de la recuperación directa de materiales durante la excavación, de acuerdo con la profundidad, tipo de sedimento, abundancia y tamaño del mismo material en los distintos niveles estratigráficos. Las muestras se depositaron en bolsas herméticas etiquetadas con los siguientes datos: nombre del proyecto; nombre del sitio; sector de la excavación; cuadro; nivel; fecha de recuperación; e identidad taxonómica del ejemplar (siendo esta última asignada

en el laboratorio). Al finalizar las actividades se rellenó y niveló el área de muestreo con el mismo sedimento (arena, grava y cantos rodados) resultante de la excavación. Asimismo, se depositó un testigo.

Antigüedad del sitio

Para conocer la antigüedad de la ocupación del sitio se dataron muestras de carbón de distintos niveles de la excavación (Tabla 1), mediante la técnica de carbono 14 (14C) en el Laboratorio de Radiocarbono de la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico del INAH, CDMX, México (Tabla 1). Además, un diente humano fue analizado con la técnica de espectrometría de masas con aceleradores (AMS, por sus siglas en inglés) en el laboratorio Beta Analytic, Miami, EUA (Tabla 1).

Las fechas más antiguas obtenidas son: 7620 ± 30 a.p., 3640 ± 39 a.p. y 3570 ± 36 a.p. (Tabla 1). Entre las fechas más recientes están: 888 ± 59 a.p., 842 ± 56 a.p., así como 263 ± 41 a.p., esta última asociada a restos de una osamenta humana localizados por fuera del abrigo rocoso, al pie de un bloque grande de caliza (Tabla 1).

Dichas muestras señalan una ocupación que se extiende hacia fechas que abarcan un lapso ubicado entre los períodos Arcaico Temprano (6000–2500 a.C.), Arcaico Medio (2500–1000 a.C.), Arcaico Tardío (1000 a.C.–700 d.C.), Prehistórico Tardío (700 d.C.–Siglo XVI) e Histórico (Siglo XVI a fechas posteriores), tomando en cuenta los criterios de periodización para la prehistoria e historia empleados en Texas (EUA) y el noreste mexicano (Turner et al., 2011; Turpin, 1994; Turpin y Eling, 2014).

Afiliación cultural

Las evidencias materiales encontradas en El Morro Orgánico indican que el sitio fue habitado por grupos humanos que combinaban sistemas de subsistencia como la agricultura incipiente y la cacería-recolección (Narváez-Elizondo et al., 2019; Rivera-Estrada, 2014, 2016).

Por otro lado, conocer cómo se denominaban así mismos los habitantes de este sitio es una tarea complicada, puesto que no existe algún documento escrito u otro tipo de evidencia al respecto elaborada por dicho grupo. No obstante, de acuerdo con algunos documentos históricos realizados por mestizos y españoles tras el inicio de las misiones franciscanas en lo que hoy en día son los municipios de Aramberri y General Zaragoza, la región alrededor del río Blanco fue habitada por indígenas conocidos como *Boçalos* (Gutiérrez-Cañada, 2022; Rivera-Estrada, 2007b).

Identificación taxonómica e interpretación paleoetnobotánica

Para la identificación taxonómica de los macrorrestos vegetales se realizaron comparaciones anatómicas a ojo desnudo y mediante el empleo de un microscopio estereoscópico (aumento de 10x a 20x), con ejemplares colectados de la flora actual en el área de estudio y material del Herbario UNL de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

Dado que el registro arqueobotánico de esta planta consiste en restos de hojas, frutos y un cogollo (conjunto de hojas agrupadas y apretadas entre sí), algunos de los caracteres diagnósticos para la identi-

Tabla 1. Fechamientos radiocarbónicos seleccionados del sitio El Morro Orgánico, correspondientes a las fechas más antiguas y más recientes

Sector	Cuadro	Nivel	Profundidad bajo superficie	Material datado	Fechas (AP)	Rangos calibrados	σ	%	Métodos	Código de laboratorio
Entierro 1	A	I-II	0-25 cm	carbón	263 ± 41	1480-1680 d.C.	2	79.5%	¹⁴ C	INAH- 3315
NE	2	XVII	79-88 cm	carbón	888 ± 59	1020-1260 d.C.	2	95.4%	¹⁴ C	INAH-3302
NE	2	XXIV	135-141 cm	carbón	3570 ± 36	2030-1870 a.C.	2	82.9%	¹⁴ C	INAH-3310
NE	4	XX	95-100 cm	diente humano	7620 ± 30	6505–6418 a.C.	2	95.4%	AMS	Beta-717009
NE	7	XX	105 cm	carbón	3640 ± 39	2140-1900 a.C.	2	95.4%	¹⁴ C	INAH-3359
NE	8	XV	75-80 cm	carbón	842 ± 56	1040-1280 d.C.	2	95.4%	¹⁴ C	INAH-3361

ficación del género *Dasyilirion* fueron: hojas glabras, de forma lineal y con márgenes denticulados; y frutos tipo cápsula, triloculares, coriáceos, indehiscen-tes, de 5 a 8 mm de ancho. Cabe mencionar que las estructuras vegetales conservadas en este registro no son suficientes para una identificación a nivel de especie, pues para esto se necesita analizar más partes anatómicas y sus características, como las inflo-rescencias y sus flores (Hernández-Sandoval, 2020).

Una vez identificadas las muestras, se realizó un registro cuantitativo para cada unidad de excavación. Para ello, cada fragmento que presentaba caracterís-ticas diagnósticas del género *Dasyilirion* se contabilizó como un espécimen, independientemente de su es-tado estructural (entero o fragmentado) y de su ta-maño, tal como se sugiere en otros trabajos (Badal et al., 2003; Petrucci & Tarragó, 2015).

Para indagar sobre el uso potencial del sotol por los habitantes del sitio, se consideró el estado estructu-ral de su registro arqueobotánico (por ejemplo: tipo de parte anatómica conservada, evidencia de exposi-ción al fuego, marcas de corte u otra forma de traba-jo, etc.), así como su asociación con otros elementos del mismo contexto arqueológico. También se revisó información arqueobotánica (Bryant, 1975; Dering, 1999; Hanselka, 2017) y etnobotánica (Bell & Cas-tetter, 1941) sobre este mismo grupo de plantas para realizar analogías.

Resultados y discusión

En total, se recuperaron 8420 macrorrestos pertene-cientes al género *Dasyilirion* (Apéndice 1). La gran mayoría corresponde a fragmentos de hojas ($n = 8381$), destacando entre estos los que corresponden a la porción basal (Figura 5a). Asimismo, se encontra-ron cinco frutos (Figura 5b) y un cogollo (Figura 6). También se registraron artefactos elaborados con hojas de sotol, siendo estos cestería (Figura 5c; $n = 25$) y nudos (Figura 5d; $n = 8$).

Si bien, como se señaló en la metodología, la identifi-cación a nivel de especie dentro del género *Dasyli-rion* requiere la evaluación de diversos aspectos que exceden a este registro arqueobotánico, la distribu-ción geográfica de las especies registradas para Nue-vo León sugiere que *Dasyilirion berlandieri* constituye la especie con mayor probabilidad de haber sido aprovechada en el sitio.

La asociación de los macrorrestos de hojas con muestras de carbón fechadas por radiocarbono (^{14}C) se presenta en cinco casos (Apéndice 1). La fecha más antigua de estas corresponde al año 1407 ± 28 a.p. (595–665 cal. d.C.; carbón; INAH-3234-3; 2σ ; cuadro NE-3, nivel XIV). Por su parte, la datación re-lativa de ciertas puntas líticas vinculadas con restos de hojas sugiere que la presencia de este género de plantas pudo extenderse desde los años 1500–300 a.C. hasta el siglo XVIII d.C. (Apéndice 1), lo que im-plica un lapso aproximado de 3300 años, ubicado cronológicamente desde el período Arcaico Medio hasta el Histórico.

En cuanto a la cestería, ocho ejemplares pueden si-tuarse cronológicamente a partir de su contextualiza-ción junto a fechamientos radiocarbónicos y tipolo-gías líticas (Apéndice 1). La fecha radiocarbónica más antigua asociada con este tipo de artefactos corres-ponde al año 7620 ± 30 a.p. (6505–6418 cal. a.C.) dentro del Arcaico Temprano, mientras que la única fecha obtenida por tipología lítica se estima entre los años 1000–1500 d.C. En conjunto, ambos tipos de asociaciones cronológicas indican una posible conti-nuidad de la tecnología de manufactura de la ceste-ría a lo largo de amplio intervalo de tiempo (Apéndice 1).

Respecto a los nudos, sólo dos de los ocho ejempla-res se asocian con fechas radiocarbónicas, mismas que corresponden a los períodos Arcaico Tardío y Prehistórico Tardío. Un ejemplar se asocia con una datación relativa que reafirma la presencia de estos

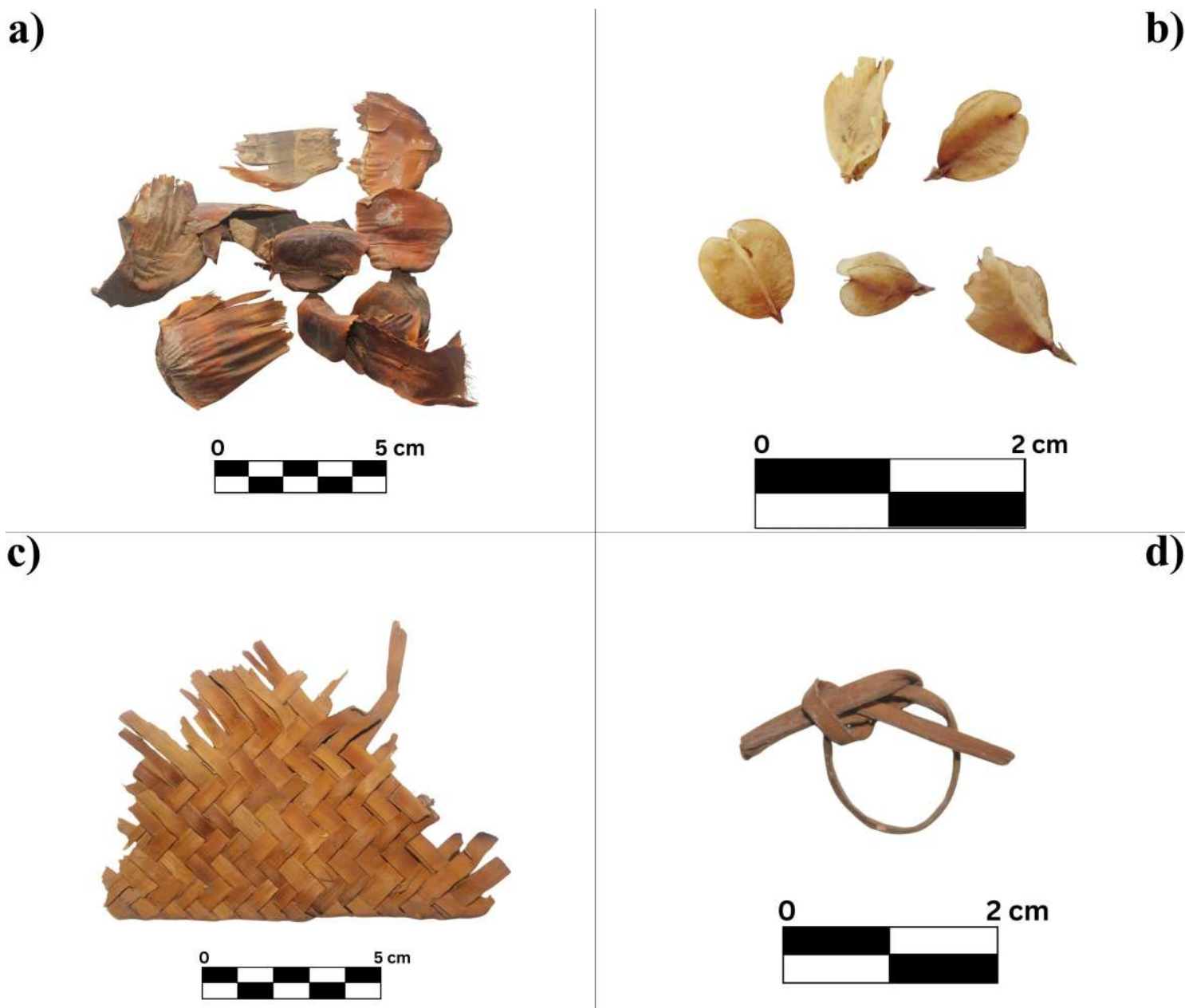


Figura 5. Registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* en El Morro Orgánico. A) Restos de hojas (cuadro NE-2, nivel XI); B) Frutos (cuadro NE-1, nivel I); C) Ejemplar de cestería entretejido con hojas (cuadro NE-3, nivel XIII); D) Nudo hecho con una hoja (cuadro NE-2, nivel XII). Imágenes: R.E. Narváez-Elizondo y A. Rivera-Estrada.

artefactos durante el Prehistórico Tardío (Apéndice 1).

El registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* también ha sido documentado en otro sitio prehispánico de Nuevo León. Dicho sitio es Barrancos Caídos II (General Zaragoza) y se ubica a una distancia de aproximadamente 7 km hacia el sur de El Morro Orgánico. En este sitio se reportó el hallazgo de restos

de hojas y un fragmento de cestería (Alvarado y Xelhuantzi-López, 2007; Rivera-Estrada, 2007a).

Los hallazgos arqueobotánicos de sotol se extienden hacia otras zonas del noreste mexicano y Texas. Por ejemplo, Bryant (1975) encontró muestras de polen de sotol en coprolitos humanos procedentes del sitio Cueva La Espantosa (Coahuila), cuya antigüedad se estima entre los años 7500 a.C.–300 d.C. Dering



Figura 6. Cogollo (hojas agrupadas y compactadas) del género *Dasyllirion* recuperado en El Morro Orgánico (cuadro NE-2-anexo, nivel X). Imagen: A. Rivera-Estrada.

(1999) documentó restos de partes basales de hojas de *Dasyllirion* en hornos de pozo del sitio Hinds Cave (Texas), proponiendo que esta planta se utilizó como alimento desde el Arcaico Temprano hasta el Arcaico Tardío. Ambos contextos presentan restos asociados con fechas tempranas, lo cual coincide con lo registrado en El Morro Orgánico, particularmente en el caso de un ejemplar de cestería (Apéndice 1). Además, en algunas unidades estratigráficas correspondientes a las fases San Lorenzo (1100–500 cal. a.p.) y San Antonio (500–200 cal. a.p.) de la Cueva de Romero (Tamaulipas), se encontraron restos de hojas (Hanselka, 2017).

Desde una perspectiva paleoetnobotánica, los restos de hojas y de un cogollo en El Morro Orgánico sugieren el aprovechamiento del sotol como alimento. Se-

gún información etnobotánica, el consumo de “cabezas” de sotol (tallos que conservan únicamente las bases foliares, sin el resto de la lámina) ha sido documentado entre grupos étnicos del suroeste de Estados Unidos, como los apaches mezcaleros y chiri-cahuas (Bell & Castetter, 1941). Estas se preparaban en hornos de pozo, donde se cocían durante algunos días, después se secaban al sol, se retiraban las partes quemadas y se machacaban en morteros hasta obtener una apariencia harinosa homogénea, con la cual se hacía un tipo de pan o torta que se cocía en las brasas (Bell & Castetter, 1941).

A la luz de dicha información, los numerosos fragmentos de hojas podrían ser desechos del procesamiento del sotol previo a su cocción, mientras que el cogollo pudo haber sido almacenado para su poste-

rior procesamiento. Algunas evidencias del propio contexto arqueológico que apoyan esta interpretación son la presencia de restos de hojas con exposición al fuego, ceniza y rocas de fogones en diversas unidades de la excavación en el sitio, lo que sugiere la cocción de alimentos derivados del sotol dentro del sitio. Además, el hallazgo de coahuilos –artefactos líticos interpretados como herramientas de procesamiento de plantas– podrían relacionarse con actividades como el corte y raspado del sotol.

En el antiguo noreste mexicano, la cestería conformaba objetos relacionados con actividades domésticas como el almacenamiento y procesamiento de alimentos (Valdés, 2017), así como con prácticas funerarias, en las que se llegó a emplear a modo de envoltorios mortuorios (Arroyo-de Anda, 1956). En el caso de El Morro Orgánico, la ausencia de huesos humanos asociados con estos artefactos, a diferencia de lo observado con macrorrestos de diversas plantas comestibles –incluido el sotol–, artefactos de molienda y cerámica, indica una función vinculada con el almacenamiento y procesamiento de alimentos.

Aunque aún no se ha efectuado un análisis detallado de la cestería del presente sitio, el tamaño y la forma de algunos ejemplares hacen suponer que varias de estas piezas son restos de petates (Figura 7). Este ti-



Figura 7. Ejemplar de un petate elaborado con hojas de *Dasyllirion*, recuperado en El Morro Orgánico (cuadro NE-4, nivel IX). Imagen: R.E. Narváez-Elizondo y A. Rivera-Estrada.

po de cestería funcionaba como tapete o alfombra tejida sobre la cual se podían procesar alimentos, ya sea machacándolos, secándolos al sol, entre otras formas (Valdés, 2017). Otro uso que no puede descartarse por completo es su empleo como superficie de descanso.

En los ejemplares registrados se observa que las hojas de sotol conservan sus dientes marginales, lo que sugiere un procesamiento limitado de la materia prima. Esto contrasta con la información etnográfica sobre el aprovechamiento de hojas de sotol para hacer cestería entre los rarámuris (Campos-González, 2014) y los pápagos (Bell & Castetter, 1941). Al respecto, Campos-González (2014) señala que los rará-

muris retiran todas las puntas de los dientes marginales con el fin de obtener una textura menos áspera al tacto. En contraste, los ejemplares de El Morro Orgánico parecen corresponder a artefactos con menor grado de procesamiento, probablemente destinados a actividades como el almacenamiento y procesamiento de recursos vegetales, más que a usos que implicaran contacto prolongado con el cuerpo como puede ser la elaboración de sandalias.

En el caso de los nudos, estos podrían funcionar como refuerzo estructural o punto de unión de algunos ejemplares de cestería. Además, dado el contexto relacionado con el aprovechamiento de plantas, pudieron servir para atar haces de tallos u otras estructuras vegetales, sujetar estructuras ligeras, cerrar canastos o envoltorios, así como fijar ciertos artefactos o partes de ellos.

Conclusiones

El registro arqueobotánico del género *Dasyilirion* en El Morro Orgánico indica que el sotol representó un recurso importante para la subsistencia de los antiguos habitantes del sitio. El análisis paleoetnobotánico de los macrorrestos de hojas, representados principalmente por partes basales, sugiere que corresponden a desechos derivados del procesamiento de estas plantas utilizadas con fines alimenticios. Asimismo, los ejemplares de cestería y nudos elaborados con hojas de sotol corresponden a artefactos asociados con actividades domésticas como el almacenamiento y procesamiento de alimentos.

Por su parte, la información cronológica basada en fechamientos radiocarbónicos y asociaciones tipológicas indica que el aprovechamiento de este género de plantas fue practicado por un rango grande de tiempo, extendiéndose probablemente desde el período Arcaico Temprano hasta el Histórico.

De este modo, los datos revelados por el registro ar-

queobotánico del sotol contribuyen de manera significativa a la comprensión de la importancia de los recursos vegetales silvestres en la vida cotidiana de las poblaciones prehispánicas que habitaron la región sur de la Sierra Madre Oriental, en Nuevo León.

Referencias

Alvarado, J.L., & Xelhuantzi-López, M.S. (2007) Análisis de material arqueobotánico. En A. Rivera-Estrada (Coord.), *Cultura Indígena Serrana: Cañada Alardín, General Zaragoza, Nuevo León* (pp. 122-141). Academia de Investigaciones Históricas Regionales A.C. y Centro INAH Nuevo León.

Aveleyra-Arroyo de Anda, L. (1956). La Cueva de la Paila, cercana a Parras, Coahuila, en L. A. Arroyo-de Anda, M. Maldonado-Koerdell, P. Martínez-del Río, I. Bernal, & F. Elizondo-Saucedo, *Cueva de la Candelaria* (pp. 167-198), Vol. 1. Instituto Nacional de Antropología e Historia y Secretaría de Educación Pública.

Badal, E., Carrión, Y., Rivera, D., & Uzquiano, P. (2003). La arqueobotánica en cuevas y abrigos: objetivos y métodos de muestreo. En R. Buxó, & R. Piqué (Coords.), *La recogida de muestras en arqueobotánica: objetivos y propuestas metodológicas. La gestión de los recursos vegetales y la transformación del paleopaisaje en el Mediterráneo occidental* (pp. 19-30). Publicación del Primer encuentro del Grupo de Trabajo de Arqueobotánica de la Península Ibérica. Museo de Arqueología de Catalunya.

Bell, W.H., & Castetter, E.F. (1941). The utilization of yucca, sotol, and beargrass by the aborigines in the American Southwest. *University of New Mexico biological series*, v. 5, no. 5, *University of New Mexico bulletin*, whole no. 372, *Ethnobiological studies in the American Southwest*, 75(5), 3-74.

Bryant, V.M. (1975). Pollen as an indicator of prehistoric diets in Coahuila, Mexico. *Bulletin of the Texas Archaeological Society*, 46, 87-106.

Campos-González, J.A. (2014). *El tramado de la cestería tarahumara. Identidad, construcción y disposición de un objeto artesanal*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

De los Ríos-Paredes, M. (2007). Informe de fechamientos. En A. Rivera-Estrada (Coord.), *Cultura Indígena Serrana: Cañada Alardín, General Zaragoza, Nuevo León* (pp. 121). Academia de Investigaciones Históricas Regionales A.C. y Centro INAH Nuevo León.

Dering, P. (1999). Earth-Oven Plant Processing in Archaic Period Economies: An Example from a Semi-Arid Savannah in South-Central North America. *American Antiquity*, 64(4), 659-674. <https://doi.org/10.2307/2694211>

Gutiérrez-Cañada, D. 2022. De guachichiles a boçalos: la reinención e integración de los indios del río Blanco a la estructura de la Monarquía Hispánica. *Sillares. Revista de Estudios Históricos*, 2(3), 107-143. <https://doi.org/10.29105/sillares2.3-40>

Hastorf, C.A. (1999). Recent Research in Paleoethnobotany. *Journal of Archaeological Research*, 7(1), 55-103. <https://doi.org/10.1023/A:1022178530892>

Hernández-Sandoval, L. (2020). Familia Nolinaceae. *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*, 213, 1-35. <https://doi.org/10.21829/fb.303.2020.213>

INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. (1983). *Síntesis Geográfica de Nuevo León*. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Hanselka, J.K. (2017). Revisiting the Archaeobotanical Record of Romero's Cave in the Ocampo Region of Tamaulipas, Mexico. *Journal of Ethnobiology*, 37(1), 37-59. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-37.1.37>

Narváez-Elizondo, R.E., Rivera-Estrada, A., Quirino-Olvera, R., & González-Álvarez, M. (2019). Crónica del aprovechamiento de recursos bióticos por poblaciones indígenas serranas en el sur de Nuevo León. En E. Gallaga-Murrieta (Comp.), M.A. Martínez-Santillán, C. E. Grajeda-Valdez, & E. M. Ahedo-Rodríguez (Coords.). *Sociedad, cultura y medio ambiente en el norte de México* (pp. 307-318). Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Pearsall, D.M. (2015). *Paleoethnobotany: a handbook of procedures*, 3ra edición. Routledge, Taylor & Francis.

Petrucci, N., & Tarragó, M. (2015). Restos arqueobotánicos del sitio Rincón Chico 1. Una aproximación a los posibles escenarios de procesamiento, uso y consumo. *Comechingonia. Revista de Arqueología*, 19(1), 67-86.

Reyes-Valdés, M.H., Benavides-Mendoza, A., Ramírez-

Rodríguez, H., & Villarreal-Quintanilla, J.Á. (2012). Biología e importancia del sotol (*Dasyilirion* spp.). Parte I: sistemática, genética y reproducción. *Planta*, 7(14), 11-13.

Reyes-Valdés, M.H., Benavides-Mendoza, A., Ramírez-Rodríguez, H., & Villarreal-Quintanilla, J.Á. (2013). Biología e importancia del sotol (*Dasyilirion* spp.). Parte II: ecofisiología, usos e interrogantes. *Planta*, 8(17), 16-20.

Rivera-Estrada, A. (2007a). Labores indígenas de urdimbre en el sur de Nuevo León. En A. Rivera-Estrada (coord.), *Cultura Indígena Serrana: Cañada Alardín, General Zaragoza, Nuevo León* (pp. 53-55). Academia de Investigaciones Históricas Regionales A.C. y Centro INAH Nuevo León.

Rivera-Estrada, A. (2007b). Las primeras fundaciones del río Blanco en el sur del Nuevo Reyno de León. En A. Rivera-Estrada (coord.), *Cultura Indígena Serrana: Cañada Alardín, General Zaragoza, Nuevo León* (pp. 14-17). Academia de Investigaciones Históricas Regionales A.C. y Centro INAH Nuevo León.

Rivera-Estrada, A. (2014). *Proyecto Arqueológico "Sierra Madre Oriental". Informe 3a - 4a Temporadas, 2012-2013*. Centro INAH Nuevo León.

Rivera-Estrada, A. (2016). *Proyecto Arqueológico "Sierra Madre Oriental". Informe Técnico Temporadas, 2014-2015*. Centro INAH Nuevo León.

Ruiz-Flores, S.I., & Castro-Castro, A. (2024). Distribución, riqueza, endemismo y conservación del género *Dasyilirion* (Asparagaceae, Convallarioideae). *Acta Botanica Mexicana*, 131, e2367. <https://doi.org/10.21829/abm131.2024.2367>

Turner, E.S., Hester T.R., & McReynolds, R.L. (2011). *Stone artifacts of Texas Indians*. 3rd edition. Taylor Trade Publishing.

Turpin, S. (1994). Lower Pecos Prehistory: The view from the caves. En W.R. Elliott, & G. Veni (Eds.), *The Caves and Karst of Texas* (pp. 68-99). National Speleological Society.

Turpin, S., & Eling, H.H. (2014). Trance and Transformation on the Northern Shores of the Chichimec Sea, Coahuila, México. In D.L. Gillette, M. Greer, M.H. Hayward, & W.B. Murray (Eds.), *Rock Art and Sacred Landscapes* (pp. 177-191). Springer.

Valdés, C.M. (2017). La gente del mezquite. Los nómadas del noreste en la colonia. 2da edición. Secretaría de Cultura de Coahuila.

Apéndice 1. Registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* en El Morro Orgánico

Tipo de macrorrestos	Número de ejemplares	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de datación	Material datado
frutos	5	NE-1, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	9	NE-1, nivel V	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	255	NE-1, nivel VI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	60	NE-1, nivel VII	1000 a.C.–1600 d.C.	relativo	punta Matamoros
hojas (fragmentadas)	45	NE-1, nivel VIII	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-1, nivel IX	995 ± 21 a.p. (990–1050 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3230-2)
cogollo	1	NE-2, nivel X (anexo)	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	293	NE-2, nivel III	1200–1600 d.C.	relativo	punta Starr
hojas (fragmentadas)	202	NE-2, nivel IV	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	421	NE-2, nivel V	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	302	NE-2, nivel VI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	342	NE-2, nivel VII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	586	NE-2, nivel VIII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	39	NE-2, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	71	NE-2, nivel X	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	57	NE-2, nivel XI	sin información	sin información	sin información
nudos (hojas)	2	NE-2, nivel XII	sin información	sin información	sin información

Apéndice 1 (continuación). Registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* en El Morro Orgánico

Tipo de macrorrestos	Número de ejemplares	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de datación	Material datado
hojas (fragmentadas)	11	NE-2, nivel XIV	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	4	NE-2, nivel XV	1234 ± 21 a.p. (760–880 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3313)
hojas (fragmentadas)	218	NE-2, nivel XVI	1500–300 a.C.	relativo	punta La Rana
cestería (hojas)	1	NE-2, nivel XVI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	14	NE-2, nivel XVII	888 ± 59 a.p. (1020–1260 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3302)
cestería (hojas)	1	NE-2, nivel XVII	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-2, nivel XVIII	sin información	sin información	sin información
nudo (hojas)	1	NE-2, nivel XVIII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	33	NE-2, nivel XXI	1198 ± 39 a.p. (760–900 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3304)
cestería (hojas)	1	NE-2, nivel XXI	1198 ± 39 a.p. (760–900 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3304)
hojas (fragmentadas)	103	NE-2, nivel XXII	1169 ± 24 a.p. (770–900 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3305)
cestería (hojas)	1	NE-2, nivel XXII	1169 ± 24 a.p. (770–900 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3305)
nudo (hojas)	1	NE-2, nivel XXII	1169 ± 24 a.p. (770–900 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3305)
nudo (hojas)	1	NE-2, nivel XXIII	1615 ± 35 a.p. (380–550 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3306)

Apéndice 1 (continuación). Registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* en El Morro Orgánico

Tipo de macrorrestos	Número de ejemplares	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de datación	Material datado
cestería (hojas)	1	NE-2, derrumbe sur	sin información	sin información	sin información
hoja (fragmentadas)	1	NE-3, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	5	NE-3, nivel II	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	12	NE-3, nivel IV	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	1	NE-3, nivel V	1000–1500 d.C.	relativo	punta McGloin
nudo (hojas)	1	NE-3, nivel V	1000–1500 d.C.	relativo	punta McGloin
hojas (fragmentadas)	552	NE-3, nivel VII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	417	NE-3, nivel VIII	1200–1600 d.C.	relativo	punta Toyah
hojas (fragmentadas)	20	NE-3, nivel IX	1000 a.C.–1600 d.C.	relativo	punta Matamoros
hojas (fragmentadas)	37	NE-3, nivel X	1200–1600 d.C.	relativo	puntas Starr y Toyah
hojas (fragmentadas)	118	NE-3, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	131	NE-3, nivel XII	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	3	NE-3, nivel XIII	1000–1500 d.C.	relativo	punta Abasolo
hojas (fragmentadas)	22	NE-3, nivel XIV	1407 ± 28 a.p. (595–665 cal. d.C.)	¹⁴ C	Carbón (INAH-3234-3)
hojas (fragmentadas)	24	NE-4, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	29	NE-4, nivel II	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	2	NE-4, nivel IV	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	22	NE-4, nivel V	sin información	sin información	sin información

Apéndice 1 (continuación). Registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* en El Morro Orgánico

Tipo de macrorrestos	Número de ejemplares	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de datación	Material datado
hojas (fragmentadas)	28	NE-4, nivel VI	1700–1800 d.C.	relativo	punta Guerrero
hojas (fragmentadas)	142	NE-4, nivel VII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	135	NE-4, nivel IX	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-4, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	107	NE-4, nivel X	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-4, nivel X	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	2	NE-4, nivel XI	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-4, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	35	NE-4, nivel XV	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	171	NE-4, nivel XVI	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-4, nivel XVI	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-4, nivel XVII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	3	NE-4, nivel XVII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	157	NE-4, nivel XVIII	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-4, nivel XIX	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-4, nivel XX	7620 ± 30 a.p. (6505–6418 cal. a.C.)	AMS	diente humano (Beta-717009)
cestería (hojas)	1	NE-4, nivel XXI	1459 ± 39 a.p. (540–600 cal. d.C.)	¹⁴ C	carbón (INAH-3308)
cestería (hojas)	1	NE-5, nivel XVIII	sin información	sin información	sin información

Apéndice 1 (continuación). Registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* en El Morro Orgánico

Tipo de macrorrestos	Número de ejemplares	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de datación	Material datado
hojas (fragmentadas)	6	NE-6, nivel VI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	23	NE-6, nivel VIII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	121	NE-6, nivel IX	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-6, nivel X	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-7, superficie	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	12	NE-7, nivel X	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	6	NE-7, nivel XIII	sin información	sin información	sin información
nudo (hojas)	1	NE-7, nivel XIII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	4	NE-7, nivel XVIII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	32	NE-8, nivel VI	sin información	sin información	sin información
hoja (fragmentadas)	1	NE-8, nivel VII	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	NE-8, nivel VII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	64	NE-8, nivel XVI	sin información	sin información	sin información
nudo (hoja)	1	NE-8, nivel XVIII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	71	NE-10, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	37	NE-10, nivel II	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	529	NE-10, nivel III	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	13	NE-10, nivel IV	sin información	sin información	sin información

Apéndice 1 (continuación). Registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* en El Morro Orgánico

Tipo de macrorrestos	Número de ejemplares	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de datación	Material datado
hojas (fragmentadas)	86	NE-10, nivel V	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	11	NE-10, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	6	NE-10, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	88	NW-1, superficie	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	19	NW-1, nivel II	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	11	NW-1, nivel VIII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	9	NW-1, nivel XIIIb	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	6	NW-10, superficie	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	14	SE-1, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	21	SE-9, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	25	SE-13, nivel II	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	68	SE-13, nivel III	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	118	SE-13, nivel IV	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	164	SE-13, nivel V	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	11	SE-13, nivel VI	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	168	SE-13, nivel VIII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	36	SE-13, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	32	SE-13, nivel XI	sin información	sin información	sin información

Apéndice 1 (continuación). Registro arqueobotánico del género *Dasyllirion* en El Morro Orgánico

Tipo de macrorrestos	Número de ejemplares	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de datación	Material datado
hojas (fragmentadas)	25	SE-13, nivel XII	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	3	SW-1, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	37	SW-10, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	84	SW-13, superficie	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	177	SW-13, nivel Ia	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	323	SW-13, nivel Ib	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	176	SW-13, nivel II	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	13	SW-14, nivel VI-VIII	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	SW-14, nivel 80 cm	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	SW-17, nivel II	sin información	sin información	sin información
hoja (fragmentada)	1	SW-18, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	486	SW-18, nivel II	sin información	sin información	sin información
cestería (hojas)	1	SW-18, nivel III	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	4	SW-18, nivel III	sin información	sin información	sin información
hojas (fragmentadas)	2	SW-18, nivel V	sin información	sin información	sin información

Apuntes de la diversidad microbiana de un coprolito humano del sitio arqueológico El Morro Orgánico, Aramberri, Nuevo León, México

J.A. Valadez-Lira^{1*}, K.K. Hernández-Salinas¹, R. Canales-Del Castillo¹,
A. Rivera-Estrada², D. Quistián-Martínez¹

¹ Facultad de Ciencias Biológicas- UANL, Ciudad Universitaria,
San Nicolás de los Garza, Nuevo León. México.

² Centro INAH Nuevo León,
Colonia Obisado, Monterrey, Nuevo León. México.

*Autor para correspondencia: jose.valadezlr@uanl.edu.mx

Resumen

El estudio de biomoléculas en muestras arqueológicas tiene como propósito generar información que permita reconstruir el entorno y el origen de estas. Los estudios bioarqueológicos se fundamentan en el análisis de biomoléculas, como carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Aunque estos componentes pudieron experimentar transformaciones derivadas de las actividades humanas, los procesos de degradación y las condiciones ambientales de preservación, su recuperación y análisis permiten obtener información relevante para la interpretación arqueológica. En la presente investigación se analizó un coprolito humano procedente del sitio arqueológico El Morro Orgánico, ubicado en el municipio de Aramberri, Nuevo León, México, estimando una edad de 1169 ± 24 años. El objetivo fue describir la diversidad microbiana intestinal presente en el coprolito. La metodología comprendió la extracción de ADN total y la secuenciación masiva de nueva generación, conocida como NGS (*Next-Generation Sequencing*), dirigida al gen ribosomal 16S. Esta estrategia permitió identificar ocho géneros bacterianos asociados con la microbiota humana, entre los cuales predominaron microorganismos pertenecientes a la familia Bacillaceae. Estos resultados evidencian la posibilidad de un análisis molecular de coprolitos para aproximarse al conocimiento de la microbiota ancestral y aportar información complementaria sobre las prácticas alimentarias y las condiciones de vida de las poblaciones antiguas.

Palabras clave: coprolito, sitio El Morro Orgánico, diversidad microbiana, Next-Generation Sequencing (NGS).

Abstract

The study of biomolecules in archaeological samples aims to generate information that allows for the reconstruction of their environment and origins. Bioarchaeological studies rely on the analysis of biomolecules such as carbohydrates, lipids, proteins, and nucleic acids. Although these components may have undergone transformations due to human activities, degradation processes, and environmental preservation conditions, their recovery and analysis yield information relevant to archaeological interpretation. This study analyzed a human coprolite from the El Morro Orgánico archaeological site in the municipality of Aramberri, Nuevo León, Mexico, which was estimated to be $1,169 \pm 24$ years old. The objective was to characterize the gut microbial diversity present in the coprolite. The methodology involved total DNA extraction and *Next-Generation Sequencing* (NGS) targeting the 16S ribosomal gene. This approach identified eight bacterial genera associated with human microbiota, with microorganisms belonging to the Bacillaceae family predominating. These results demonstrate the potential of molecular analysis of coprolites to gain insight into ancestral microbiota and provide complementary information regarding the dietary practices and living conditions of ancient populations.

Keywords: coprolite, El Morro Orgánico site, microbial diversity, Next-Generation Sequencing (NGS).

Introducción

En el campo de la arqueología, las primeras etapas de investigación suelen enfocarse en la identificación física y morfológica de los restos recuperados, para su posterior análisis histórico, taxonómico, ecológico o geográfico. Sin embargo, en algunos casos, por el tipo de muestra o por la manera de preservación u obtención, no puede ser claramente identificada o clasificada por métodos tradicionales. En estos casos, el uso de técnicas moleculares para el análisis de ácido desoxirribonucleico (ADN) resulta ser una opción viable para complementar la identificación morfológica. Estas técnicas permiten comparar las secuencias génicas recuperadas de las muestras arqueológicas con las registradas en bases de datos de organismos contemporáneos, lo que favorece una identificación taxonómica más precisa y contribuye a ampliar la información disponible para su interpretación arqueológica.

En el estado de Nuevo León se ha documentado una diversidad de restos biológicos en contextos arqueológicos, entre los que se incluyen materiales de origen animal y vegetal, restos y coprolitos humanos, además de objetos vinculados con la vida cotidiana y manifestaciones rupestres, como los petrograbados. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar la diversidad microbiana asociada con los grupos humanos que se asentaron en la Sierra Madre Oriental, al sur de Nuevo León, mediante la aplicación de técnicas moleculares.

Antecedentes

El sitio arqueológico El Morro Orgánico, ubicado al sur de la cabecera municipal de Aramberri, Nuevo León, corresponde a un abrigo rocoso de origen natural a aproximadamente 100 m del cauce del río Blanco, que ofreciendo un amplio dominio visual fue utilizado como refugio por grupos humanos. Perte-

nece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, caracterizada por la presencia de estratos plegados de rocas sedimentarias formadas durante los períodos del Jurásico y Cretácico (INEGI, 1983).

Entre los restos encontrados por el proyecto arqueológico “Sierra Madre Oriental” a cargo del Centro INAH-Nuevo León, figuran restos de huesos y numerosas heces humanas subfosilizadas, localizados en todas las unidades de excavación y la mayor parte de los niveles estratigráficos. Estos fueron identificados de origen humano con base en su forma, composición y ubicación específica, ya que solo se encontraron en una zona particular del sitio arqueológico, la cual se ha interpretado como una posible letrina utilizada por los antiguos pobladores (Rivera-Estrada, 2023).

La relevancia del estudio de coprolitos para conocer aspectos de la dieta del contexto arqueológico en el que se encuentran fue inicialmente señalada por Reinhard y Bryant (1992); ya que es posible recuperar componentes como bacterias o virus, hongos, polen, fitolitos, parásitos, semillas, hojas u otras estructuras vegetales, huesos e insectos. Por lo tanto, son una fuente valiosa de información que puede analizarse para describir microbiomas humanos antiguos a partir de la identificación de microorganismos y su dominancia. Esta información permite interpretar, por ejemplo, la diversidad de la microbiota de los antiguos pobladores, la exploración de los microorganismos no expuestos a dietas modernas o al uso de antibióticos, así como la prevalencia de patógenos.

A la fecha se han caracterizado más de 1,000 bacterias intestinales comprendidas en cuatro grandes grupos bacterianos; un gran porcentaje de la microbiota bacteriana está dominada por el filo Firmicutes y filo Bacteroidetes, en tanto que el filo Proteobacteria, Actinobacteria y Verrumicrobiota son representa-

dos modestamente y en proporciones equivalentes, en organismos sanos (Valencia et al., 2025).

Para el estudio de la diversidad microbiana, los métodos microbiológicos clásicos utilizados para identificar cepas bacterianas, como el cultivo microbiológico, tinciones, pruebas bioquímicas son limitadas, ya que algunas cepas no pueden cultivarse en condiciones de laboratorio o requieren condiciones de cultivo difíciles de reproducir. En este contexto, el análisis de ácidos nucleicos constituye una alternativa que permite estudiar la diversidad microbiana sin depender exclusivamente del cultivo. Aunque estas biomoléculas pueden haber experimentado procesos de degradación y transformación a lo largo del tiempo, la aplicación de técnicas moleculares permite recuperar información genética útil para la identificación taxonómica y la caracterización de las comunidades microbianas presentes en muestras arqueológicas.

Los estudios basados en ADN han permitido realizar análisis de regiones específicas del genoma y posteriormente, de genomas completos (Gokcumen & Frachetti, 2020); aunque principalmente realizados en restos humanos, estas técnicas también han sido aplicadas a restos botánicos (Klister et al., 2020) y de animales (McHugo et al., 2019). En esta investigación se exploró la diversidad microbiana mediante secuenciación NGS (del inglés *Next-Generation Sequencing*) proveniente de un coprolito humano localizado en el sitio arqueológico El Morro Orgánico, Aramberri, Nuevo León, México. Este enfoque permitió recuperar información genética de la muestra y aproximarse a la caracterización taxonómica de la microbiota intestinal de antiguos pobladores de la Sierra Madre Oriental.

Material y Métodos

Muestras arqueológicas

El presente análisis se realizó en una muestra de coprolito humano, proveniente del sitio El Morro Orgánico, cuadrante NE-2, a una profundidad correspondiente al nivel 22, recuperada por la arqueóloga A. Rivera-Estrada, como parte del proyecto Sierra Madre Oriental-INAH. El contexto arqueológico asociado cuenta con una datación radiocarbónica obtenida a partir de una muestra de carbón (INAH-3305), con una edad de 1169 ± 24 años AP, correspondiente al intervalo calibrado de 770–900 d.C., con una probabilidad del 84.3 %.

Extracción de ADN genómico

La muestra fue hidratada en solución de fosfato trisódico al 0.5% e incubada por tres semanas a 4°C. El ADN total se obtuvo utilizando un protocolo modificado de Schenk et al., (2023). Brevemente, se tomaron 500 µl de la muestra hidratada y se transfirieron a un microtubo estéril de 2 ml, a continuación, se añadieron 500 µl de buffer de lisis CTAB 10%-NaCl, y la mezcló por agitación en vórtex por 10 segundos. Se agregaron 500 µl de fenol y se volvió a mezclar por vórtex 10 segundos. Posteriormente, la muestra se centrifugó a 14,000 rpm durante 10 minutos. Se recuperaron 200 µl del sobrenadante y se transfirió a un microtubo estéril de 1.5 ml. Posteriormente, se añadieron 200 µl de NaCl 150 mM y etanol absoluto en una proporción de 2:1, para después centrifugar nuevamente a 14,000 rpm por 10 minutos. Se decantó el sobrenadante, obteniendo una pastilla (pellet de ADN) en el fondo del microtubo. Esta pastilla se lavó con 100 µl de etanol absoluto, se decantó y dejó secar a temperatura ambiente durante 30 minutos. Finalmente, la pastilla resultante se resuspendió en agua estéril libre de nucleasas. Se comprobó la calidad y concentración de ADN genómico por medio de espectrofotómetro en Nanodrop2000 (ThermoScientific®, USA).

Las muestras de ADN obtenidas y purificadas de los coprolitos, con una concentración de 30 ng/μl, se enviaron a los servicios de la compañía ZymoBIO-MICS® (Zymo Research, Irvine, CA - USA) para procesar en la plataforma Illumina® MiSeq™ en la cual se diseñaron librerías dirigidas a la región V3-V4 del gen 16S (bacterias) con el kit Quick-16S™. Las secuencias amplificadas y secuenciadas se analizaron por bioinformática en la base de datos mediante los servicios de análisis de la compañía ZymoResearch. Para el análisis de taxonomía, composición y diversidad alfa para la determinación de la riqueza taxonómica de un sitio específico se utilizó el algoritmo Uclust (QIIME v.1.9.1) que agrupa secuencias similares en OTUs (Unidades Taxonómicas Operativas) con porcentaje de similitud del 97% (Figura 1).

El método más ampliamente utilizado en estudios de ADN bacteriano está basado en la secuenciación de la subunidad ribosomal 16S de las regiones V3-V4, permitiendo desarrollar estudios que exploran la diversidad microbiana en ambientes diversos, independientemente de la necesidad o posibilidad de su aislamiento y cultivo *in vitro*. Gracias a este marcador molecular, el gen 16S, ha sido posible conocer el microbioma asociado al cuerpo humano tanto en condiciones de salud como en condiciones de enfermedad

En este trabajo, con la secuenciación del gen 16S amplificado de los coprolitos se determinó su composición bacteriana, siendo el filo Firmicutes el de mayor prevalencia, con un 98% de total de secuencias bacterianas identificadas (Figura 2). Rajilić-Stojanović et al. (2007), reportan a Firmicutes, como el grupo más diverso en el tracto gastrointestinal humano seguido de Bacteroidetes estos filos incluyen al 90% de los microorganismos intestinales; seguidos de los filos Proteobacteria y Actinobacteria.

El filo Firmicutes (también conocido como Bacillota) está constituido mayormente por bacterias Gram-positivas, entre las que predominan bacterias anaerobias esporuladas, en las que algunas especies presentan capacidad aeróbica facultativa, lo que les confiere una notable capacidad de adaptación. Se ha postulado que diversos mecanismos, como la supervivencia en el ambiente mediante la capacidad de formar esporas, el aprovechamiento de nutrientes complejos del hospedero incluidos los glicanos y la producción de ácidos grasos de cadena corta, asociada a la transferencia y/o persistencia en el intestino del huésped, podrían explicar la alta prevalencia del filo Firmicutes en la microbiota de los vertebrados (Dias et al., 2025).

La dominancia del filo Firmicutes fue reportada tam-

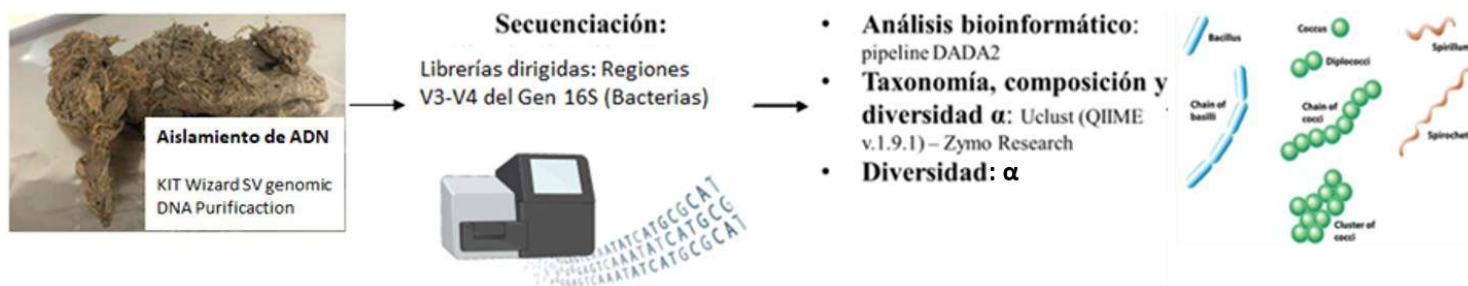


Figura 1. Estrategia experimental para el análisis de ADN de la composición microbiana, mediante aislamiento de ADN y secuenciación.

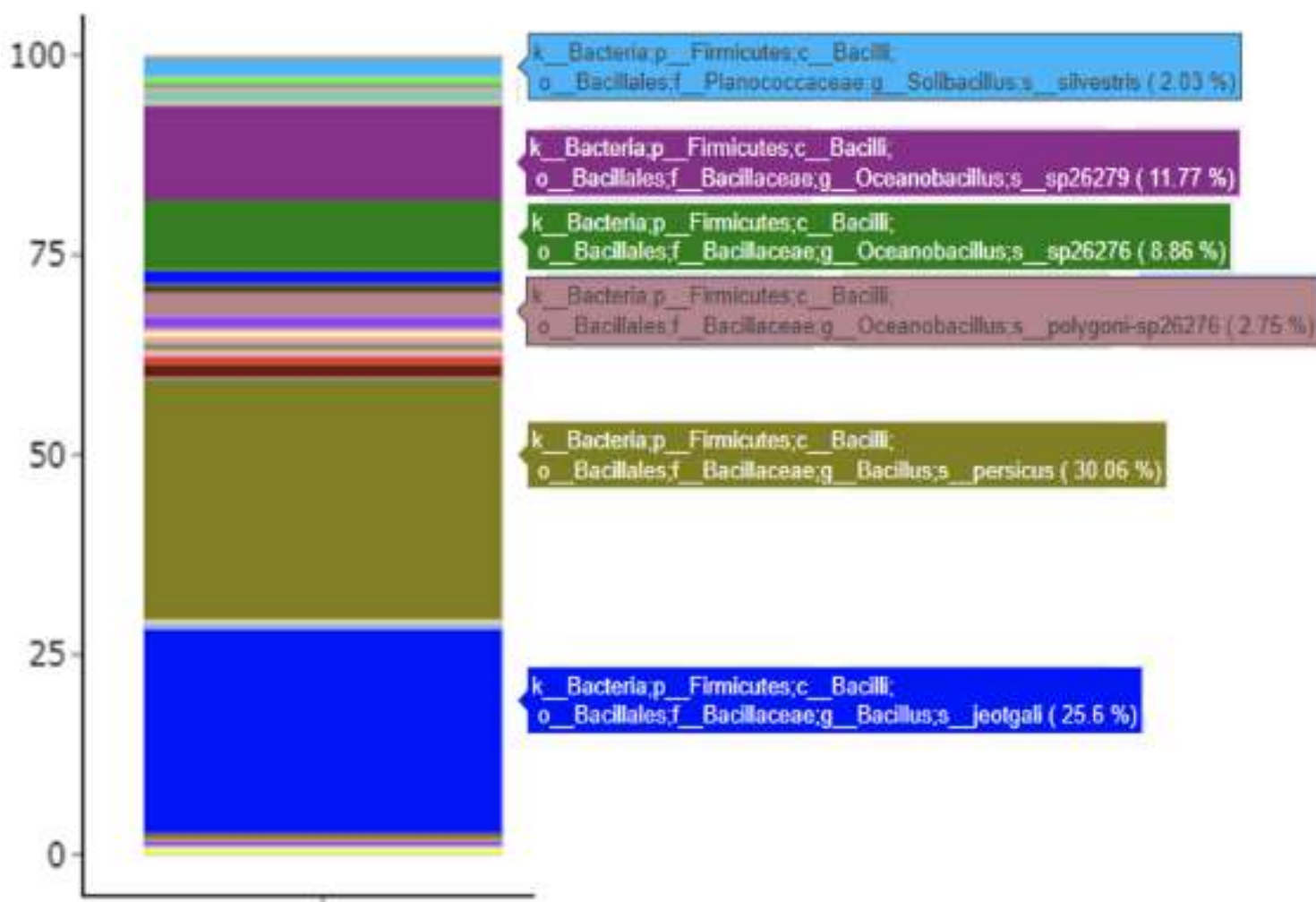


Figura 2. Composición microbiana y diversidad de especies de bacterias en macrorresto de heces (coprolito), identificadas a partir de la secuenciación del gen 16S mediante la plataforma Illumina® MiSeq™.

bién para muestras de coprolitos de una antigüedad aproximada de 1,300 años proveniente del sitio El Zape, Durango, México (Tito et al., 2008). Los resultados revelaron, por una parte, una alta similitud entre la microbiota moderna y la antigua. En este sentido, la conservación en la composición de microbiota intestinal entre especies de vertebrados y, en este caso, entre la misma especie, coloca a Firmicutes como el filo más prevalente. Esto se debe a que este grupo se ve especialmente favorecido por condiciones intestinales estables, tales como temperatura constante, suministro continuo de nutrientes y, particularmente, un ambiente intestinal anaeróbico (Rychlik, 2020).

Otro aspecto evidenciado en los coprolitos de El Zape, fue la considerable variación taxonómica observada entre dos muestras independientes de un mismo coprolito, aunque dicha variación no se reflejó en su perfil funcional. Se ha establecido que la composición de la microbiota está influenciada por muchos factores, tales como la hipoxia, ritmo circadiano, temperatura, actividad física, patrones de sueño y la dieta (Liang et al., 2026). Sin embargo, presentan cierto grado de estabilidad que no se ha explicado completamente. Algunos estudios explican esta estabilidad al identificar tres grupos diferenciados de microbiomas, denominados enterotipos, dominados

por *Bacteroides* (enterotipo I), *Prevotella* (enterotipo II) y *Ruminococcus* (enterotipo III). Estos enterotipos, que pudiendo diferir en la composición de especies bacterianas, pueden ser agrupadas según el componente funcional (características metabólicas de los microorganismos) asociado a la fuente de Carbono del cual obtienen energía; ya sea mediante la fermentación de carbohidratos (enterotipo I) o a partir de las glucoproteínas de la mucina (enterotipos I y III), pudiendo también diferir en cuanto a los niveles de producción de vitaminas (Arumugam et al., 2011)

Otro estudio reciente de caracterización de microbioma humano ancestral corresponde a la exploración del contenido intestinal y paleoheces de restos momificados de un antiguo poblador prehispánico de Zimapan, Hidalgo, México. El análisis reveló grupos típicamente asociados al microbioma humano, incluyendo familias como Peptostreptococcaceae, Clostridiaceae, Enterobacteriaceae y Enterococcaceae (Rosas-Plaza, et al., 2025). Según Rinninella et al. (2019) en la microbiota intestinal, para el filo Firmicutes, *Clostridium* corresponde al género más representado, seguido de *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Enterococcus* y *Ruminococcus*. El filo Bacteroidetes por su parte, constituido por bacterias Gram-negativas, se encuentran representadas en la microbiota intestinal por *Bacteroides*, *Prevotella*, *Parabacteroides* y *Alistipes* (Gomes et al., 2018).

Respecto a taxones bacterianos representados, en nuestra investigación, la familia Bacillaceae dominó la composición bacteriana de la muestra de El Morro Orgánico particularmente el género *Bacillus*. Especies del género *Bacillus* pueden formar parte de la microbiota intestinal humana, aunque generalmente se encuentra en proporciones variables y no constituye uno de sus grupos dominantes (Duc et al., 2004). Su presencia en el tracto gastrointestinal puede estar asociada con el consumo de alimentos, la interacción

con el ambiente y la resistencia de sus endosporas a condiciones adversas (Lee et al., 2019). La capacidad de numerosos integrantes de la familia Bacillaceae para formar esporas podría haber favorecido su persistencia en el ambiente y, por consiguiente, la elevada representación en la muestra analizada puede corresponder a la microbiota intestinal original o a procesos de incorporación y colonización posteriores a la deposición.

Un género representado en la muestra de coprolitos fue *Leuconostoc* sp. (Figura 3), bacteria ácido-láctica Gram positiva asociada a perfiles de probióticos. Diferentes cepas de *Leuconostoc* están presentes en variados ambientes ecológicos, sin embargo, pobremente representados comparados con bacterias aerobias. Este es un género comensal en humanos y en muy baja frecuencia, patógeno oportunista, es reconocido como generalmente seguro (GRAS-Generally Recognized as Safe) (Hemme & Foucaud-Scheunemann, 2004). *Leuconostoc mesenteroides* se ha descrito como un habitante transitorio de la microbiota humana cuya fuente de origen principal corresponde al consumo de bebidas fermentadas tradicionales (Jung et al., 2012), lo que representa claramente el reflejo de la práctica de elaboración de bebidas ancestrales sobre la composición bacteriana intestinal.

También se encontró representado el género *Lysinibacillus* (Figura 3). Especies del género bacteriano *Lysinibacillus*, se desarrollan principalmente en sustratos ambientales como suelos, sedimentos, agua, etc. Sin embargo, existen reportes de casos de infecciones humanas de las especies *L. sphaericus*, *L. fusiformis* describiéndose el cuadro patológico como bacteriemia, endocarditis y peritonitis (Celis-Olivares & Cruz-Choappa, 2025), por lo que puede asociarse positivamente al origen del coprolito.

Es interesante destacar que, entre los grupos típicos

de la microbiota humana, en el hombre de Zimapán se encontró a *Jeotgalicoccus*, un género de bacterias Gram positivas halotolerantes (Rosas-Plaza et al., 2025). De manera similar, en la muestra analizada de El Morro Orgánico se determinó la presencia del género halófilo *Oceanobacillus* (Figura 3).

En 2016, Khelaifia et al. reportaron una nueva espe-

cie de *Oceanobacillus*, *O. jeddahense* sp. nov., y señalaron que las bacterias halófilas y sus efectos sobre la salud y las enfermedades humanas han sido escasamente considerados en los estudios de la microbiota humana.

Aunque estos microorganismos se asocian principalmente con ambientes naturales de elevada salinidad,

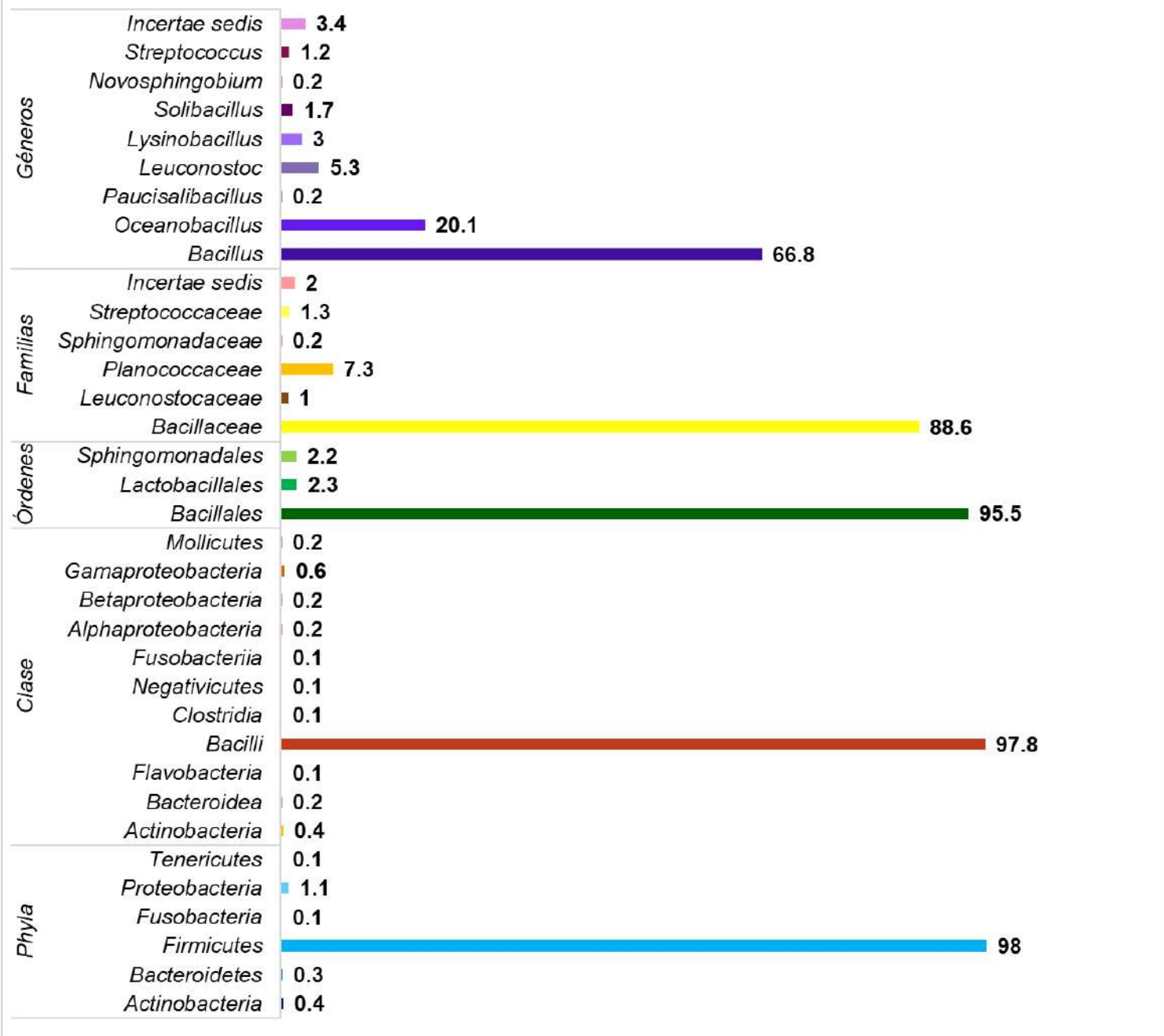


Figura 3. Abundancia y diversidad de grupos microbianos por Filum, Clase, Orden, Familia y géneros representativos de bacterias en macrorresto de heces (coprolito), identificadas a partir de la secuenciación del gen 16S mediante Illumina® MiSeq™.

como salmueras, salinas solares y depósitos salinos, otros hábitats incluyen los alimentos conservados por salazón como pescados y mariscos (Yoon et al., 2003). En este sentido, la presencia de bacterias halófilas o halotolerantes en muestras intestinales antiguas podría estar relacionado con el consumo de alimentos conservados con sal, ya sea por el manejo de la técnica de conservación de alimentos o el contacto con pobladores o productos de sitios distantes; además de la posibilidad de otras fuentes tales como la exposición ambiental.

Tanto el individuo conocido como “hombre de Zimapan” (datado para el año 936 AP), descubierto dentro de la frontera septentrional de Mesoamérica, y la muestra de El Morro Orgánico localizada al norte de México, además de contribuir al conocimiento de microbiomas ancestrales, pueden estudiarse también en los contextos geográficos en los que fueron localizados. En este sentido, se ha planteado previamente la existencia de una relación estrecha de la microbiota intestinal y la etnicidad, es decir la relación entre la constitución genética del hospedero, el entorno geográfico, las condiciones de vida, los hábitos alimentarios, las tradiciones culturales y demás factores ambientales observados entre distintos grupos étnicos (Liang et al., 2026). El estudio comparativo con enfoque geográfico ha establecido patrones de abundancia y funcionalidad de comunidades bacterianas intestinales de los principales grupos étnicos de diferentes regiones del mundo. En el contexto de salud pública, el conocimiento de microbiomas antiguos y contemporáneos puede aportar información complementaria para orientar estrategias de salud específicas, que considere el perfil microbiano y el contexto socio geográfico de la población. En el ámbito histórico, este tipo de estudios puede ampliar la comprensión de patrones culturales en conjunto con las evidencias arqueológicas.

Conclusiones

La caracterización molecular del coprolito confirma la posibilidad de recuperar ADN e identificar componentes de la microbiota ancestral, lo que demuestra la utilidad de estas técnicas para el estudio de comunidades microbianas del pasado. El análisis taxonómico permitió identificar géneros bacterianos asociados con la microbiota humana, con un predominio de microorganismos pertenecientes a la familia Bacillaceae. Detectando géneros bacterianos con potencial probiótico y de categoría halotolerante. Estos estudios pueden ser realizados idealmente en muestras protegidas del contexto ambiental para incrementar el nivel de información efectivamente relacionada a la microbiota intestinal. En conjunto, estos resultados preliminares presentan una posible aproximación al conocimiento de las relaciones socioculturales de las poblaciones humanas de la región y su entorno ambiental específicamente en el sitio arqueológico El Morro Orgánico. Por otra parte, la composición de la microbiota ancestral en pobladores de la región noreste de México y proporcionan información que puede ser relevante y complementaria para la interpretación de restos en contextos arqueológicos del estado de Nuevo León.

Referencias

- Arumugam, M., Raes, J., Pelletier, E., Le Paslier, D., Yamada, T., Mende, D.R., Fernandes, G.R., Tap, J., Bruls, T., & Batto, J.M. (2011) Enterotypes of the Human Gut Microbiome. *Nature*, 473, 174–180.
- Celis-Olivares, F., & Cruz-Choappa, R. (2025). *Lysinibacillus xylanilyticus*. *Revista Chilena de Infectología*, 42(2), 167–168.
- Dias, B.D.C., Lamarca, A.P., Machado, D. T., Kloh, V.P., de Carvalho, F.M., & Vasconcelos A.T.R. (2025). Metabolic pathways associated with Firmicutes prevalence in the gut of multiple livestock animals and humans. *Animal microbiome*, 7(1), 20.
- Duc, L.H., Hong, H.A., Barbosa, T.M., Henriques, A.O., &

- Cutting, S.M. (2004). Characterization of *Bacillus* probiotics available for human use. *Applied and environmental microbiology*, 70(4), 2161-2171.
- Gokcumen, O., & Frachetti, M. (2020). The impact of ancient genome studies in archaeology. *Annual Review of Anthropology*, 49(1), 277-298.
- Gomes, A.C., Hoffmann, C., & Mota, J.F. (2018). The human gut microbiota: Metabolism and perspective in obesity. *Gut microbes*, 9(4), 308-325.
- Hemme, D., & Foucaud-Scheunemann, C. (2004). *Leuconostoc*, characteristics, use in dairy technology and prospects in functional foods. *International Dairy Journal*, 14(6), 467-494.
- Human Microbiome Project Consortium. (2012). Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. *Nature*, 486(7402), 207-14.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (1983). Síntesis Geográfica de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- Jung, J.Y., Lee, S.H., Lee, H.J., Seo, H.Y., Park, W.S., & Jeon, C.O. (2012). Effects of *Leuconostoc mesenteroides* starter cultures on microbial communities and metabolites during kimchi fermentation. *International journal of food microbiology*, 153(3), 378-387.
- Khelaifia, S., Lagier, J.C., Bibi, F., Azhar, E.I., Croce, O., Padmanabhan, R. Jiman-Fatani, A.A., Yasir, M., Robert, C., Andrieu, C., Fournier, P.E., & Raoult, D. (2016). Microbial Culturomics to Map Halophilic Bacterium in Human Gut: Genome Sequence and Description of *Oceanobacillus jeddahense* sp. nov. *OMICS: A Journal of Integrative Biology*, 20(4), 248-258.
- Kistler, L., Bieker, V.C., Martin, M.D., Pedersen, M.W., Ramos Madrigal, J., & Wales, N. (2020). Ancient plant genomics in archaeology, herbaria, and the environment. *Annual review of plant biology*, 71(1), 605-629.
- Liang, L., Zhang, X., & Nian X. (2026). The ethnicity and gut microbiota hypothesis: analyzing multifactorial interactions and their health implications. *Frontiers in Microbiology*, 17, 1765775.
- Lee, N.K., Kim, W.S., & Paik, H.D. (2019). *Bacillus* strains as human probiotics: characterization, safety, microbiome, and probiotic carrier: N.-K. Lee et al. *Food science and biotechnology*, 28(5), 1297-1305.
- McHugo, G. P., Dover, M. J., & MacHugh, D. E. (2019). Unlocking the origins and biology of domestic animals using ancient DNA and paleogenomics. *BMC biology*, 17(1), 98.
- Rajilić-Stojanović, M., Smidt, H., & De Vos, W.M. (2007). Diversity of the human gastrointestinal tract microbiota revisited. *Environmental microbiology*, 9(9), 2125-2136.
- Reinhard, K.J., & Bryant, V.M. (1992). Coprolite analysis: a biological perspective on archaeology. *Archaeological method and theory*, 4, 245-288.
- Rinninella, E., Raoul, P., Cintoni, M., Franceschi, F., Miggiano, G.A.D., Gasbarrini, A., & Mele, M.C. (2019). What Is the Healthy Gut Microbiota Composition? A Changing Ecosystem Across Age, Environment, Diet, and Diseases. *Microorganisms*, 7, 14.
- Rivera-Estrada, A. (2023). Hallazgos del poblamiento de la zona serrana del sur de Nuevo León por grupos recolectores-horticultores. En P. A. Malbrán, L. V. Ortega, & S. A. Martínez (eds.), *Arqueología en la frontera norte* (pp. 400). Sindicato Nacional de Profesores de Investigación Científica y Docencia del Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Rosas-Plaza, S., Mainou, L., Delgado, G., Morales, R., Aguilar-Romero, A., Escalante, A.E., & Cerritos, R. (2025). Microbiome characterization of a pre-Hispanic man from Zimapan, Mexico: Insights into ancient gut microbial communities. *PLoS One*, 20(10): e0331137.
- Rychlik, I. (2020). Composition and function of chicken gut microbiota. *Animals*, 10(1), 103.
- Schenk, J.J., Becklund, L.E., Carey, S.J., & Fabre, P.P. (2023). What is the “modified” CTAB protocol? Characterizing modifications to the CTAB DNA extraction protocol. *Applications In Plant Sciences*, 11(3), e11517.
- Thursby, E., & Juge, N. (2017). Introduction to the human gut microbiota. *Biochemical journal*, 474(11), 1823-1836.
- Tito, R.Y., Macmil, S., Wiley, G., Najar, F., Cleeland, L., Qu, C., Wang, P., Romagne, F., Leonard, S., Ruiz, A.J., Reinhard, K., Roe, B.A., & Lewis C.M. (2008). Phylotyping and Functional Analysis of Two Ancient Human Microbiomes. *PLoS ONE*, 3(11), e3703.
- Valencia, S., Zuluaga, M., Florian-Pérez, M.C., Montoya-Quintero, K.F., Candamil-Cortés M. S., & Robledo S. (2025). Human gut microbiome: A connecting organ between nutrition, metabolism, and health. *International journal of molecular sciences*, 26(9), 4112.
- Yoon, J.H., Kang, K.H., & Park, Y.H. (2003). *Psychrobacter jeotgali* sp. nov., isolated from jeotgal, a traditional Korean fermented seafood. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 53(2), 449-454.

Más allá de la imagen rupestre: el reconocimiento del entorno

M.P. Casado-López^{1*}

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia. Periférico Sur y Zapote s/n., Col. Isidro Fabela. CDMX, México. 14030.

*Autor para correspondencia: mpilar.casadol@gmail.com

Resumen

La idea primigenia que exhibe el arte rupestre estuvo en el ámbito de las narraciones comunes, las referidas a la concepción del mundo, al significado profundo de los acontecimientos, a la transmisión de conocimiento o a las que llevan mitos implícitos, en definitiva, como vehículo conceptual del pensamiento. La celebración de la naturaleza y en su seno la veneración y el respeto hacia la biodiversidad son un modo de entender la realidad que ha impregnado la vida de los grupos más antiguos cazadores recolectores, los sedentarios, los asentados en Mesoamérica y más allá en el tiempo. Sin embargo, es difícil de explicar la materialidad que conlleva el encierro de la agencia de las plantas y en general del complejo arqueobotánico, el agua u otros elementos naturales en una imagen lograda mediante la forma, color y técnica elementos constitutivos del arte rupestre. En estas líneas se reflexiona sobre la relación de la imagen —arte rupestre— de plantas y del entorno con el mundo de los cazadores recolectores ancestrales al igual que con los códigos identificativos de su función razonablemente advertida, que el individuo o los grupos atribuyeron a estas figuras, siendo elementos básicos para reconocer la narrativa de la biodiversidad en el arte rupestre y superar la fragilidad existente en su decodificación y comprensión, todo ello especialmente puntualizado con ejemplos del arte rupestre del noreste de México.

Palabras clave: arte rupestre, narrativa del entorno, plantas, paisaje, noreste de México

Abstract

The foundational concept underlying rock art lies within the realm of shared narratives—those concerning worldviews, the profound significance of events, the transmission of knowledge, or implicit myths—serving, ultimately, as a conceptual vehicle for thought. The celebration of nature—and, within that context, the veneration of and respect for biodiversity—represents a way of understanding reality that has permeated the lives of ancient hunter-gatherer groups, sedentary populations, and the peoples of Mesoamerica and beyond. However, it is difficult to explain the materiality involved in encapsulating the agency of plants—and the broader archaeobotanical complex, water, and other natural elements—within an image created through form, color, and technique: the constitutive elements of rock art. This text reflects on the relationship between images of plants and the environment—as depicted in rock art—and the world of ancestral hunter-gatherers. It also examines the codes of identity and function that individuals or groups attributed to these figures. Understanding these elements is essential for recognizing the narrative of biodiversity in rock art and overcoming the challenges inherent in its decoding and interpretation—points illustrated here with specific examples from the rock art of northeastern Mexico.

Keywords: rock art, environmental narrative, plants, landscape, northeastern Mexico

Introducción

Entre los grupos ancestrales, la complejidad del ser humano deriva en un mundo diverso de imágenes (arte rupestre), lo que nos lleva a plantear para su análisis, el termino de narrativa, como un relato con sentido de lo que sucede, se piensa o siente, mediante el cual se materializó en el sitio la cosmovisión y pensamiento de los grupos, a través de la imagen cargada de presencia y de agencia y como dispositivo de la memoria individual o colectiva. No todo el arte rupestre debió responder a la misma idea, cumpliría funciones distintas para cada sitio, grupo de sitios o temporalidades, por lo que el observador (investigador actual) debe afrontarlo también con una mirada plural, transversal y poliédrica, porque el arte rupestre es un fenómeno antropológico integral y universal, con las debidas y naturales diferencias, siempre ligado a la evolución intelectual, emocional y social del ser humano con la connotación de ser poblador de un territorio y entorno específicos (Casado, 2024). En estas líneas proponemos un modelo interpretativo polisémico, con base en la valoración del entorno, para tratar de superar la fragilidad existente en la decodificación y comprensión del arte rupestre, en este caso, para el noreste mexicano.

El concepto de narrativa nos facilita la comprensión de los signos y sistemas sígnicos (Lotman, 2000), pudiendo, de este modo, desarrollar un pensamiento sistémico que nos acerque al complejo representativo en su conjunto y sus interacciones (Dondis, 1990) y mostrar un segmento importante de la vida de los grupos ancestrales de la región. La narrativa en cada uno de los sitios, paneles o bloques rocosos es el resultado de la presencia del código gráfico (imaginería propia), no siempre descifrado y entendible, el de territorialidad (disposición de los sitios con arte rupestre en relación con el paisaje) y el/los de función (interpretación sustentable). En estas líneas trataremos la narrativa del entorno, entendido como aquello que nos rodea, con el objetivo de superar la fragmentación y reduccionismo y potenciar el conoci-

miento sobre el acontecer de la vida de los grupos, (Casado, 2024) sin desdeñar las ineludibles influencias. Indudablemente la comunicación por medio de imágenes reales o simbólicas puede diferir de una sociedad a otra, pero es una de las peculiaridades de la humanidad (Elías, 1994).

La reflexión epistemológica sobre el arte rupestre pasa por el análisis y el cuestionamiento de algunos supuestos, pero también por la propuesta de nuevos enfoques evaluando su validez con el objetivo de producir conocimiento e ir superando los tradicionales paradigmas. De esta premisa nace el concepto de narrativa para el análisis del arte rupestre de la región (Casado, 2024), la mayoría de los ejemplos que exponemos hacen referencia a sitios del noreste mexicano y en especial a territorio coahuilense para los que ya distinguimos, de acuerdo a la preeminencia de ciertos rasgos, la narrativa de caza, la ceremonial funeraria, la de observación astral, la chamánica o la narrativa del entorno y la biodiversidad, dejando abierta la posibilidad de integración de otros sistemas sígnicos, como aportación complementaria para la comprensión del fenómeno arte rupestre de la extensa región.

La base para hablar de narrativa del entorno y biodiversidad está en el territorio/paisaje considerado como sostén de la memoria. Es el espacio donde el hombre vive, realiza sus actividades y convive con la comunidad biótica —animales y plantas— que formaron parte de un ecosistema preciso, a su vez legado de los antepasados. El entorno natural fue un ente vivo, las montañas, los valles, los ríos, las rocas etc., tenían agencia *per se* y, para ciertas cosmovisiones, fue sagrado. La agencia de los lugares -entornos- permite actuar en distintos niveles de significación, por una parte, se constituye en un importante elemento constructor del paisaje cultural y por otra potenciadora del significado y simbolismo plasmado en las narrativas rupestres (Bradley, 1991).

El discurso sobre la relación hombre-naturaleza (entorno/paisaje) ha ido modificándose en los últi-

mos años. Desde centurias pasadas se reafirmaba el protagonismo del hombre como sujeto sobre el que giraba el acontecer de la historia (prehistoria), sin atender otras formas de ver esta relación, como las que aporta el pensamiento heredado de las comunidades autóctonas vigentes en determinadas regiones del mundo (Bocco, 2025), la cosmovisión de las sociedades premodernas, la fuerza vital de las sociedades animistas, la particular sensibilidad oriental o las experiencias artísticas y rituales del África no colonizada, relato que gradualmente se ha ido desplazando hacia una relación más equilibrada (Casado, 2024). Se pasó de corrientes de pensamiento constitutivas de una pronunciada y casi exclusiva tendencia antropocéntrica, que solía ir acompañada de una mirada occidentalista y univocista, a la comprensión y análisis plural y polisémico (Braidotti, 2015).

Es el momento en el que cambian los conceptos de espacio y tiempo, de la revalorización del elemento espacial, el concepto y avance de las ciencias de la naturaleza y la introducción de la noción de medioambiente, entre otros, en las que el hombre trasciende a su propia humanidad en un nuevo modo de comprender la pertenencia al cosmos (Casado, 2019; Solomon, 2006), no permaneciendo ajena a esta evolución la investigación del arte rupestre.

Será a lo largo de la centuria pasada, cuando se considere al paisaje, entorno entendido como “lo que rodea”, no como el telón de fondo en el que se desarrolla la vida humana, sino que la propia vida y el ser humano son sujetos activos con dimensión relacional de lo que acontece ahí y en el universo. Planteamientos que establecen la base conceptual de la Arqueología del Paisaje (Criado, 1999), como la disciplina que estudia un tipo específico de producto humano (el paisaje) y utiliza una realidad dada (el espacio físico) para crear una realidad nueva (el espacio social) (Criado, 1993; Criado & Estévez, 1998). De este modo el entorno acoge las características que definen al espacio que recorrieron y en el que vivieron los grupos ancestrales, no sólo como una realidad

natural basada en componentes fisiográficos o geológicos insertos en el espacio inamovible sino también una realidad social y simbólica construida (Wyndham, 2011) por la presencia y acción del hombre (Casado, 2024; Rivera, 2012; Turpin et al., 1994), que a su vez potencia la expresión del arte rupestre con imágenes cambiantes y resignificadas a través del tiempo, hasta momentos históricos (Taçon et al., 2004).

Entre los grupos de cazadores recolectores y posteriores la relación del hombre y el arte rupestre con el espacio y su estar en el entorno, fue parte significativa de la natural forma de vivir y modo de existir (Thomas, 2001; Tilley, 1994), generando interacciones que a su vez son factor de transformación. Destacamos tres ideas (Casado, 2019): la primera, el ejercicio de una dinámica espacial mediante la selección del espacio, como acto volitivo para la ubicación de sitios y arte rupestre; la geomorfología y los elementos del relieve terrestre como parte del paisaje fueron observados y conocidos por los grupos que la habitaban, ciertos accidentes y formas geológicas naturales como cerros, volcanes, cursos y cuerpos de agua fueron seleccionados y, en ciertos casos, considerados como entidades anímicas con características vivenciales y de agencia y lugares de culto, importantes en el imaginario colectivo. La selección de estos espacios para depositar arte rupestre es evidente. La segunda, trata de la apropiación de la morfología natural: oquedades, covachas, matrices rocosas u otras formas y accidentes naturales consideradas como la natural arquitectura que brinda la naturaleza para el depósito de arte rupestre (Bradley et al., 1994), en este caso, el grupo conceptualiza el elemento natural y le aporta significado y simbolismo (Casado, 2019). De este modo el enfoque relacional considera al entorno como resultado de una interacción dinámica con los pobladores (Iwaniszewski, 2001; Iwaniszewski & Vigliani, 2011).

Y la tercera, hace referencia a la representación del paisaje, plantas, agua o elementos naturales como

visualización de una parte de la naturaleza, a la que se le daría presencia mediante la materialidad de la imagen, hecho complejo de conseguir con solamente los elementos constitutivos del arte rupestre (color, técnica, forma) (Melot, 2010).

La comunidad biótica animales y plantas, formaba parte del ecosistema en el que los grupos de cazadores recolectores vivieron ligados a la memoria y al mito, establecidos en la extensa región nororiental del territorio mexicano desde hace al menos doce mil años (Casado, 2023; Sánchez, 2016). Región también definida como el norestense (Murray, 2021), delimitada por la fisiografía de la Sierra Madre Oriental, como el gran eje montañoso y por las Llanuras de Norte América, ámbitos a los que debieron de adaptarse los seres vivos en las condiciones graduales de desertización durante la transición del Pleistoceno al Holoceno (Metcalf et al., 2000; Rivera, 2012), sin embargo, la disposición de los accidentes geográficos, el comportamiento climático de ciertas áreas y la presencia de agua incidieron para que fueran razonablemente habitables durante mucho tiempo.

El hombre en su dinámica espacial aprovechó, de forma intencionada, elementos geológicos, orográficos y climáticos para generar espacios de uso. El espacio a cielo abierto para campamentos de vivencia acorde al patrón de movilidad o para posibles sitios de agregación donde se reunían y celebraban sus “mitotes” o celebraciones, en ellos se consumían plantas con propiedades para alterar el estado de conciencia, especialmente el peyote, *Lophophora williamsii* (Casado & Montúfar, 2024; Díaz, 2003; Figura 1a), son espacios para el encuentro intrafamiliar o intergrupal y para la transmisión de conocimientos e ideas. Y el espacio interno, el referido al uso de oquedades, muchas de ellas con carácter funerario que han dejado restos arqueológicos relevantes. La presencia de agua y ciertas connotaciones medioambientales locales hicieron que en estos espacios se dieran recursos vivenciales de forma natural.

La existencia de agua en la región fue fundamental, los ríos, arroyos y corrientes que parten de los cerros aledaños, modelaron cañones y conformaron una red hidráulica que está íntimamente ligada a la localización del arte rupestre, algunos cañones incluyen sitios con grabados en grandes tableros o en bloques dispersos y pinturas en paneles o covachas a lo largo de su desarrollo. El agua diseñó puntos estratégicos para los grupos ancestrales que vivieron y se movieron por la región, un ejemplo lo constituyen los sitios en el entorno de Parras, donde se conoce históricamente la existencia de importantes manantiales de agua, haciéndolo atractivo para la vida humana en momentos antiguos y hasta el siglo pasado. Igualmente, las áreas aluviales que forman en su recorrido, ríos arroyos o flujos intermitentes de agua, fueron puntos base para su establecimiento, siempre conciliables con su modo de vida nomádico y patrones de movilidad, en las que se han hallado materiales arqueológicos de lítica, restos óseos y microrrestos de plantas junto con hogares o fogones.

El arte rupestre también está presente en los entornos de lagunas o cuerpos de agua, como las existentes al sursuroeste del estado de Coahuila, situadas en una zona de cuencas endorreicas ----Laguna de Mayrán y Laguna de Viesca—, moldeadas por sedimentos provenientes de las sierras circundantes, que forman suelos aluviales de contenido alcalino y por lomeríos y valles intermontanos. Los bloques con grabados se sitúan en sus límites, alineados desde las laderas a las cimas de los lomeríos y saliendo de la formación de bolsones, se sitúan en rocas que bordean pequeños arroyos y en la margen inmediata a ellos, a su vez lugares aptos para los asentamientos estacionales. En el Valle de Cuatro Ciénegas (Reserva de la Biosfera Cuatro Ciénegas) área con características geomorfológicas e hidrológicas singulares, como nicho ecológico en la zona desértica-semidesértica del mismo estado, existen cavidades (Cueva de las Cornamentas y Cueva Cinco Líneas) con restos de presencia humana, fibras y pintura rupestre (Casado, 2024; Solís et al., 2022).

Las cuevas son las formas naturales de arquitectura que brinda la naturaleza, para esta región, no son cuevas profundas u oscuras, más bien se trata de covachas o cavidades formadas por erosión eólica y por acción hídrica. Parte del arte rupestre se representó en sus paredes y en tableros rocosos, en principio con mayor presencia de la pintura sin obviar el grabado y con la tipología propia de cada uno de los estadios de su desarrollo. Es importante señalar que algunas han servido como espacios funerarios y rituales aportando valioso material arqueológico.

En las cuevas mortuorias del estado de Coahuila (Cueva de la Candelaria y Cueva de Paila, entre otras) (Taylor, 1968), se encontraron junto a los bultos mortuorios o formando parte de ellos diversos artefactos de naturaleza vegetal, especialmente textiles como las esteras de carrizo y petates de bejuquillo, usado para envolver el cadáver o atarlo, fibras de yuca y lechuguilla para hacer cordeles, indumentaria (mantos, sandalias) y útiles (cestas); las semillas para collares y adornos y la madera para elaborar mangos de los cuchillos rituales, palos para producir fuego (Aveleyra, 1956) y para el telar, coas, átlatl (propulsor) o arcos (Aveleyra, 1956); también usaron mezquite, agave o maguey y lechuguilla, incluso entre los restos de plantas cultivadas se identificó el calabazo o guaje (*Lagenaria siceraria*) usado como recipiente (González, 1999; Martínez del Río, 1953). En sitios más orientales, la práctica funeraria se halla en covachas con una particular actuación en la superficie del suelo para la deposición del cadáver.

La vida de los grupos se basó en la caza, la recolección y en determinados puntos la pesca. En el seno de la biodiversidad local hay que incluir la categoría de fauna, elemento biótico y expresión del sustento material y/o de ritualidad del grupo. Aun no siendo el objetivo de estas líneas, incluimos de forma indicativa, algunas de las especies animales con mayor representación en el arte rupestre de la región. Predominan los cérvidos: venado bura (*Odocoileus hemionus*) y venado cola blanca (*Odocoileus virgi-*

nianus), sus cornamentas y huellas (Murray, 1992), el borrego cimarrón (*Ovis canadiensis*) y sus cornamentas, los úrsidos (*Ursus americanus*), el jaguar (*Panthera onca*), el puma y sus huellas (*Puma concolor*) (Casado, 2021c) junto a otras en menor proporción y en algunos casos de compleja identificación como la antilocapra (*Antilocapra americana*), el bisonte (*Bison bison*), el elk (*Cervus canadensis*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), el coyote (*Canis latrans*), entre la familia Suidae, el jabalí, entre las aves, el águila (Orden Accipitriforme), el pavo salvaje (*Meleagris gallopavo*) o los posibles colibríes (Familia Trochilidae), los peces, ofidios/serpientes y los artrópodos (Casado & Flores, 2025), y, para el momento del contacto, la presencia del caballo.

El conjunto de figuras está en el seno de una tradición mayoritariamente geométrico-abstracta llegando a distinguir, figuras geométricas; de artefactos: puntas de proyectil, átlatl, hondas y utilaje ritual (cuchillos); las relativas a la observación celeste: soles, estrellas o cometas; figuras de plantas: cactáceas, flores, arbustos, herbáceas-maíz, árboles y helechos; figuras humanas generalmente esquemáticas, manos, en positivo y negativo, pies y vulvas y la figura animal. La presencia del caballo y el jinete estaría en relación con la imaginería colonial (Rodríguez, 2018; Sayther & Stuart, 1998; Turpin, 2010).

El objetivo de estas líneas es reflexionar sobre las imágenes vinculadas a la narrativa del entorno y la biodiversidad, que incluye: figuras de plantas, presencia de agua, líneas de horizonte y elementos de la naturaleza, bien como figuras identificables con la realidad o como códigos identificativos de su función y niveles de significación, que llegaron a formar parte de una amplia red de procedimientos trascendiendo espacio y tiempo.

Interrogantes en torno a las plantas y al arte rupestre

La relación del hombre y las plantas se dio de igual forma que con el resto de los seres vivos, constatada

por restos arqueológicos e imágenes rupestres de los primeros cazadores, de los agricultores iniciales y posteriores que recorrieron y se establecieron en la extensa región del norte (Buxó, 1997; Casado, 2023). La variedad de flora y fauna, fueron base para la vida y permanencia en el territorio, lo que implica un detallado conocimiento de la naturaleza, sus ciclos de vida y los cambios medioambientales, que modelaron distintas estrategias adaptativas en los seres vivos. Los grupos de cazadores recolectores, en este medio, detonaron un amplio desarrollo de capacidades especiales y generaron los subsecuentes cambios sociales (Casado & Montúfar, 2023, 2024). El carácter nómádico y estacional, con recorridos y movilidad cambiantes vinculados al comportamiento de la biota, llevó a una recuperación natural y periódica del recurso necesario para la supervivencia, más tarde la transformación a la domesticación y la agricultura dio lugar a otros procesos como el acopio, la generación de subproductos o la conservación.

Si bien en trabajos previos ya expusimos algunas ideas sobre el tema (Casado & Montúfar, 2017, 2023, 2024), para estas líneas, reflexionamos acerca de puntuales cuestionamientos, ¿Por qué es tan exigua la representación de plantas y del entorno físico en el arte rupestre? El arte rupestre está representado en todas las áreas y temporalidades, sin embargo, la representación de plantas muestra una notable carencia iconográfica (Chinchilla, 2004; Fonseca & Fenoglio, 2023; Johnston, 1944) incluso en sitios limítrofes con grupos sedentarios y desempeño agrícola, en los que la recolección de plantas y la actividad agrícola fueron fundamentales (Jordán, 2022). Será al interior de las sociedades complejas donde se aprecian las figuras de plantas y del entorno, en códigos, mapas o pinturas murales. Pero en la medida que se intensifica la investigación, el catálogo de estas figuras rupestres (plantas, flores, árboles o diseños del paisaje) se incrementa.

La repuesta inicia con la siguiente premisa, las plantas muestran el factor de predictibilidad, son renova-

bles y tienen el mismo comportamiento vital en entornos similares, a lo que se suma la facilidad de obtención, ya con la llegada de la agricultura cambiará el modo alimentario y la fuerza de trabajo. Es posible que la facilidad de obtención y la predictibilidad proporcionaran certidumbre entre los grupos y generarán indiferencia para dibujarlas, a diferencia de las figuras de fauna cuya aprehensión mediante la caza conlleva mayor dificultad, ofrece un aporte energético alto y muestra de forma evidente el hábito de vida (Casado, 2023).

Sin embargo, la premisa queda subestimada ante el uso vivencial que los grupos dieron a las plantas: como complemento para la subsistencia alimentaria (frutos, semillas, tallos, hojas, agua, azúcares, etc.); para uso curativo, como remedios naturales, mostrando un conocimiento de sus propiedades, modo usarlas y personaje capaz del manejo. Cercana a esta práctica estaría el ámbito de la sacralidad participando en los actos rituales: de curación, iniciación o actividades grupales; para uso doméstico, posiblemente asociadas a una específica división del trabajo y aspectos de género; para la elaboración de utillaje: arcos, átlatl, palos de cavar, cordeles, esteras, punzones, cerdas de pincel; para la construcción o como combustible, así lo muestran los materiales hallados en depósitos de cuevas y por último, plantas y flores (semillas) con uso ornamental y social (Aveleyra, 1956; González, 1990), posteriormente con la domesticación del maíz la dinámica de las plantas pasaría a ser parte de una actividad primaria.

Siguiendo con el razonamiento, podemos completar la idea de que si bien no hay muchas representaciones de plantas se puede afirmar que, apoyados en los materiales arqueológicos asociados (restos arqueobotánicos), los grupos tuvieron un conocimiento significativo de ellas, su uso y función, y que sin llegar a cubrir de forma íntegra las necesidades primarias fueron un complemento muy provechoso. Tampoco hay que desdeñar el hecho de que este tipo de figuras se hallan integradas en una tradición

rupestre regional con predominio de figuras geométrico-abstractas (Casado, 2021a, 2021b; Murray, 2021; Sayther & Stuart, 1998; Turpin, 2010) siendo las figuras humanas, de fauna y de plantas más escasas, sin embargo, el planteamiento es asimismo cuestionable ya que en áreas con predominio de figuras naturalistas, las plantas están poco presentes, no así las de fauna, por ejemplo, en el arte paleolítico o en el arte de periodos protohistóricos euroasiáticos. De igual modo se puede afirmar que las figuras de plantas no se asocian a las figuras humanas o animales y solo, en algunos bloques grabados, están en relación con elementos de carácter geométrico.

Por el momento, el método correlacional de estas afirmaciones demuestra que entre las variables hipotéticas mencionadas hay cierto grado de disociación argumental: las plantas no se representan porque son fáciles de prever, pero a su vez son necesarias e incluso imprescindibles para algunos usos (alimentación, simbolismo, ritualidad), consideraciones resultantes del análisis hecho sobre una muestra pequeña de datos que se necesitará incrementar para evaluar apropiadamente las afirmaciones planteadas.

Otra pregunta sería ¿Hay consistencia en la relación de órdenes y géneros de plantas representadas y las endémicas del entorno? En la transición del Pleistoceno al Holoceno (Sánchez, 2016) se inicia el fenómeno de desertización progresiva en la región septentrional (Turpin et al., 1994), aun no siendo uniforme para todo el territorio lo usual fue la tendencia hacia ambientes semiáridos/áridos y con vegetación *ad hoc* (Martínez, 1979) a pesar de ello, la diferente geomorfología, la afectación climática local y la presencia de agua definirán nichos de mayor humedad y menor temperatura, como las zonas serranas o aquellas con fuentes de agua, que contribuyeron al desarrollo de un tipo de vegetación específico junto con mejores condiciones de habitabilidad (Casado & Montúfar, 2023; Rivera, 2007, 2012).

Seis son las grandes categorías taxonómicas en que

dividimos el conjunto vegetal representado: cactáceas, flores, arbustos, herbáceas-maíz, árboles y helechos, que, en relación con el comportamiento medioambiental del entorno, reducimos a dos: las plantas asociadas a ambientes áridos/semiáridos: cactáceas y suculentas y las relacionadas con condiciones más templadas y mayor humedad: árboles (Calderón de Rzedowski, 2001; Johnston, 1944; Rivera, 2012; Vélez, 2001), cañas o helechos (Casado, 2023). La descripción detallada y el conjunto completo de imágenes de las plantas que se citan, se hallan publicados en Casado & Montúfar, 2023 y 2024 (Cuadernos de Arte Prehistórico 15, 2023 y American Indian Rock Art 50, 2024).

Entre las primeras destacamos las biznagas, cactáceas propias de entornos con matorral desértico como las tipo *Astrophytum*, grabadas en Cañón de Guitarritas (Nuevo León) y El Pelillal (Coahuila), así como las del género *Echinofossulocactus*, en El Molino y Narigua (Coahuila) (Casado & Montúfar, 2017, 2023). El artejo de cholla o cardón, *Cylindropuntia* sp., con frutos usados para alimentación en algunas variedades. El *Pittocaulon praecox* de uso medicinal, grabado en Narigua. La yuca (*Yucca* sp.) aprovechada para alimento y sus hojas para el tejido, en El Gavillero (Coahuila); entre las plantas arbustivas el *Agave lechuguilla*, la *Isocoma veneta*, la *Erythrina leptorhiza*, plantas del género *Jatropha* o la *Fouquieria* sp. u ocotillo, en distintos sitios de Coahuila y Nuevo León (Casado & Montúfar, 2023, 2024). El peyote, siendo la más conocida la *Lophophora williamsii* está representado en El Pelillal, Sierra del Molino (Coahuila), Boca de Potrerillos e Icamole (Nuevo León) y Cueva Pinta, (Tamaulipas), entre otras (Dobkin, 1990; García & Mandujano, 2010; Narváez et al., 2018; Neurath, 2021;). La planta fue usada en rituales y ceremonias funerarias, en algún caso con el objetivo de alcanzar estados alterados de conciencia (Bourguignon, 1973; Clottes & Lewis-Williams, 2001; Díaz, 2003; Wellmann, 1978) igualmente presente en sitios del occidente.

El otro gran grupo responde a plantas de ámbitos más templados y con mayor humedad, como ciertos árboles, herbáceas o helechos. Los árboles pertenecen al grupo de las coníferas, género *Junipereus* y *Cupressus*, propios de hábitats de montaña y bosque templado (García, 2021; Johnston, 1944), como el ahuehuete, *Taxodium mucronatum* (Montúfar, 2002) o el mezquite, *Prosopis* sp. (Dering, 2008; Narváez et al., 2017; Valdés, 1995) pertenecientes a biomas semidesérticos, pero propios de puntos con niveles freáticos significativos (Casado & Montúfar, 2023). Los árboles se han identificado solamente por las hojas o ramas, del árbol completo no hemos hallado imágenes. El árbol, como en otras áreas y momentos, se vincularía a la morada de divinidades, cualidades para la protección y la adivinación o representación del origen de la vida y el hombre (Chinchilla, 2004; Frazer, 1981; Mendoza, 1993).

En este apartado se incluyen también los helechos del género *Polypodium* (Hauke, 1995) plantas que viven en un amplio rango de hábitats y puntos húmedos, con representaciones en Coahuila. Algunas plantas tienen mayor valoración por su carácter alimenticio, como las Fabáceas o las de la familia Solanaceae, *Physalis* sp. (tomate silvestre en Coahuila) cuyos frutos son usados como alimento, tanto que algunos pobladores históricos e incluso los actuales todavía lo comen. Por último, incluimos algunas herbáceas de la familia Poaceae, como la caña de agua, *Phragmites communis*, especie de pasto perenne, y las figuras que se asemejan a la planta *Zea mays*, posiblemente del maíz cultivado, por la inflorescencia masculina (espiga) terminal, que lo distingue de las plantas de maíz teocintle, en las que las espigas aparecen en varios puntos del tallo. Se identifican en El Molino, El Pelillal, el Huizachal y Mesa de Catujanos, en Coahuila y en Icamole, Cueva Ahumada y Boca de Potrerillos en Nuevo León (Casado & Montúfar, 2023, 2024; Neurath, 2008) además de las existentes en sitios del centro norte o de áreas con desarrollo mesoamericano.

Estos taxones se insertan en entornos áridos y semi-áridos, pero también en los mencionados nichos ecológicos de áreas serranas y con presencia de agua (CONABIO, 2023). Posiblemente los árboles responderían a elementos remanentes de bosques de coníferas residuales que subsistieron a la tendente aridez; las solanáceas, poáceas, el ahuehuete y el mezquite son propias de ambientes con mayor presencia del agua superficial o freática. Por tanto, se puede afirmar que las plantas representadas en los sitios con arte rupestre de la región noreste no presentan distorsión con los elementos vegetales endémicos e históricos, si bien no todas las especies del entorno están representadas en el arte rupestre (Figura 1).

Es igualmente sugerente preguntarse ¿Existe relación sólida entre las imágenes de plantas y los restos arqueológicos vegetales (macrorrestos y microrrestos) hallados o asociados a sitios arqueológicos de la región? Conocer la información que aportan los restos vegetales (sedimentos, fitolitos, polen etc.) en estratigrafía arqueológica es valiosa para entender: los cambios medioambientales, el comportamiento diacrónico del paisaje, la reconstrucción paleoambiental y la biodiversidad vegetal en los distintas áreas de estudio e incluso, con apoyo de la antracología, para conocer la explotación de los recursos vegetales por los distintos grupos (Narváez et al., 2019, 2020) y, por último, la evolución del impacto de la acción humana en el ámbito de estudio.

Buena parte de los restos comentados en estas líneas se circunscriben a material arqueológico hallado en cuevas/cavidades funerarias, formando parte de los bultos mortuorios (Cueva de la Candelaria, La Paila en Coahuila, entre otras) (Aveleyra, 1956, 1964; González, 1999; Martínez del Río, 1953). Se identifican textiles para envolver el cadáver de tule o yuca, esterres de carrizo y petates de bejuquillo, la fibra de yuca y lechuguilla en cordeles, indumentaria y utillaje (cestas) y el calabazo (*Lagenaria siceraria*) para recipientes; fibras de agave, en una red (Cueva de las Cornamentas), en parte de una sandalia y cerdas pa-

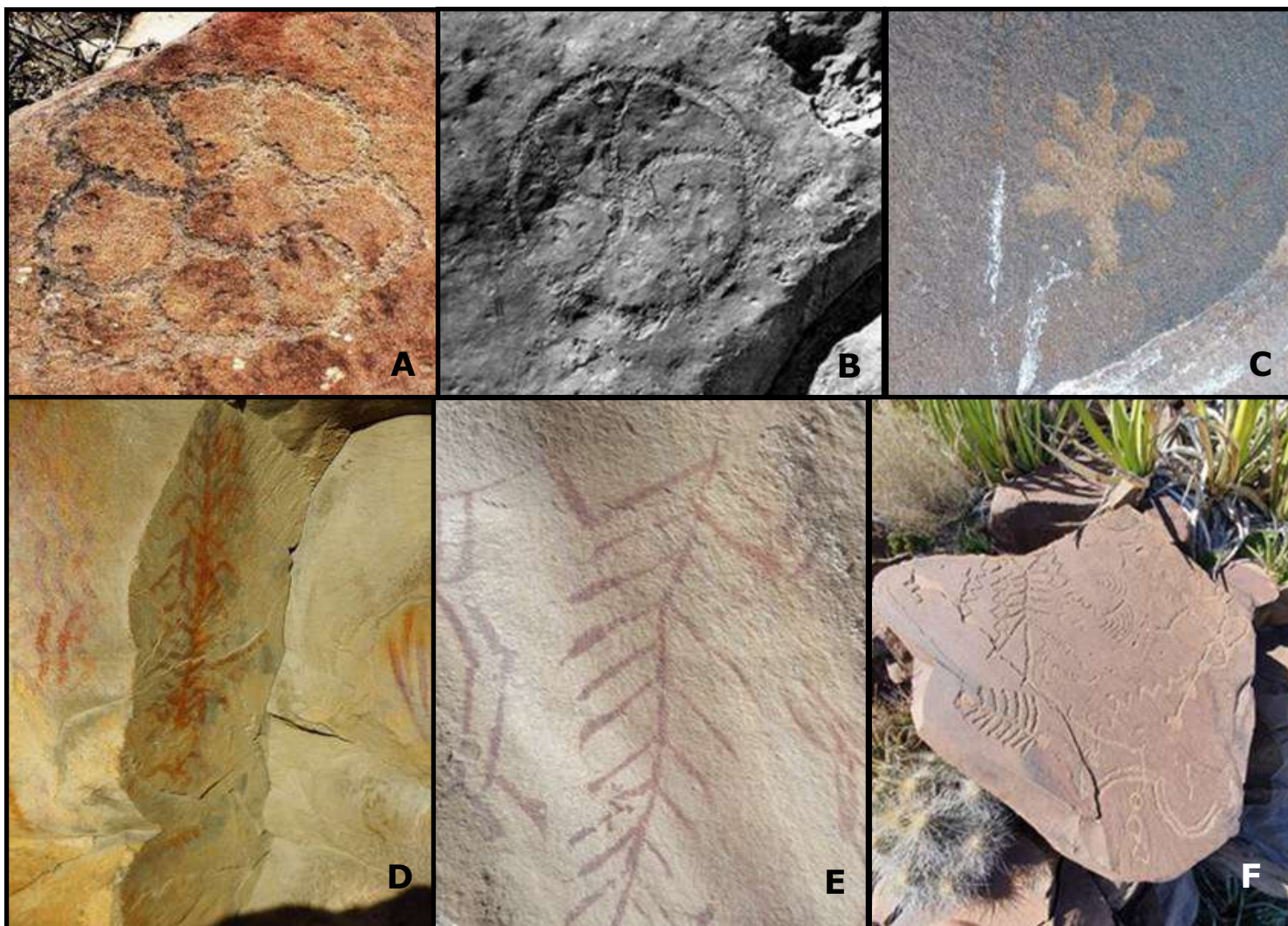


Figura 1. A) Representación de un peyote (*Lophophora* sp.); B) Planta de *Astrophytum* sp.; C) Palma tipo yuca (*Yucca* sp.) o sotol (*Dasylirion* sp.); D) Posible maíz (*Zea mays*); E) Ramilla de ahuehuete (*Taxodium mucronatum*); F) Helechos (*Polypodium*). Sitios de Coahuila y Nuevo León.

ra pincel, materiales hallados en cuevas situadas en ambientes semiáridos pero inmersas en nichos hidrológicos particulares como Cuatro Ciénegas (Casado & Montúfar, 2023; Solís et al., 2022); restos de cuerda (Cueva Cinco Líneas) (Solís et al., 2022; Taylor, 1956), púas de agave (Cueva Pilote) (Eling & Turpin, 2018), además de semillas para collares y otros adornos; palos para el telar, coas, átlatl o arcos y fragmentos de carbón en distintas cuevas; canastas y unidades completas o fragmentos de olotes (maíz) (El Morro Orgánico, Nuevo León) (Narváez et al., 2020) que denotan la existencia de actividad agrícola temprana.

La precisión y finura de la línea en la ejecución de

algunas pinturas del área, sugiere la posibilidad de que se haya realizado con la punta de una penca de lechuguilla, técnica y útil cercanas a la empleada en la decoración corporal de los individuos cazadores recolectores que seguramente portaban; las fuentes documentales coloniales informan que cada uno de los grupos mantenían un patrón de decoración personal específico (Murray, 2021).

A partir de muestras de polen y fitolitos en Boca de Potrerillos, Nuevo León, sitio con rocas grabadas, fogones e industria lítica, se identificaron restos de tuna, vaina de mezquite, plantas de enea, pastos y gramináceas (Poaceae) propias de entornos más húmedos

además de restos arbóreos de junípero, pino, y arbustos, plantas pertenecientes a climas cálidos y sobre todo más húmedos (Turpin et al., 1994, 2009). Asimismo, el análisis de diatomeas revela la existencia de agua y por tanto un ambiente con mayor humedad, que habrían favorecido idoneidad para la habitabilidad estacional del sitio.

La conexión entre las plantas representadas, los restos vegetales hallados en contextos arqueológicos y el entorno en el que se dieron, evidencian un comportamiento acorde con la dualidad vegetal mencionada, siendo fundamental la presencia de agua más que otros factores. Se puede afirmar que, a modo de reconstrucción del entorno, hubo un ambiente de mayor humedad y temperaturas más benignas que en los momentos históricamente recientes, haciéndolos propicios para la habitabilidad y para la existencia bajo un régimen de trashumancia y nomadismo de productividad variable.

Otras imágenes en la narrativa del entorno

El autor del arte rupestre parte de una realidad conocida o imaginada, material o mental, que trasladará al observador en toda su realidad o mediatizándola por la esquematización o la abstracción (Lewis-Williams, 2004), el simbolismo o la ritualidad. Sin embargo, lo que se representa sigue siendo aquello sobre lo que se quiere informar (real o simbólicamente) o compartir (Aumont, 1992), es decir transmitir la idea del mundo, del significado profundo de los acontecimientos, de las narraciones comunes, de las que llevan mitos implícitos o de las emociones y experiencias de vida, en este caso portando la natural carga subjetiva del sujeto o del grupo.

Es relevante señalar cómo el hombre teniendo la capacidad técnica y de expresión para resolver figuras con gran realismo y determinación en su factura, no la dispensa para reflejar la realidad paisajista u otras formas de la biodiversidad. Posiblemente la asumió y la consideró tan próxima a su vivencia que no fue necesario representarla, o incluso por la importancia

que suponía la agencia o sacralidad del sitio sin tener una obligada vinculación a la representación realista. Tampoco se desdeña la idea de que la línea, técnica, color y soporte no son lenguaje sencillo para documentar una realidad tridimensional de difícil imitación, en un complejo iconográfico en el que predomina carácter geométrico y abstracto (pintura y grabado) (Casado, 2024).

En algunos sitios prehistóricos, el arte rupestre presenta rasgos narrativos donde las figuras humanas y de fauna muestran un destacado grado de comunicación e interacción, figuras inmersas en escenas de la vida y acontecimientos cotidianos que brindan una factura naturalista y carácter narrativo, escenas de cacería, de danza, de actividad doméstica, de recogida de la miel, etc., como en el arte rupestre del Arco Mediterráneo o del norte de África, entre otros, sin embargo, no ocurre lo mismo con la representación del paisaje que puede ser advertible por la relación con el emplazamiento de los sitios: caminos naturales, pequeños valles, puntos con agua; por ser puntos de buena visibilidad y visibilización o por el uso de los accidentes topográficos como indicadores, que dejan clara la profunda relación del arte rupestre y el entorno, de igual modo hay figuras que remiten a la formalidad de algunos elementos del entorno, las corrientes de agua, la lluvia, los cuerpos celestes o la perspectiva lineal del paisaje, que destacamos en estas líneas.

El entorno y la celebración del agua. Asociación de líneas horizontales, verticales y puntos.

Como hemos mencionado en líneas anteriores, la presencia de agua en la región fue decisiva para la definición del modo de vida de los grupos (Turpin, 2010), bien por la selección de entornos para el establecimiento de campamentos estacionales, por el aprovechamiento de los recursos naturales o por el diseño del ritmo de movilidad. A lo largo del corredor norestense, de otras áreas del norte (Amador, 2016) y del occidente del país, un número importante de

sitios con arte rupestre están situados en la proximidad de puntos de agua y en los que su iconografía se vincula con el agua. Imágenes que responden a diseños cognitivos y simbólicos, relativos a la regeneración vital de la comunidad biótica y la renovación de recursos con variaciones y resignificados en el tiempo. El equilibrio biótico siempre fue esencial y estuvo presente en el desempeño de la vida de los grupos de cazadores recolectores.

Las líneas onduladas en disposición paralela, representadas en bloques grabados o paneles pintados, dan el aspecto de movimiento sugiriendo corrientes de agua, a veces la disposición vertical insinúa la forma de la lluvia. Por lo general, se sitúan al borde de vados o cursos de agua. Turpin (2010) menciona que, al norte del Río Bravo, estas líneas se dirigen al borde de pozas naturales imitando el flujo de agua. Las líneas paralelas solas o acompañadas de pequeños puntos se interpretan como representación de gotas

de lluvia que origina la corriente de agua, presentes en El Gavillero, Narigua, Margaritas (G. Cepeda), El Pelillal, Cuesta Grande y La Barreta (Ramos Arizpe), Coahuila (Figura 2) y puntos en la rivera del Arroyo los Ranchos formando parte del denominado Kilómetro, Icamole, Nuevo León, entre otros (Del Razo, 2008).

En algunos casos, las líneas meándricas y paralelas se asocian a figuras de plantas, las hemos identificado con el palo loco y plantas de helecho (Narigua, Coahuila) (Casado & Montúfar, 2024), propias de entornos con mayor presencia de agua (Figura 3).

Del mismo modo, las figuras en forma de peines o rastrillos remiten a motivos de lluvia, específicamente a cortinas de agua, tanto en grabado como pintura. La iconografía compuesta por trazos transversales a veces hileras de círculos u óvalos se identifican como nubes de las que parten líneas verticales o en zig-



Figura 2. Izquierda: líneas paralelas: agua, General Cepeda. Imagen cortesía de R. Rodríguez G. Derecha: líneas paralelas y puntos: gotas de lluvia que originan la corriente, Amargos. Coahuila. Imágenes cortesía de J. Flores V.



Figura 3. Asociación agua y plantas. El Pelillal, Coahuila.

zag descendentes a modo de relámpagos y de lluvia, junto a los conjuntos de puntos en la base interpretados como agua, además de otras combinaciones de este tipo de líneas como la representación de los cauces. J. Olson (2009, pp. 74-83) incluye esta disposición de líneas en el concepto de “rocas de lluvia”, incluso como elementos rituales para la petición de lluvia (Whitley, 1998) (Figura 4). Asimismo, sobre este tipo de figuras S. Turpin (2010, p. 84), menciona: “dan la impresión de hacer remedos al clima u objetos celestes”, advertidas en algunos paneles de Chiquihuitillos.

Líneas zigzagueantes paralelas y verticales o formando rombos descendentes se advierten, junto a otras imágenes, en sitios de Coahuila, Nuevo León, Chihuahua (Chacón, 2015), Durango (Herrera, 2022) y Tamaulipas con diferente explicación, en estos casos posible metonimia de los ciclos de la naturaleza, las estaciones y por tanto del transcurrir temporal (Ruiz, 2016). La representación del agua, en el arte rupestre de la región, parece ser un código cultural, usado con frecuencia, vinculado a mitos relativos con la regeneración de la vida.

Delimitando el espacio acuático. El código de líneas

de puntos, hoyuelos u horadaciones. La delimitación longitudinal de un espacio, cauce o lecho de agua por puntos puede distinguirse en varios sitios de la región. Se trata de puntos, cupulillas o pequeñas cavidades horadadas, dispuestas en línea recta o serpenteante, en afloramientos naturales rocosos en las orillas de cursos de agua, situados paralelos al arroyo intermitente, a modo de límite del lecho natural por el que, como fruto de lluvias torrenciales, corre el agua prolongándose por varios metros, incluso kilómetros como en el sitio Arroyo los Ranchos, en el enclave llamado El Kilómetro, Icamole, Nuevo León, explicado como el punto de nacimiento del agua; la asociación con otras figuras (huellas de venado y pies), sugieren el paso del arroyo (Del Razo, 2008).

Por tanto, creemos que esta misma disposición de puntos y líneas grabados de forma paralela y longitudinal, tanto en pequeños como en grandes tableros



Figura 4. Posibles motivos de lluvia en Chiquihuitillos, Nuevo León. Imagen cortesía de R. Rodríguez G.

rocosos, señalan la misma idea de delimitación del lecho acuático constituyendo un código compartido entre distintos grupos, valioso en la región debido a su movilidad estacional y por tanto relacionada con épocas de lluvia o seca (Figura 5), disposición que se advierte en varios sitios.

El concepto de delimitación del discurrir acuático se advierte en un gran bloque con grabados en Sabiniillas, Nacapa (Coahuila), se halla enclavado al pie de un lecho natural, posible curso de agua en algún momento. Al frente y en la parte central del bloque rocoso, se aprecian dos líneas de puntos casi paralelas que lo recorren de derecha a izquierda, delimitando un espacio central intermedio, donde hay grabadas líneas serpenteantes, meándricas y pequeñas formas circulares, mostrando el dinamismo de un curso de agua con elementos que discurren por el interior o dando la idea del movimiento del agua, junto a otras figuras fuera de este espacio. En la parte superior, de forma algo más confusa pero advertible, se repite la

representación de las líneas de puntos delimitando espacios igualmente con formas lineares, geométricas e incluso una mano (Casado, 2024).

Presumiblemente estemos ante la representación grabada del entorno circundante que nos lleva a ver dibujada la realidad del terreno, como las mencionadas cupulillas horadadas dispuestas en la superficie natural de la roca que delimitan un lecho natural *in situ* (Figura 6). Por tanto, existen ejemplos del hecho real de puntos u horadaciones en la orilla del lecho de una corriente de agua y el dibujado en los bloques.

El origen y movimiento del agua. Las figuras de círculos, círculos concéntricos y espirales. Uno de los tipos más representados en la región dentro de la tradición de arte rupestre del desierto, son los círculos: sencillos, dobles, en forma de cadenas longitudinales o verticales, concéntricos o irradiados que proliferan en técnica de grabado, no ausentes en pintura, ofreciendo una narrativa del agua. Los círculos y los círcu-



Figura 5. Izquierda: puntos y línea de agua. Derecha: espacio acuático. Sitios: Narigua y Cuesta Grande, Coahuila. Imágenes cortesía de R. Rodríguez G.



Figura 6. Delimitación de un lecho de agua. Sabinillas, Coahuila. Imagen cortesía de J. Flores V.

los concéntricos vistos como el remolino y ojos de agua, para algunos sitios asociados a la representación de huellas de pies humanos como iconografía simbólica, atribuidos por pobladores ancestrales de la región al origen del agua (Casado & Montúfar, 2024; Turpin, 2010); los círculos radiados o con algún apéndice se interpretan como el agua que se desliza y, si hay puntos dibujados al agua que gotea. Los círculos o las espirales que se alargan en una línea muestran el punto de origen del agua y su discurrir (Figura 7) (o como elemento celeste —cometa— que veremos más adelante). Son figuras en las que siempre está presente la idea de movimiento como atributo natural y como marcador del espacio ritual.

La idea del agua serpenteante se asocia a la figura de serpientes, a la lluvia y a los fenómenos meteorológi-

cos con un valor polisémico, idea que alarga su vigencia hasta el panteón mesoamericano con un importante número de dioses de la lluvia (Tlaloc entre los nahuas, Chaac para los mayas, Cocijó para los zapotecos, Dzahui para los mixtecos o Tajín para los Totonacas, entre otros) (Contel, 2009). Igualmente, presente en grupos autóctonos (Phillips et al., 2006) como la “serpiente de la lluvia” entre los otomíes (Valdovinos, 2009).

Es frecuente que los bloques rocosos con este tipo de imaginería se sitúen en puntos acuíferos, en los límites de arroyos que, en la estación de lluvias el agua llega a alcanzar las figuras, pero también en pasos naturales, bifurcaciones o promontorios, con ejemplos en sitios del norte y occidente. Para figuras de esta última región, Mountjoy (1974) señala la espe-

cial disposición de círculos y espirales, en sitios que ocupan los laterales o bancos de ríos y arroyos, pudiendo reflejar la misma idea de señalización o reproducción iconográfica de los cauces.

La representación de la espiral responde a un tipo gráfico universal, en la mayoría de los casos asociada a grupos de desarrollo agrícola y posteriores. Los grupos ancestrales, al observar las formas de la naturaleza, descubrieron estructuras naturales en círculo y espiral, que asociaron a fenómenos también universales, al agua, al ciclo de la vida, a los procesos de transformación. Han sido signos de eternidad y evolución, incluso asociados a la evolución del universo, asimismo idea gráfica del movimiento y variación de opuestos, mundo infinito-perenne, dualidad espacio-tiempo e improntas de narrativas astronómicas y chamánicas, como en los vuelos espiraloides de los chamanes.

La espiral en cada momento y circunstancia abarca un aspecto de la relación del espacio y el acontecer humano ya que estamos ante una imagen que tiene gran carga de sentido cultural (Lotman, 1996). Aun existiendo en el área, su presencia es menor que otro tipo de figuras, y menor también que las existentes en el Occidente o las situadas a lo largo de la costa del Pacífico. En la actualidad, el uso de la figura de espiral está muy presente en el diseño, instalaciones, el arte digital y en soluciones arquitectónicas (Casado, 2025).

Las hay sencillas, dobles, complejas, con líneas que parten formando otras figuras y de nuevo relacionadas con el agua o cauces por donde corre el agua y con la petición de lluvias que lleva implícita la idea de la abundancia (Mountjoy, 1974). Si la línea que se desprende es una línea ondulada o meándrica responderían a la representación del manantial y el curso del agua naciente. En un gran Planchón rocoso con profusión de grabados en Presa de la Luz (Altos de Jalisco), Esparza & Rodríguez et al. (2016, p. 78) señala que se pueden apreciar “espirales y líneas sinuosas que se conectan entre sí con varios pocitos



Figura 7. Posible manantial y discurrir del agua. Puerto Margaritas, Coahuila. Imagen cortesía de R. Rodríguez G.

de diversas dimensiones, posible representación de un mapa del terreno con señalamiento de las fuentes de agua”.

La idea traspasa la temporalidad y está presente en el mundo mesoamericano con connotaciones reconocibles en la glífica y códigos, igualmente en la iconografía Wixárica integradas en el pensamiento de petición y propiciación de la lluvia que conforma la trilogía: lluvia, nubes y maíz (Mountjoy, 1974, 2012).

El agua como sustento. El agua sustenta la vida e impulsa la pervivencia del complejo biótico y del ser humano. Tan importante fue su presencia en la región noreste que algunos grupos eran nombrados, en las fuentes documentales, con apelativos relativos a la personificación de la naturaleza, según Ramírez (2011, p. 122) en el caso del agua, los Aguimanigua-

ra, nombre que significa “gente que anda a orillas del río”, en sintonía con lo expuesto en líneas anteriores de señalar las orillas de los ríos o arroyos, grupo que conocía bien las posibilidades y atributos del entorno del que obtenía recursos.

Si bien los grupos del noreste se asocian a cazadores recolectores no hay que desestimar el hecho de que también eran pescadores donde el agua estaba presente, aun en un clima tendente a la aridez. Los testigos de la actividad de pesca en relación con el arte rupestre los hallamos en las figuras de utillaje para tal tarea, como los grabados que representan redes y nasas (tipo de cesta hecha con juncos de forma cilíndrica para la pesca, con tapa por donde se vacía el contenido) en Parras, Eslabones, El Pelillal y otros puntos de Ramos Arizpe, Coahuila (Figura 8) e Icamole en Nuevo León. La idea se refuerza con la representación grabada de peces en el mismo municipio

de Parras, entorno con importante presencia de agua, venida de manantiales de las sierras aledañas que generaban un manto freático y humedad constante, razón por la que, desde el siglo XVI, algunos cultivos se han desarrollado de forma notable, muestra de la importancia que tuvo de la actividad de la pesca para la supervivencia de los grupos de la región (Figura 9).

Los planos terrestre y el celeste. La línea del horizonte. El entorno que envuelve a los grupos humanos ancestrales, no solo se refiere al paisaje inmediato, lo situado en el plano terrenal, sino también a la bóveda celeste, a los cuerpos que en ella se desenvuelven y al comportamiento astral, es un sistema integral de elementos terrenales y celestes que organizan la vida social, rigen las ceremonias y el ritual de los grupos, produciéndose una conexión indisoluble entre el cielo y la tierra. Asimismo, la observación astral nutre el



Figura 8. Representación de nasas. Ramos Arizpe, Coahuila. Imagen cortesía de J. Flores V.



Figura 9. Izquierda: figura de red, sitio La Difunta. Imagen cortesía de R. Rodríguez G. Derecha: representación de peces. Parras, Coahuila. Imágenes cortesía de J. Flores V.

conocimiento sobre el movimiento de los astros, el paso del tiempo, el comportamiento de los ciclos naturales y en sintonía con el modo en que se rigen las estaciones, la supervivencia y la adaptación a las condiciones medioambientales.

Parte de la imagería asociada a la bóveda celeste se identifica en las formas estrelladas, los soles sencillos o radiados, los medios círculos o fases lunares, la combinación de figuras interpretadas como representación de un eclipse (El Pelillal), la representación de Venus (cruz enmarcada) (Narigua, Parras, El Pelillal), entre otras figuras de componente astronómico (De la Rosa, 2019). Las figuras de círculos con apéndice formado por tres o más líneas rectas o líneas ondulantes, a modo de cometas, se presentan tanto en grabado como en pintura en varios puntos de Narigua, Parras y Chiquihuitillos (Turpin, 2010). Esta imagería está presente en un número importante de sitios del nororiente, identificados como patrones formales.

En Narigua (Coahuila) en un gran bloque con grabados, muy perceptibles al estar hechos sobre la pátina oscura fruto del intemperismo, se aprecia un conjunto de figuras dispuesto en dos planos, separados por

la cornisa natural de la roca. En el superior se identifican formas de estrellas, soles, medialunas y la representación de cometas (forma circular del que salen varias líneas rectas), círculos y medio círculos, imagería astral observable en la bóveda celeste.

En el plano inferior hay una figura de planta con raíces, tallo y ramas y a su derecha, cinco líneas serpenteantes a modo de representación de una corriente de agua; la planta la hemos identificado con el *Pittoncaulon praecox* o Palo loco (Casado & Montúfar, 2023), con señalamiento de las raíces, presumiblemente alusión al carácter medicinal (Casado & Montúfar, 2024). La funcionalidad del gran bloque estaría referida al entorno en sentido pleno: terrenal y celeste, representación simbólica basada en la dualidad de planos, el superior con figuras del mundo astral que mostraría la bóveda celeste y el inferior la parte terrestre con la figura de la planta —raíces y ramas— junto al agua (Figura 10).

Pero no es caso único con la representación integral de la narrativa del entorno, en el sitio El Sol, Parras (Coahuila), en un bloque con grabados, hallamos una disposición similar. Se advierten dos planos, en el superior y en su parte central hay grabada la figura

de un sol cuidadosamente trabajado, separado del plano inferior por una línea/cenefa horizontal que ocupa el ancho del bloque y de la que se desprenden de forma descendente líneas en zigzag que recorren la superficie de la roca llegando a formar una composición romboidal descendente, en sintonía con lo ya expuesto. Es perceptible la parte celeste en el plano superior y la terrenal en el inferior, mediante el simbolismo de la lluvia o de flujo de agua descendente, como elementos que acceden al espacio terrenal (Figura 11).

Ciertas líneas ondulantes o angulosas reconocibles y pintadas o grabadas en los bloques pétreos frente a un accidente geográfico o paisaje circundante, son interpretadas como la representación de la línea del horizonte. Reproducirían la perspectiva lineal de lo

que se ve desde el punto de realización, es decir, la representación de la línea que forma el paisaje en la lejanía, líneas de elevaciones, montañas o cañones, hecho significativo para los grupos y para la construcción social y ritual del paisaje. Incluso se llega a advertir la representación del seguimiento del recorrido solar; la alineación con puntos reconocibles en los equinoccios o solsticios, el punto de salida o puesta del astro solar o figuras relacionadas con elementos celestes. Sin embargo, sería conveniente una mayor recurrencia de esta imaginería y la asociación con el fenómeno astronómico específico, para contar con ejemplos verificados y poder darles la debida validación.

Como describimos en estas líneas, a lo largo del tiempo el hombre, mediante la observación de la natura-



Figura 10. Representación del entorno, dualidad de planos. Narigua, Coahuila. Imagen cortesía de J. Flores V.



Figura 11. Representación del entorno, dualidad de planos. Narigua, Coahuila. Imagen cortesía de J. Flores V.

leza, el dibujo y uso del soporte, ha diseñado determinados códigos para la representación del paisaje, no solo en la reproducción fiel de sus formas, sino a través de asociaciones mentales asumidas por el grupo, que responden a mitos específicos que la comunidad y los distintos grupos comprenden. Estaríamos ante códigos narrativos identitarios de área o grupo, de interacción, de intercambios intrafamiliares e intergrupales, elementos que forman parte de la narrativa del entorno (plantas, agua, paisaje, etc.) formando parte de una narrativa supragrupal.

A algunos de estos sitios se les asigna también funciones específicas como sitios de agregación, donde se realizaban los “mitotes”, se compartían conocimientos, mitos, ritos y tradiciones transmisibles. Estos

códigos no construyen una barrera infranqueable con otros códigos y narrativas diferentes, más bien se advierten convergencias e intercambios habidos entre los sitios distribuidos en el gran entorno del noreste, que forman una tradición que a su vez recibe influencias de otras regiones septentrionales o del límite mesoamericano que asume y transforma.

A modo de reflexión

El trabajo es una aproximación al sistema sígnico que muestra el arte rupestre norestense incluido en el término de narrativa, donde interactúan distintos elementos con el objeto de alcanzar una comprensión más holística del arte rupestre. El término de narrativa se define como un relato con sentido; para

cada sitio o grupo de sitios es el resultado de la presencia del código gráfico (imaginería propia), del código de la territorialidad (disposición de los puntos con arte rupestre en relación con el paisaje) y los códigos de función (interpretación sustentable). Es importante señalar que el intento de una reflexión epistemológica sobre el conocimiento del arte rupestre pasa por el análisis y el cuestionamiento de algunos supuestos, pero también por la propuesta de nuevos enfoques evaluando su validez para producir conocimiento.

El espacio que recorrieron y en el que vivieron los grupos ancestrales del norte y noreste del país, no fue sólo una realidad natural basada en componentes fisiográficos o geológicos insertos en el entorno inamovible sino también una realidad social y simbólica construida, y un paisaje ritual, con elementos que el hombre aporta, como el arte rupestre. Entre los grupos de cazadores-recolectores-pescadores la relación del hombre y la imaginería rupestre con el espacio y su estar en el paisaje, fue parte significativa de su natural vivir y modo de existir. La comunidad biótica de la región, animales y plantas formaba parte del ecosistema que los grupos recorrieron y, en dado caso, se establecieron desde hace al menos doce mil años, vivencia ligada a la memoria y al mito.

El autor del arte rupestre parte de una realidad conocida o imaginada (material o mental) que traslada al observador. Lo que representa sigue siendo aquello sobre lo que se quiere informar o compartir (real o simbólicamente), es decir transmitir la idea del mundo, del significado profundo de los acontecimientos, de las emociones y experiencias, de las narraciones comunes o de las que llevan mitos implícitos, por ende, también del entorno de los componentes de la biodiversidad y el comportamiento medioambiental.

La narrativa del entorno analiza las figuras de plantas, concluyendo que: su representación es escasa en relación con los otros tipos iconográficos de la región; que muestra una disociación entre la facilidad de su obtención y la importancia que tuvieron para

vida de los grupos antiguos, que sin embargo, no hay disociación de su presencia con los ejemplares vegetales naturales históricamente presentes, ni con los hallados en contextos arqueológicos del entorno, siendo fuente de información sobre el comportamiento medioambiental y su reconstrucción.

La narrativa del entorno se complementa con el análisis de figuras-código del agua (círculos/espirales), de elementos lineares referidos al comportamiento medioambiental (lluvia, rayo); el topográfico apoyado con elementos gráficos (delimitación de cauces de agua); los de la actividad de la pesca; las líneas de horizonte; los elementos astrales o las composiciones que conjugan el medio celeste y el terrenal, todos básicos en la narrativa del entorno y la biodiversidad que forman parte de la tendencia hacia una investigación plural y polisémica del arte rupestre para superar la fragilidad de su decodificación y comprensión, todo ello especialmente puntualizado en el arte rupestre del noreste de México.

La presencia de bloques o frentes rocosos con iconografía rupestre, especialmente en espacios abiertos con atributos geográfico/medioambientales especiales fueron base para el establecimiento de campamentos al aire libre y como espacios de agregación para el encuentro, intergrupar e intrafamiliar y donde se desarrollaban mitotes, celebraciones y ritos, constituyéndose en puntos esenciales para la transmisión de la cosmovisión del grupo, a lo largo de un lapso amplio.

Referencias

- Amador, J. (2016). *Símbolos de la lluvia y la abundancia en el arte rupestre del desierto de Sonora. Lineamientos generales para la interpretación del arte rupestre y estudio de caso*. INAH-ENAH.
- Aumont, J. (1992). *La imagen*. Editorial Paidós.
- Aveleyra Arroyo de Anda, L. (1956). Los materiales de hueso, asta, cuerno, concha y madera de la cueva de la Candelaria, Coahuila. En L. A. Arroyo-de Anda, M. Maldonado-Koerdell, P. Martínez-del Río, I. Bernal, & F. Elizondo-Saucedo, *Cueva de la Candelaria* (pp. 109-163), Vol. 1. Instituto Nacional de Antropología e Historia y Secretaría

de Educación Pública.

Aveleyra Arroyo de Anda, L. (1964). Sobre dos fechas de radiocarbono 14 para la cueva de La Candelaria, Coahuila. *Anales de Antropología*, 1(1), 125-130.

Bocco, G. (2025). El conocimiento tradicional del paisaje en comunidades indígenas mexicanas. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos medioambientales*, 12.

Bourguignon, E. (1973). Introduction: a Framework for the Comparative Study of Altered States of Consciousness. *Religion, Altered States of Consciousness and Social Change*, Columbus, Ohio University Press.

Bradley, R. (1991). Rock Art and the perception of Landscape. *Cambridge Archaeological Journal*, 1, 77-101.

Bradley, R., Criado, F., & Bregas, R. (1994). Los petroglifos como forma de apropiación del espacio: algunos ejemplos gallegos. *Trabajos de Prehistoria*, 51 (2), 159-168.

Braidotti, R. (2015). *Lo Posthumano*. Editorial Gedisa.

Broda, J. (2004). ¿Culto al maíz o a los santos? La ritualidad agrícola mesoamericana en la etnografía actual. En J. Broda & C. G. Eshelman (Eds.), *Historia y vida ceremonial en las comunidades mesoamericanas* (pp. 61-81). INAH-UNAM.

Buxó, R. (1997). *Arqueología de las plantas*. Editorial Crítica.

Calderón de Rzedowski, G. (2001). Onagraceae y Passifloraceae. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 3ra edición. CONABIO.

Casado, M.P. (2019). El arte rupestre como elemento transformador en la construcción del paisaje, México. *Cuadernos de Arte Prehistórico*, (7), 175-195.

Casado, M.P. (2021a). Estado de la cuestión referente al estudio del arte rupestre en México. 2015. *Retos y perspectivas en el estudio del arte rupestre en México* (pp. 10-50). En M. Pilar Casado & L. Mirambell (Coords.) Secretaría de Cultura, INAH.

Casado, M.P. (2021b). *The universal narrative and regional categories in the rock art of northern Mexico*. Proceedings XXVIII Valcamonica Symposium. Rock-Art, A Human Heritage.

Casado, M.P. (2021c). Presencias y omisiones: simbolismo de las figuras de huellas y cornamentas en el arte rupestre del noreste de México. *Monografías Arqueológicas*, (57), 499-512.

Casado, M.P. (2023). Singularidad en los inicios de la gráfica rupestre del norte de México. En A. Malbrán, V. Ortega & A. Martínez (Eds.), *Arqueología en la Frontera Norte* (pp. 79-99). INAH.

Casado, M.P. (2024). Imagen, paisaje y función. Narrativas grabadas en el arte rupestre del noreste mexicano. En A. Leal, E. Mayén & T. Ibarra (Coords.). *Reflexiones Biocul-*

turales: Arte Rupestre y Entorno en el Noreste de México (pp. 18-48). ITC.

Casado, M.P. (2025). El pasado en el presente. El arte rupestre en el arte contemporáneo. *Cuadernos de Arte Prehistórico*, (18), 1-40.

Casado, M.P., & Montúfar, A. (2017). Representación de plantas en la imaginería del arte rupestre en México. *Arqueología Mexicana*, (145), 22-32.

Casado, M.P., & Montúfar, A. (2023). Biodiversidad y arte rupestre. La representación de plantas en el noreste de México. *Cuadernos de Arte Prehistórico*, (15), 1-36.

Casado, M.P., & Montúfar, A. (2024). Rock Art and Biodiversity. Analysis of Plant Figures in the Northeast of Mexico. *American Rock Art Research Association*, 61-76.

Casado, M.P., & Flores, J. (2025). Las figuras de artrópodos en el arte rupestre de Coahuila, México. *Cuadernos de Arte Prehistórico*, (19), 69-107.

Chacón, E. (2015). La Cueva de las Monas y el pueblo rarámuri. *Vitalidad de las voces indígenas*, UNAM.

Chinchilla, K. (2004). El impulso vital de la regeneración cósmica: las hierofanías vegetales. *Filología y Lingüística*, (XXX -1), 317-333.

Clottes, J., & Lewis-William, D. (2001). *Los chamanes de la prehistoria*. Editorial Ariel.

CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad], Consulta Biodiversidad, 2023. www.conabio.gob.mx; <https://www.biodiversidad.gob.mx>.

Contel, J. (2009). Los dioses de la lluvia en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana*, (96), 20-25.

Criado, F. (1993). Límites y posibilidades de la arqueología del paisaje. SPAL, Revista de Prehistoria y Arqueología, (2), 9-55.

Criado, F. (1999). Del terreno al Espacio: Planteamientos y Perspectivas para la Arqueología del Paisaje. *Cadernos de Arqueología e Património*, (6), 23.

Criado, F., & Estévez, M. (1998). Espacios rupestres: del panel al paisaje. *Arqueología Espacial*, 9-20, 579-595.

Díaz, J. (2003). Las plantas mágicas y la conciencia visionaria. *Arqueología Mexicana*, (59), 18-26.

De la Rosa, Y. (2019). *Los astros en las rocas de Coahuila: arqueología de los antiguos habitantes del desierto*. Secretaría de Cultura, Coahuila.

Del Razo, J. C. (2008). *Icamole: signos, textos y horizontes en el Arte Rupestre de Nuevo León*. Tesis, ENAH.

Dering, J.P. (2008). Mesquite. Ethnobotany of the Lower Pecos Canyons. Texas Beyond History. <https://www.texasbeyondhistory.net/ethnobot/images/mesquite.html>.

- Dobkin, M. (1990). *Hallucinogens: Cross-Cultural Perspectives*. Unity Press, Lindfield.
- Dondis, A. (1990). *La sintaxis de la imagen*. Ediciones G. Gili.
- Elías, N. (1994). *The Symbol Theory*. Editorial Península.
- Eling, H., & Turpin, S. A. (2018). *Informe final sobre los trabajos arqueológicos de campo realizados por INAH Coahuila y UT-ILAS: Cueva Pilote, Coahuila* [Informe técnico]. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) & University of Texas Institute of Latin American Studies.
- Esparza, R., & Rodríguez, F. (2016). *El santuario rupestre de los Altos de Jalisco* El Colegio de Michoacán.
- Fonseca, E., & Fenoglio, F. (2023). Entre lo que se come, se quema y se imagina. Representación rupestre de plantas en Baja California, México. *Americae*, (8), 49-78.
- Frazer, J.G. (1981). *La rama dorada*. Fondo de Cultura Económica.
- García, M. (2021). Imágenes rupestres en Burgos. En M. P. Casado & L. Mirambell (Coords.), *Retos y perspectivas en el estudio del arte rupestre en México*. Colección Arqueología, Secretaría de Cultura, INAH.
- García-Naranjo A., & Mandujano, M. (2010). Patrón de distribución espacial y nodrismo del peyote (*Lophophora williamsii*) en Cuatrociénegas, México. *Cactáceas y succulentas mexicanas*, (55-2), 36-55.
- González, L. (1999). *Museo Regional de la Laguna y la cueva de la Candelaria*. INAH.
- Hauke, R.L. (1995). Equisetaceae. En G. Davidse, M. Sousa S., & S. Knapp (Eds.), *Flora mesoamericana* (Vol. 1). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Herrera, D. (2022). *El arte rupestre de los antiguos cazadores-recolectores de Durango. Estudio regional de la tradición pictórica del arcaico*. Tesis de doctorado. UNAM.
- Iwaniszewski, S. (2001). Astronomía, materialidad y paisaje: reflexiones en torno a los conceptos de medio ambiente y de horizonte. *Boletín de Antropología Americana*, (37), 217-240.
- Iwaniszewski, S., & Vigliani, S. (2011). *Identidad, Paisaje y Patrimonio*. México, INAH.
- Jordán, J. (2022). Los árboles en el arte rupestre levantino: ¿recolección meso/neolítica o narración de un mito? *Cuadernos de Arte Prehistórico*, (13), 28-80.
- Johnston, I. (1944). Plants of Coahuila, Eastern Chihuahua, and Adjoining Zacatecas and Durango, IV. *Journal of the Arnold Arboretum*, (25-4), 431-453.
- Lewis-Williams, D. (2004). *La mente en la cueva: la conciencia y los orígenes del arte*. Editorial Akal.
- Lotman, Y.M. (1996). *La semiosfera I: Semiótica de la cultura y del texto*. Cátedra.
- Lotman, Y.M. (2000). *La semiosfera III: Semiótica de las artes y de la cultura*. Cátedra.
- Martínez, M. (1979). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica.
- Martínez del Río, P. (1953). La cueva mortuoria de La Candelaria, Coahuila. *Cuadernos Americanos* (44), 177-204.
- Mendoza, C. (1993). *La leyenda de las plantas. Mitos, tradiciones, creencias y teorías relativos a los vegetales*. Alta Fulla.
- Melot, M. (2010). *Une breve Histoire de l'Image*. Ediciones Siruela.
- Metcalf, S.E., O'Hara, S.L., Caballero, M., & Davies, S.J. (2000). Records of Late Pleistocene-Holocene climatic change in Mexico: A review. *Quaternary Science Reviews*, 19(7), 699-721.
- Montúfar, A. (2002). El ahuehuete: símbolo nacional. *Arqueología Mexicana*, (57), 66.
- Mountjoy, J.B. (1974). Some hypotheses regarding the petroglyphs of West Mexico. *Mesoamerican Studies*, (9), 25.
- Mountjoy, J. (2012). *Arte rupestre en Jalisco*. Cultura Jalisco, 17-21.
- Murray, W.B. (1992). Antlers and Counting in Northeast Mexican Rock Art. *American Indian Rock Art*, (15), 71-79.
- Murray, W.B. (2021). El arte rupestre del corredor nores-tense. En M. P. Casado & L. Mirambell (Coords.), *Retos y perspectivas en el estudio del arte rupestre en México* (p. 193). Colección Arqueología, INAH.
- Narváez, R., Rivera, A., & Cerda, J. (2017). El mezquite (*Prosopis* spp.) entre los grupos chichimecas del antiguo Nuevo León, México. *Desde el Herbario CICY*, 9, 209-215.
- Narváez, R., Silva, L., & Murray, W. (2018). El brebaje del desierto: usos del peyote (*Lophophora williamsii*, Cactaceae) entre los cazadores recolectores de Nuevo León. *Desde el Herbario CICY* 10, 86-196.
- Narváez, R., Quirino, R., Rivera, A., & González, M. (2019). Crónica del aprovechamiento de recursos bióticos por poblaciones indígenas serranas en el Sur de Nuevo León. En M. Martínez, C. Grajeda & E. Ahedo (Coords.), *Sociedad, Cultura y Medio Ambiente en el Norte de México* (pp. 310-318). INAH.
- Narváez, R., Quirino, R., Rivera, A., & González, M. (2020). Estudio arqueobotánico del sitio arqueológico El Morro Orgánico en Aramberri, Nuevo León. En R. Pérez & E. Gallaga (Eds.), *Antropología del desierto: Los imaginarios colectivos del desierto* (pp. 74-83). Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Neurath, J. (2008). *Por los caminos del maíz: Mito, ritual y cosmovisión en la periferia septentrional de Mesoamérica*. Biblioteca Mexicana.
- Neurath, J. (2021). Becoming Peyote, or the Flowers of Wirikuta. *Flower Worlds Aesthetics, and Ideology in Mesoamerica and the American Southwest*. University of Arizona.
- Olson, J. (2009). Un sitio de petroglifos en el noreste de México. En E. Lozano de Salas (Ed.), *Boca de Potrerillos* (pp. 67-145). Universidad Autónoma de Nuevo León y Museo Bernabé de las Casas.
- Phillips, D., Van Pool, C., & Van Pool, T. (2006). The Horned Serpent Tradition in the North American Southwest. En C. Van Pool, T. Van Pool, & D. Phillips Jr. (Eds.), *Religion in the Prehispanic Southwest*. AltaMira Press.
- Ramírez, J. (2011). *Naturaleza y cultura entre los indígenas nómadas cazadores-recolectores de Noreste de México*. UDEM y UANL.
- Rivera, A. (2007). Entre plantas y pólenes: recursos vegetales serranos. En A. Rivera Estrada (Coord.), *Cultura Indígena Serrana: Cañada Alardín, General Zaragoza*, Nuevo León (pp. 18-19). Academia de Investigaciones Históricas Regionales A.C. y Centro INAH Nuevo León. Monterrey, México.
- Rivera, A. (2012). *Percepción del paisaje entre grupos cazadores-recolectores complejos en la Llanura Central de Nuevo León, México*. Tesis de doctorado. ENAH.
- Rodríguez, R. (2018). *Coahuila Indígena*. Secretaría de Cultura de Estado de Coahuila.
- Ruiz, E. (2016). *Alrededor de la lluvia: Imágenes pasadas y presentes en América*. Secretaría de Cultura de la Presidencia de El Salvador; Museo Nacional de Antropología Dr. David J. Guzmán.
- Sánchez, G. (2016). *Los Primeros Mexicanos. Late Pleistocene and Early Holocene People of Sonora*. The University of Arizona Press.
- Sayther, T., & Stuart, D. (1998). Rock Art of Northeastern Mexico: Petroglyphs of Coahuila and Nuevo León. *American Indian Rock Art*, (25), 141-148.
- Solís, C., Rodríguez, R., Jiménez, J., Salas, G., de la Rosa, Y., Chacón, E., Martínez, M., & Chávez, E. (2022). *Search of First Settlements in Northern Desert of Mexico: Cuatro Ciénegas, Coahuila*. UNAM-INAH.
- Solomon, A. (2006). Qu'est-ce qu'une interprétation? Croyances et cosmologie dans les interprétations de l'art des San en Afrique du Sud. En M. Lorblanchet, J.-L. Le Quellec, P. G. Bahn, H.-P. Frankfort, B., & G. Deluc (Eds.), *Chamanismes et arts préhistoriques. Vision critique* (p. 261). Éditions Errance.
- Taşon, P.S.C., & Ouzman, S. (2004). Worlds within stone: The inner and outer rock-art landscapes of northern Australia and southern Africa. En C. Chippindale & G. Nash (Eds.), *The figured landscapes of rock-art: Looking at pictures in place* (pp. 39-68). Cambridge University Press.
- Taylor, W. (1956). Some implications of the Carbon-14 Dates from a Cave in Coahuila, Mexico. *Bulletin of the Texas Archaeological Society*, (27), 2015-2234.
- Taylor W. (1968). A Burial Bundle from Coahuila, Mexico. Ed. Albert Schroeder, *Collected Papers in Honor of Lyndon Lane Hargraves. Papers of the Archaeological Society of New Mexico*, 23-56.
- Thomas, J. (2001). Archaeology of place and landscape. En I. Hodder (Ed.), *Archaeological theory today* (pp. 165-186). Cambridge University Press.
- Tilley, C. (1994). *A phenomenology of landscape: Places, paths and monuments*. Berg Publishers.
- Turpin, S.A. (2010). *El arte indígena en Coahuila*. Universidad Autónoma de Coahuila.
- Turpin, S.A., Eling, H., & Valadez, M. (1994). The archaic environment of Boca de Potrerillos, Nuevo León, México. *North American Archaeologist*, 15(4), 331-357.
- Turpin, S.A., Eling, H., & Valadez, M. (2009). Boca de Potrerillos: Evidencia arqueológica y paleoambiental del desarrollo indígena en Nuevo León. En E. Lozano de Salas (Ed.), *Boca de Potrerillos* (pp. 26-27). Universidad Autónoma de Nuevo León y Museo Bernabé de las Casas.
- Valdovinos, V. (2009). *Bok'ya, la serpiente de lluvia en la tradición Nāhñü del Valle de Mezquital*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Valdés, C. (1995). *La gente del mezquite: Los nómadas del noreste en la Colonia*. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Vélez, R. (2001). Dahlia Cav. En J. Rzedowski & G. Calderón de Rzedowski (Eds.), *Flora fanerogámica del Valle de México* (2ª ed., pp. 872-874). Instituto de Ecología A.C. y CONABIO.
- Wellmann, K.F. (1978). North American Indian rock art and hallucinogenic drugs. *Journal of the American Medical Association*, 239(15), 1524-1527.
- Whitley, D.S. (1998). Finding rain in the desert: Landscape, gender and far western North American rock art. En C. Chippindale & P. S. C. Taşon (Eds.), *The archaeology of rock-art* (pp. 11-29). Cambridge University Press.
- Wyndham, F.S. (2011). Living landscapes of the Sierra Tarahumara: Steps toward a social ecology of rock art. En C. Bonfiglioli, A. Gutiérrez, M. A. Hers & D. Levin (Eds.), *Las vías del noroeste III: Genealogías, transversalidades y convergencias* (pp. 471-497). Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Efecto de la Suplementación con Microalgas Vivas Sobre la Tasa de Postura en Aves Ponedoras y la Condición Corporal en Caprinos en el Noreste de México

L.A. Sumuano-Barragán¹ y D.M. Garza-García^{2*}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.
Av. Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Cañada,
General Escobedo, N.L. México. 66050.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

*Autor para correspondencia: misael.garzagr@uanl.edu.mx

Resumen

La producción ganadera en México enfrenta el desafío de aumentar la eficiencia en respuesta a la creciente demanda de alimentos, impulsando la búsqueda de alternativas biotecnológicas que reduzcan la dependencia de insumos sintéticos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con Ganamaxi®, una suspensión de microalgas vivas desarrollada por GEXUS® (composición taxonómica no divulgada por confidencialidad comercial), como agente prebiótico en gallinas ponedoras de la raza Rhode Island Red y en ganado caprino.

En el ensayo avícola (n = 14 aves por grupo), se adicionaron 400 mL diarios de la suspensión al alimento sólido durante 10 días. La tasa de postura del grupo tratamiento aumentó de 50% (7/14) a 100% (14/14), mientras que el grupo testigo se mantuvo sin cambio; la diferencia fue estadísticamente significativa (prueba exacta de Fisher, p = 0.003). Se registró además una mejora cualitativa en la coloración y consistencia de la yema.

En el ensayo caprino, la adición de 2 L diarios de la suspensión en el agua de bebida durante 6 días se asoció con signos cualitativos de recuperación fisiológica —mejoras en condición corporal, cobertura muscular y calidad del pelaje— observados en un ejemplar representativo del grupo de tratamiento. Dado el carácter exploratorio de esta evaluación, no fue posible realizar inferencias estadísticas sobre el grupo completo.

En conjunto, los resultados sugieren que la suplementación con Ganamaxi® podría contribuir a la optimización de la biodisponibilidad de nutrientes, posiblemente a través de efectos sobre la salud intestinal y ruminal. No obstante, dado el carácter exploratorio del estudio — particularmente en el ensayo caprino— se requieren investigaciones adicionales con mayor tamaño de muestra, diseño experimental controlado y análisis cuantitativos robustos que permitan confirmar y generalizar estos efectos.

Se concluye que Ganamaxi® representa una alternativa relevante para mejorar la respuesta productiva en sistemas pecuarios, bajo un enfoque de producción más sostenible y resiliente en el norte de México.

Palabras clave: microalgas, nutrición animal, producción pecuaria, prebiótico, sostenibilidad

Abstract

Livestock production in Mexico faces the challenge of increasing efficiency in response to growing food demand, driving the search for biotechnological alternatives that reduce dependence on synthetic inputs. The aim of this study was to evaluate the effect of supplementation with Ganamaxi®, a live microalgae suspension developed by GEXUS® (taxonomic composition undisclosed for commercial confidentiality), as a prebiotic agent in Rhode Island Red laying hens and in goats.

In the poultry trial (n = 14 birds per group), 400 mL of the

suspension was added daily to the solid feed for 10 days. The laying rate of the treatment group increased from 50% (7/14) to 100% (14/14), while the control group showed no change; the difference was statistically significant (Fisher's exact test, $p = 0.003$). A qualitative improvement in yolk coloration and consistency was also recorded.

Key words: microalgae, animal nutrition, livestock production, prebiotic, sustainability

Introducción

La producción pecuaria en México representa un pilar estratégico para la seguridad alimentaria y la economía rural del país. En el sector avícola, México se posiciona como uno de los principales productores a nivel mundial; según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2024), la producción nacional de huevo para plato supera las 3.1 millones de toneladas anuales, lo que refleja la relevancia de este sector en la dieta de la población. Por otro lado, la caprinocultura desempeña un papel socioeconómico fundamental, especialmente en las zonas áridas y semiáridas del norte y centro del país. Con un inventario que supera las 8.7 millones de cabezas, México mantiene una producción constante de carne y leche caprina, donde estados como Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León lideran la actividad, enfrentando retos constantes relacionados con la estacionalidad forrajera y el estrés ambiental (Tajonar et al., 2022; Ornelas-Eusebio et al., 2020).

Sin embargo, la producción animal moderna enfrenta desafíos significativos asociados al incremento en los costos de los insumos nutricionales y la presión por reducir el uso de antibióticos y aditivos sintéticos. Esta transición global hacia una producción más limpia ha impulsado la búsqueda de alternativas naturales que mejoren la eficiencia productiva sin comprometer la inocuidad. En este contexto, las microalgas han cobrado gran relevancia como una alternativa biotecnológica de alto valor (Mavrommatis et al.,

2023). Debido a su perfil bioquímico rico en aminoácidos, ácidos grasos, antioxidantes, vitaminas y pigmentos, estos microorganismos no solo actúan como suplementos nutricionales, sino que funcionan como potentes prebióticos capaces de modular el microbioma intestinal (Bature et al., 2022).

La literatura científica sugiere que la suplementación con microalgas vivas favorece la salud integral del animal al estimular una respuesta inmune más robusta y optimizar la biodisponibilidad de nutrientes a través de una mejor salud intestinal (Gadzama et al., 2025). A diferencia de los sustratos secos, las microalgas en estado vivo preservan metabolitos clave que actúan de manera inmediata en la fisiología del ave y el pequeño rumiante, facilitando una rápida absorción de compuestos bioactivos.

Bajo esta premisa, la empresa GEXUS®, ubicada en Nuevo León, ha desarrollado soluciones basadas en microalgas vivas diseñadas para maximizar la eficiencia metabólica en condiciones reales de producción. Estas tecnologías buscan fortalecer la resiliencia de los hatos y parvadas mediante la optimización de recursos, permitiendo que el productor alcance mejores índices de conversión y calidad de producto final de manera orgánica.

Ganamaxi es la solución biotecnológica de GEXUS® diseñada específicamente para la nutrición y salud animal. Se define técnicamente como una suspensión de microalgas vivas, formulada para actuar como un potente nutraceutico y prebiótico en diversas especies pecuarias.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con microalgas vivas como agente prebiótico en aves de postura de la raza Rhode Island Red y en ganado caprino, mediante un enfoque cuantitativo en el ensayo avícola y cualitativo/exploratorio en el ensayo caprino. Se analizó su impacto en parámetros productivos clave, tales como la tasa de postura y la recuperación de la

condición corporal, con el fin de proporcionar evidencia técnica que respalde el uso de microalgas vivas como una alternativa sustentable y rentable para la industria pecuaria nacional.

Material y métodos

Es importante señalar que el presente estudio tuvo un carácter exploratorio, por lo que algunas variables, particularmente en el ensayo caprino, fueron evaluadas de manera cualitativa. En este sentido, los resultados deben interpretarse como evidencia preliminar que requiere validación mediante estudios con diseño experimental controlado y análisis estadísticos robustos.

Localización

El ensayo en aves se llevó a cabo en una unidad de producción avícola ubicada en el municipio de Montemorelos, Nuevo León, México. Por su parte, el ensayo en caprinos se realizó en el municipio de Pesquería, Nuevo León, México.

Las dos localidades presentan condiciones climáticas características del noreste de México, con temperaturas elevadas durante el día y variaciones térmicas moderadas.

Datos de los animales

Para el ensayo en aves se utilizaron gallinas de postura de la raza Rhode Island Red, distribuidas en dos grupos de 14 individuos cada uno: un grupo testigo y un grupo de tratamiento. Ambos grupos fueron conformados procurando homogeneidad en las variables experimentales, incluyendo edad, dieta base y condiciones de manejo. Las aves tenían una edad aproximada de 1 año y recibieron la misma dieta basal durante todo el periodo experimental.

En el caso de los caprinos, se trabajó con dos grupos de 25 individuos cada uno, correspondientes a animales producto de la cruce Boer × Nubia. De igual

forma, los grupos fueron establecidos bajo criterios de homogeneidad en edad, peso corporal inicial, dieta base y condiciones de manejo. Los animales presentaban una edad aproximada de 9 meses y mostraban signos de deficiencia nutricional evidenciados por bajo peso y condición corporales reducida al inicio del ensayo.

Tratamiento

En aves, el tratamiento consistió en la adición diaria de 400 mL de suspensión de microalgas vivas durante un periodo de 10 días. La suspensión fue incorporada directamente al alimento sólido y distribuida en los comederos dentro del área experimental. El grupo testigo recibió únicamente la dieta convencional sin suplementación.

En caprinos, el tratamiento consistió en la adición diaria de 2 L de suspensión de microalgas vivas en el agua de bebida durante 6 días consecutivos, permitiendo su consumo *ad libitum*. El grupo testigo se mantuvo bajo condiciones convencionales sin suplementación.

En el ensayo avícola, se realizó la recolección diaria de huevos durante todo el periodo experimental (día 0 al día 9), registrando cada muestra de acuerdo con el día de evaluación. Para este estudio, las variables analizadas fueron el número de huevos y la coloración de la yema, evaluada de manera comparativa a lo largo del periodo experimental.

En el caso de los caprinos, la evaluación se limitó a un análisis cualitativo, basado en la observación de signos visibles de recuperación fisiológica. Estos incluyeron cambios en la condición corporal aparente, apariencia del pelaje, comportamiento general y estado físico observable de los animales durante el periodo de tratamiento.

Las observaciones en ambos ensayos se realizaron de manera continua, sin la aplicación de mediciones instrumentales ni análisis cuantitativos adicionales.



Figura 1. Mejora fisiológica tras la adición de Ganamaxi durante 6 días de aplicación en bebederos, identificado con el arete #110; A) Antes, día 0; B) Después, día 6.

Resultados y discusión

Ensayo en caprinos

En el ensayo caprino, las observaciones se realizaron a nivel grupal; sin embargo, se presenta un caso representativo con fines ilustrativos, la evidencia del cambio fenotípico observado en un ejemplar identificado con arete #110 tras la suplementación con microalgas vivas durante 6 días (Figura 1 y 2).



Figura 2. Incorporación de microalgas (Ganaxi) al bebedero del grupo de tratamiento en caprinos.

Se observó una mejora notable en la condición corporal, reflejada en un incremento de la cobertura muscular y una recuperación en la conformación general del animal.

En la fase inicial, el ejemplar presentaba una marcada depresión en la región de la fosa paralumbar (ijar), así como exposición evidente de estructuras óseas, particularmente de las apófisis transversas lumbares, lo cual es indicativo de un estado de balance energético negativo. Posterior al tratamiento, se observó un incremento en el volumen abdominal y una mayor cobertura en la región dorsal, sugiriendo una recuperación fisiológica significativa.

Este efecto puede estar asociado con el papel de las microalgas como moduladores metabólicos, favoreciendo la eficiencia en la absorción de nutrientes y el aprovechamiento hídrico a nivel ruminal (Boukrouh et al., 2025).

La respuesta observada en un periodo corto sugiere que la suplementación no solo aporta nutrientes esenciales, sino que también impulsa procesos fisiológicos relacionados con el metabolismo energético (Silva et al., 2023).

Adicionalmente, se evidenció una mejora en la calidad del pelaje, pasando de una apariencia opaca a una textura más uniforme y brillante. Este cambio puede atribuirse a la biodisponibilidad de compuestos bioactivos presentes en las microalgas, tales como aminoácidos esenciales, vitaminas y antioxidantes (Orzuna-Orzuna et al., 2023).

La rapidez en la respuesta (6 días) sugiere un posible efecto sinérgico entre la nutrición directa y la modulación del microbioma gastrointestinal, favoreciendo una mejor asimilación de la dieta base.

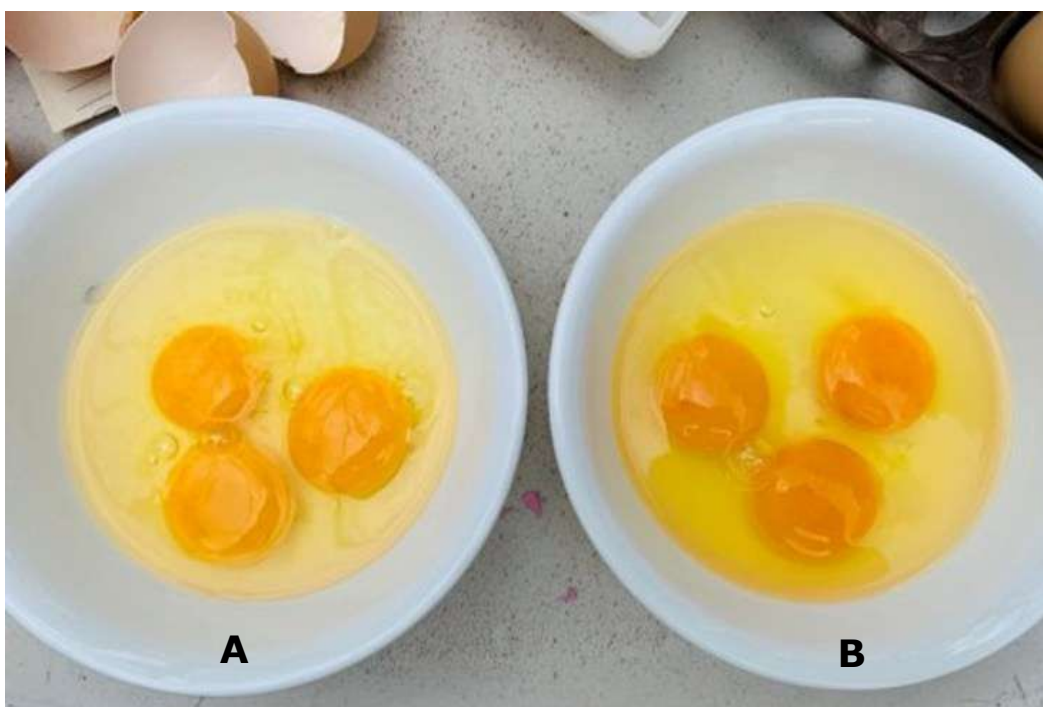


Figura 3. Cambios en la coloración de la yema tras la adición de Ganamaxi durante 10 días consecutivos en la mezcla de alimento en gallinas Rhode Island Red; A) testigo; B) tratamiento.

Ensayo en aves de corral

En las Figuras 3 y 4 se presentan los resultados de la evaluación de la calidad de la yema del huevo y tasa de postura en gallinas Rhode Island Red suplementadas con microalgas vivas durante 10 días.



Figura 4. Incorporación de Ganamaxi sobre la mezcla de alimento sólido en gallinas ponedoras.

La adición de 400 mL de suspensión de microalgas vivas al alimento sólido durante 10 días consecutivos produjo un incremento sostenido en la tasa de postura del grupo tratamiento (Tabla 1). Al inicio del ensayo, ambos grupos registraron una producción equivalente de 7 huevos en 14 aves (50% de postura). Al finalizar el periodo experimental, el grupo tratamiento alcanzó una producción de 14 huevos, correspondiente al 100% de postura, mientras que el grupo testigo se mantuvo sin variación en 7 huevos (50%). El incremento relativo del grupo tratamiento respecto al testigo fue del 100%, y dicho incremento fue progresivo a lo largo de los 10 días de suplementación. Adicionalmente, se registró una mejora cualitativa en la coloración de la yema en las aves del grupo tratamiento.

Para evaluar la significancia estadística de la diferencia observada, se empleó la prueba exacta de Fisher sobre una tabla de contingencia 2x2, comparando el

Tabla 1. Producción de huevo en gallinas Rhode Island Red bajo suplementación con microalgas vivas (400 mL/día, 10 días). Prueba exacta de Fisher

Grupo	n (aves)	Tasa de postura		Huevos al día 10	Incremento relativo (%)	p (Fisher)
		Inicio (%)	Final (%)			
Tratamiento	14	50	100	14	+100.0	0.003
Testigo	14	50	50	7	0.0	

Nota. Ambos grupos iniciaron con 7 huevos en 14 aves (50% de postura). Al día 10, el grupo tratamiento presentó postura del 100% (14/14 aves) y el grupo testigo se mantuvo en 50% (7/14 aves). La prueba exacta de Fisher (tabla 2×2: postura sí/no × grupo) confirmó diferencia estadísticamente significativa (p = 0.003). La mejora en coloración de yema fue observacional y no fue cuantificada estadísticamente.

número de aves que pusieron huevo al día 10 entre el grupo tratamiento (14/14) y el grupo testigo (7/14), obteniéndose un valor de p = 0.003, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre grupos. En cuanto a la calidad del huevo, se registró una mejora en la coloración de la yema, así como mayor consistencia y uniformidad. Estos efectos pueden atribuirse a la presencia de carotenoides y otros compuestos liposolubles presentes en las microalgas, los cuales se integran en el metabolismo del ave (Madacussengua et al., 2025).

A diferencia de sistemas convencionales donde se requieren pigmentantes sintéticos, la suplementación con microalgas permitió alcanzar una pigmentación uniforme de manera natural, lo que representa una ventaja en mercados que demandan productos más saludables.

Asimismo, el incremento en la tasa de postura y el vigor general de las aves sugieren una posible mejora en la eficiencia alimenticia, potencialmente relacionada con la modulación del microbiota intestinal y una mayor digestibilidad de los nutrientes (Resem et al., 2026). En conjunto, los resultados indican que la suplementación con microalgas vivas contribuye tanto a la mejora de parámetros productivos como a la optimización del metabolismo animal.

Limitaciones del estudio

El presente estudio tiene un carácter exploratorio y sus resultados deben interpretarse con cautela. En el ensayo avícola, el tamaño de muestra (n = 14 por grupo) es limitado para generalizar los hallazgos a otras condiciones de producción. En el ensayo caprino, la evaluación se realizó de manera cualitativa en un animal representativo, por lo que no es posible realizar inferencias estadísticas sobre el grupo completo. Adicionalmente, la duración de ambos ensayos (10 días en aves y 6 días en caprinos) no permite evaluar efectos a largo plazo sobre la producción o la salud animal. Se recomienda validar en posteriores estudios estos resultados integrando un mayor tamaño de muestra, diseño experimental controlado, seguimiento prolongado y análisis cuantitativos robustos que permitan establecer dosis óptimas y frecuencias de aplicación para cada especie.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio sugieren que la suplementación con Ganamaxi (microalgas vivas), ya sea mediante el agua de bebida en caprinos o integrada en la mezcla de alimento para aves Rhode Island Red, genera una mejora en la condición fenotípica y los índices de productividad. En el caso de los

caprinos, la intervención de tan solo 6 días permitió una recuperación en la condición corporal y el vigor general, mientras que en las aves ponedoras se observó un incremento en la tasa de postura (pasando del 50% al 100%) y una optimización inmediata en la coloración y consistencia de la yema.

Estos hallazgos sugieren que la tecnología de microalgas vivas actúa como un catalizador biológico que incrementa significativamente la biodisponibilidad de nutrientes y metabolitos esenciales. Al mejorar la eficiencia metabólica y la salud intestinal, esta alternativa de suplementación nutrimental no solo potencia el rendimiento zootécnico, sino que también contribuye a una producción pecuaria más sostenible.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés en la realización del presente estudio.

Referencias

- Bature, A., Melville, L., Rahman, K.M., & Aulak, P. (2022). Microalgae as feed ingredients and a potential source of competitive advantage in livestock production: A review. *Livestock Science*, 259(104907), 104907. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104907>
- Boukrouh, S., Mnaouer, I., Mendes de Souza, P., Hornick, J.-L., Nilahyane, A., El Amiri, B., & Hirich, A. (2025). Microalgae supplementation improves goat milk composition and fatty acid profile: a meta-analysis and meta-regression. *Archives Animal Breeding*, 68(1), 223–238. <https://doi.org/10.5194/aab-68-223-2025>
- Gadzama, I.U., Ray, S., Méité, R., Mugweru, I.M., Gondo, T., Rahman, M.A., Redoy, M.R.A., Rohani, M.F., Kholif, A.E., Salahuddin, M., & Brito, A.F. (2025). *Chlorella vulgaris* as a livestock supplement and animal feed: A comprehensive review. *Animals: An Open Access Journal From MDPI*, 15(6), 879. <https://doi.org/10.3390/ani15060879>
- Mavrommatis, A., Tsiplakou, E., Zerva, A., Pantiora, P.D., Georgakis, N.D., Tsintzou, G.P., Madesis, P., & Labrou, N.E. (2023). Microalgae as a sustainable source of antioxidants in animal nutrition, health and livestock development. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 12(10), 1882. <https://doi.org/10.3390/antiox12101882>
- Madacussengua, O., Mendes, A.R., Almeida, A.M., & Loredelo, M. (2025). Effects of using microalgae in poultry diets on the production and quality of meat and eggs: a review. *British Poultry Science*, 66(3), 374–390. <https://doi.org/10.1080/00071668.2024.2420330>
- Ornelas-Eusebio, E., García-Espinosa, G., Laroucau, K., & Zanella, G. (2020). Characterization of commercial poultry farms in Mexico: Towards a better understanding of biosecurity practices and antibiotic usage patterns. *PLoS One*, 15(12), e0242354. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242354>
- Orzuna-Orzuna, J.F., Chay-Canul, A.J., & Lara-Bueno, A. (2023). Performance, milk fatty acid profile and oxidative status of lactating small ruminants supplemented with microalgae: A meta-analysis. *Small Ruminant Research: The Journal of the International Goat Association*, 226(107031), 107031. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107031>
- Resem, A.D.S., Rodrigues, D.C., Rodrigues, M.A., Jansen-Alves, C., Bona, N.P., Pereira, C.M.P. de, & Ramos, D.F. (2026). Use of microalgae in poultry farming: an alternative to reduce antibiotic dependence and improve meat and egg quality. *World's Poultry Science Journal*, 1–26.
- SIAP. Enlace de acceso (Fecha de consulta (06/04/2026)): https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_pecuario/
- Silva, M.R.L., Alves, J.P.M., Fernandes, C.C.L., Cavalcanti, C.M., Conde, A.J.H., Bezerra, A.F., Soares, A.C.S., Teixeira, D.Í.A., do Rego, A.C., & Rondina, D. (2023). Effect of short-term nutritional supplementation of green microalgae on some reproductive indicators of Anglo-Nubian crossbred goats. *Veterinary World*, 16(3), 464–473. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.464-473>
- Tajonar, K., López Díaz, C.A., Sánchez Ibarra, L.E., Chay-Canul, A.J., González-Ronquillo, M., & Vargas-Bello-Pérez, E. (2022). A brief update on the challenges and prospects for goat production in Mexico. *Animals: An Open Access Journal From MDPI*, 12(7), 837. <https://doi.org/10.3390/ani12070837>

Relevancia de los Holobiontes en los Ecosistemas: El Caso de los Hongos Endófitos Asociados a las Orquídeas

C.H. Moya Treviño¹, M.A. Gómez Govea², D.E. Aguirre Cavazos¹, M.J. Ek Ramos^{1*}

¹Unidad de Formulación de Biológicos, Departamento de Microbiología e Inmunología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

²Laboratorio de Biología de la Conservación y Desarrollo Sostenible. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

*Autor para correspondencia: maria.ekramos@uanl.edu.mx

Resumen

La familia Orchidaceae es una de las más diversas del reino vegetal, con más de 25,000 especies descritas y al menos 100,000 híbridos registrados. Su valor ornamental, así como su complejidad morfológica y fisiológica, las han convertido en modelos de interés científico y económico. Una característica central de estas plantas es su capacidad para establecer interacciones simbióticas especializadas con organismos como insectos polinizadores, hongos micorrízicos y, de manera creciente reconocida, microorganismos endófitos. Los endófitos habitan los tejidos internos de las plantas sin causar enfermedad aparente y se han asociado a beneficios como el crecimiento vegetal, la tolerancia al estrés y la defensa contra patógenos. En el caso de las orquídeas, tradicionalmente se les vinculó con la germinación, debido a la dependencia de hongos micorrízicos en sus primeras etapas. Sin embargo, estudios recientes han revelado comunidades endofíticas más diversas que incluyen bacterias y hongos no micorrízicos, distribuidos en diferentes tejidos de la planta. En el contexto del cultivo *in vitro*, utilizado ampliamente para la propagación clonal de orquídeas híbridas, la presencia de endófitos ha cobrado un interés particular. Estos microorganismos pueden persistir en los explantes aun después de los protocolos de desinfección, lo que evidencia su colonización sistémica y plantea preguntas sobre su papel funcional en condiciones controladas. En lugar de consi-

derarse contaminantes, se reconoce cada vez más que forman parte del microbioma inherente de la planta, incluso en ambientes artificiales. Las orquídeas híbridas propagadas *in vitro* representan un modelo atractivo para estudiar estas interacciones, pues combinan la complejidad genética derivada del mejoramiento con las condiciones uniformes del cultivo controlado. Esta combinación favorece la configuración de microbiotas particulares, cuya caracterización puede aportar información valiosa sobre la dinámica simbiótica en sistemas vegetales de alto valor comercial. Así, el análisis de los endófitos asociados a orquídeas híbridas no solo amplía la comprensión de su ecología microbiana, sino que también abre la posibilidad de explorar aplicaciones biotecnológicas relacionadas con la propagación vegetal, la sanidad del cultivo y el aprovechamiento de consorcios microbianos en la agricultura sustentable.

Palabras clave: orquídeas, hongos endófitos, simbiosis, cultivo *in vitro*, orquídeas híbridas, agricultura sustentable

Abstract

The Orchidaceae family is one of the most diverse in the plant kingdom, comprising over 25,000 described species and at least 100,000 registered hybrids. Their ornamental value, combined with their morphological and physiological complexity, has made them subjects of significant sci-

entific and economic interest. A key characteristic of these plants is their ability to form specialized symbiotic interactions with organisms such as pollinating insects, mycorrhizal fungi, and—increasingly recognized—endophytic microorganisms. Endophytes inhabit internal plant tissues without causing apparent disease and have been linked to benefits such as enhanced plant growth, stress tolerance, and defense against pathogens. In the case of orchids, these organisms were traditionally associated primarily with germination, given the plants' reliance on mycorrhizal fungi during their early developmental stages. However, recent studies have revealed more diverse endophytic communities—including bacteria and non-mycorrhizal fungi—distributed across various plant tissues. The presence of endophytes has garnered particular interest in the context of *in vitro* cultivation, a method widely used for the clonal propagation of hybrid orchids. These microorganisms can persist in explants even after disinfection protocols, demonstrating systemic colonization and raising questions regarding their functional role under controlled conditions. Rather than being viewed merely as contaminants, they are increasingly recognized as part of the plant's inherent microbiome, even in artificial environments. *In vitro* propagated hybrid orchids offer an appealing model for studying these interactions, as they combine the genetic complexity resulting from breeding programs with the uniform conditions of controlled cultivation. This combination fosters the development of distinct microbiotas, the characterization of which can provide valuable insights into symbiotic dynamics within high-value commercial plant systems. Thus, the analysis of endophytes associated with hybrid orchids not only broadens the understanding of their microbial ecology but also opens up the possibility of exploring biotechnological applications related to plant propagation, crop health, and the use of microbial consortia in sustainable agriculture.

Keywords: orchids, endophytic fungi, symbiosis, *in vitro* culture, hybrid orchids, sustainable agriculture.

El Holobionte: Concepto y evolución del término “endófito”

El término endófito se utiliza para describir a los microorganismos que colonizan de manera interna los tejidos de las plantas durante al menos una parte de su ciclo de vida. Tradicionalmente, se pensaba que

los endófitos eran principalmente hongos ascomicetos; sin embargo, estudios más recientes han demostrado que también pueden incluir bacterias, arqueas y, en algunos casos, protistas (Hardoim et al., 2015). Su característica central es que habitan los tejidos vegetales sin causar síntomas evidentes de enfermedad en condiciones normales (Sarsaiya et al., 2019).

La definición de endófito ha evolucionado con el tiempo. A principios del siglo XIX, algunos botánicos creían que las plantas eran organismos “estériles” libres de microorganismos internos, siguiendo las ideas de Pasteur sobre la esterilidad de los organismos sanos. No obstante, a finales del mismo siglo, diversos investigadores comenzaron a reportar la presencia de bacterias y hongos al interior de tejidos vegetales aparentemente sanos, lo que sentó las bases para una nueva concepción de la relación planta-microbio (Hardoim et al., 2015).

En 1991, Petrini propuso una definición ampliamente aceptada: “todos aquellos organismos que habitan en órganos de plantas y que durante algún momento de su ciclo de vida colonizan tejidos internos sin causar daño aparente a su hospedero” (Petrini, 1991, en Hardoim et al., 2015). Sin embargo, investigaciones posteriores cuestionaron esta visión al demostrar que muchos endófitos pueden actuar como patógenos latentes bajo ciertas condiciones de estrés o senescencia, lo que dificulta trazar una línea clara entre mutualismo, comensalismo y parasitismo (Rodríguez et al., 2009; Hardoim et al., 2015). Actualmente, se reconoce que la interacción planta-endófito es dinámica y puede oscilar en este espectro dependiendo de factores como el genotipo de la planta, la especie microbiana, la densidad poblacional y las condiciones ambientales (Malarvizhi et al., 2023).

Este marco conceptual se complementa con la noción del “holobionte” y el “hologenoma”, que plantean que la unidad de evolución no es únicamente el genoma de la planta, sino el conjunto formado por la

planta y su microbioma asociado. Así, los endófitos no son meros acompañantes, sino parte integral del sistema adaptativo de las plantas, contribuyendo a su supervivencia y diversificación (Hardoim et al., 2015; Rosenberg & Zilber-Rosenberg, 2018).

Importancia del estudio de los microorganismos endófitos

El estudio de los microorganismos endófitos asociados a orquídeas presenta un enorme potencial biotecnológico. Estos simbioses pueden sintetizar fitohormonas, enzimas, compuestos antimicrobianos y moléculas señalizadoras que favorecen el desarrollo vegetal o confieren resistencia a factores de estrés. Su caracterización puede conducir a la obtención de cepas con valor en biofertilización, biocontrol de fitopatógenos o producción de metabolitos secundarios de interés comercial.

A pesar de ello, muchas de estas asociaciones perma-

necen poco exploradas, particularmente en híbridos ornamentales tropicales, cuyas raíces genéticas y condiciones de propagación pueden favorecer la aparición de consorcios microbianos únicos. Identificar y estudiar estos microorganismos desde un enfoque integral puede ampliar nuestra comprensión sobre su papel ecológico, así como abrir nuevas líneas de investigación en microbiología aplicada, fitopatología y biotecnología vegetal (Figuras 1 y 2).

En el caso particular de los híbridos ornamentales, el aislamiento y caracterización de endófitos puede contribuir a: 1) Optimizar protocolos de micropropagación *in vitro*, al entender qué microorganismos persisten como colonizadores internos; 2) Identificar cepas con propiedades de biocontrol que reduzcan la incidencia de enfermedades en viveros y cultivos comerciales; 3) Explorar la producción de metabolitos secundarios con aplicaciones farmacológicas y cosméticas (Dearnaley et al., 2012).

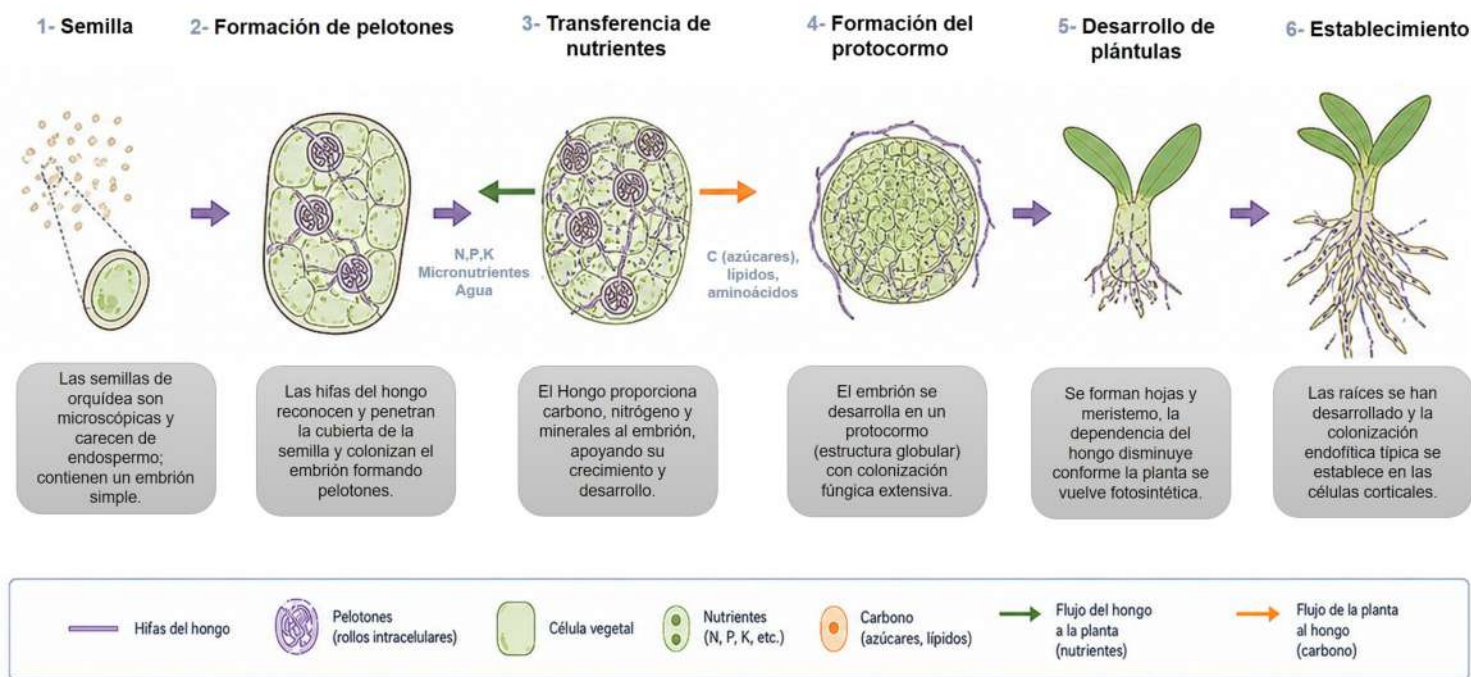
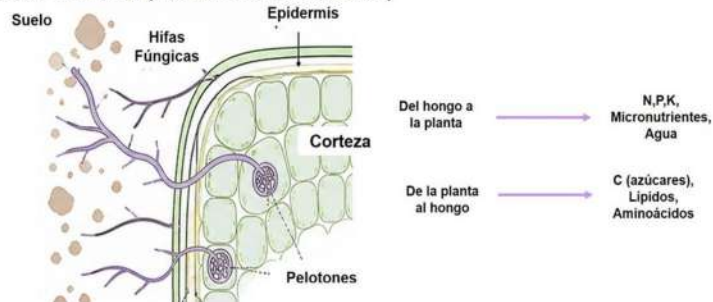
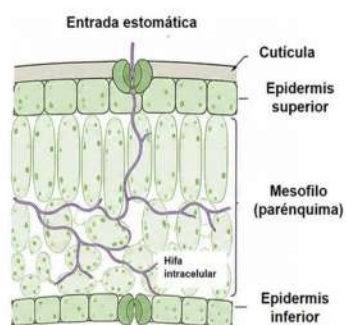


Figura 1. Germinación de semillas de orquídea mediada por hongos. Las hifas fúngicas penetran las semillas de orquídea carentes de endospermo, colonizan las células embrionarias y forman pelotones, permitiendo la transferencia de nutrientes que favorece el desarrollo del protocormo. A medida que la plántula se diferencia y se vuelve fotosintética, la dependencia del hongo disminuye y se establece la colonización típica de las raíces.

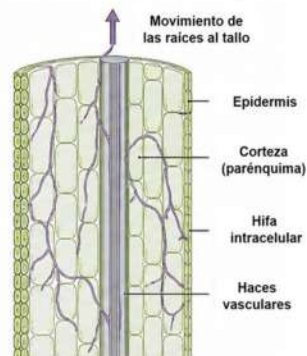
a) Colonización de la raíz (intercambio de nutrientes)



b) Colonización de la hoja (protección y tolerancia al estrés)



c) Colonización del tallo (propagación interna)



d) Resumen general

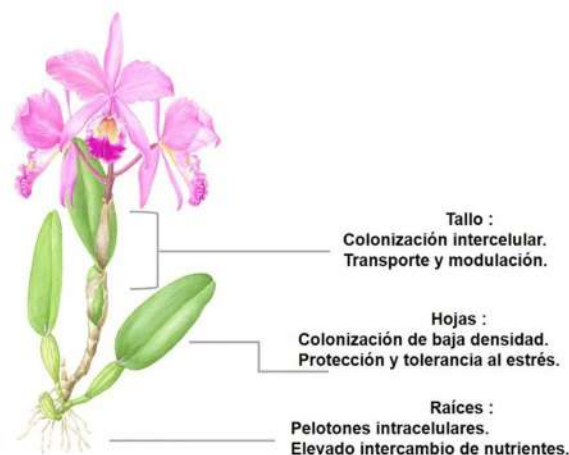


Figura 2. Colonización de hongos endófitos en tejidos de orquídeas. a) En las raíces, las hifas fúngicas penetran la epidermis y colonizan las células corticales, formando pelotones (estructuras enrolladas intracelulares). Los nutrientes se transfieren del hongo a la planta, mientras que la planta suministra compuestos de carbono al hongo. b) En las hojas, las hifas entran a través de los estomas y colonizan el mesófilo de manera intercelular, contribuyendo a la defensa de la planta y a la tolerancia al estrés abiótico. c) En los tallos, las hifas se dispersan principalmente de forma intercelular a través de tejidos del parénquima, con presencia intracelular limitada, desplazándose desde las raíces hacia las partes aéreas. d) Vista general de los roles funcionales de los endófitos en los órganos de la orquídea del género *Cattleya*.

La integración de estudios morfológicos, bioquímicos y moleculares puede permitir generar un panorama más completo de la diversidad endofítica en híbridos ornamentales. Al mismo tiempo, esto contribuirá a la comprensión de la dinámica ecológica de estas asociaciones y a su aprovechamiento en aplicaciones concretas (Hardoim et al., 2015).

Herramientas moleculares para el estudio de hongos endófitos

Los hongos presentan una gran diversidad en su forma, ecología, metabolismo y genética. Tradicionalmente, se identifican mediante características fenotípicas como las estructuras que producen esporas. Sin embargo, estos métodos morfológicos son

bastante limitados, especialmente para quienes no tienen experiencia en el trabajo con cultivos de hongos, ya que pueden resultar complicados e interpretarlos resulta difícil (Raja et al., 2017).

La identificación de hongos ha evolucionado notablemente en los últimos años, gracias al uso de herramientas moleculares, como la secuenciación de la región ITS (Internal Transcribed Spacer), considerada el “código de barras” genético de estos organismos (Schoch et al., 2012). El uso de este marcador ofrece varias ventajas claras, entre ellas una alta tasa de amplificación en todos los linajes de hongos con cebadores universales, una longitud de fragmento adecuada y un amplio repertorio de bases de datos disponibles (Sun y Guo, 2012). A diferencia de los

métodos tradicionales, basados en características morfológicas, la secuenciación de la región ITS permite identificar especies de hongos con mayor precisión, incluso las que no pueden cultivarse en el laboratorio.

Esta herramienta ofrece una manera rápida, confiable y accesible para determinar qué hongos están presentes en un ambiente específico. Además, las tecnologías de secuenciación de alto rendimiento han ampliado significativamente estas capacidades, ya que permiten analizar simultáneamente cientos o miles de muestras y generar una gran cantidad de información sobre la diversidad fúngica y su distribución en distintos ecosistemas (Lindahl et al., 2013). Por ello, la secuenciación no solo identifica quiénes están presentes, sino que también ayuda a comprender cómo se organizan y responden los microorganismos en los ecosistemas (Raja et al., 2017). Estas herramientas nos han permitido profundizar en la diversidad fúngica y en las interacciones entre plantas y microorganismos. En conjunto, la integración de estas tecnologías constituye una base esencial para el estudio y la gestión de la biodiversidad (Figura 3).

La familia Orchidaceae y la relevancia de los híbridos ornamentales. Ejemplo: Mokara

La familia Orchidaceae es una de las más diversas y fascinantes del reino vegetal. Con más de 28,000 especies descritas distribuidas en cerca de 760 géneros, constituye la familia más grande de angiospermas (Sarsaiya et al., 2019). Las orquídeas se encuentran en prácticamente todos los ecosistemas terrestres, desde selvas tropicales hasta regiones templadas, con excepción de los desiertos extremos y zonas polares (Hardoim et al., 2015). Esta amplitud ecológica está acompañada de una extraordinaria variabilidad morfológica, fisiológica y genética, lo que ha per-

mitido a estas plantas adaptarse a nichos altamente especializados (Sarsaiya et al., 2019).

Desde la perspectiva económica y ornamental, las orquídeas ocupan un lugar privilegiado dentro de la horticultura global. Se comercializan masivamente como plantas de ornato y también son objeto de micropropagación en laboratorios especializados (Malarvizhi et al., 2023). Dentro de este grupo, los híbridos intergenéricos como *Mokara* -resultado del cruce entre *Arachnis*, *Ascocentrum* y *Vanda*- poseen una gran aceptación en mercados asiáticos, europeos y americanos por sus flores vistosas, duraderas y con una amplia gama de colores (Sarsaiya et al., 2019). Sin embargo, la propagación masiva de estas plantas no está exenta de desafíos: la susceptibilidad a enfermedades, la lenta tasa de multiplicación en condiciones naturales y la necesidad de un control riguroso de contaminantes microbianos representan limitantes para la producción a gran escala (Hardoim et al., 2015).

Diversidad y funciones de los endófitos fúngicos en plantas cultivadas

Los endófitos fúngicos se encuentran prácticamente en todas las divisiones del reino vegetal, desde algas hasta angiospermas, y han demostrado ofrecer ventajas adaptativas notables a sus hospederos (Hardoim et al., 2015). En cultivos agrícolas, diversos estudios han mostrado que la presencia de endófitos incrementa la resistencia contra patógenos, insectos herbívoros y nemátodos, además de mejorar la tolerancia a factores abióticos como salinidad, sequía, metales pesados o temperaturas extremas (Malarvizhi et al., 2023).

Por ejemplo, en gramíneas como el trigo y el arroz se han identificado endófitos de los géneros *Fusarium*, *Chaetomium*, *Cladosporium* y *Penicillium*, que mejoran la resistencia a plagas y enfermedades y, al mis-

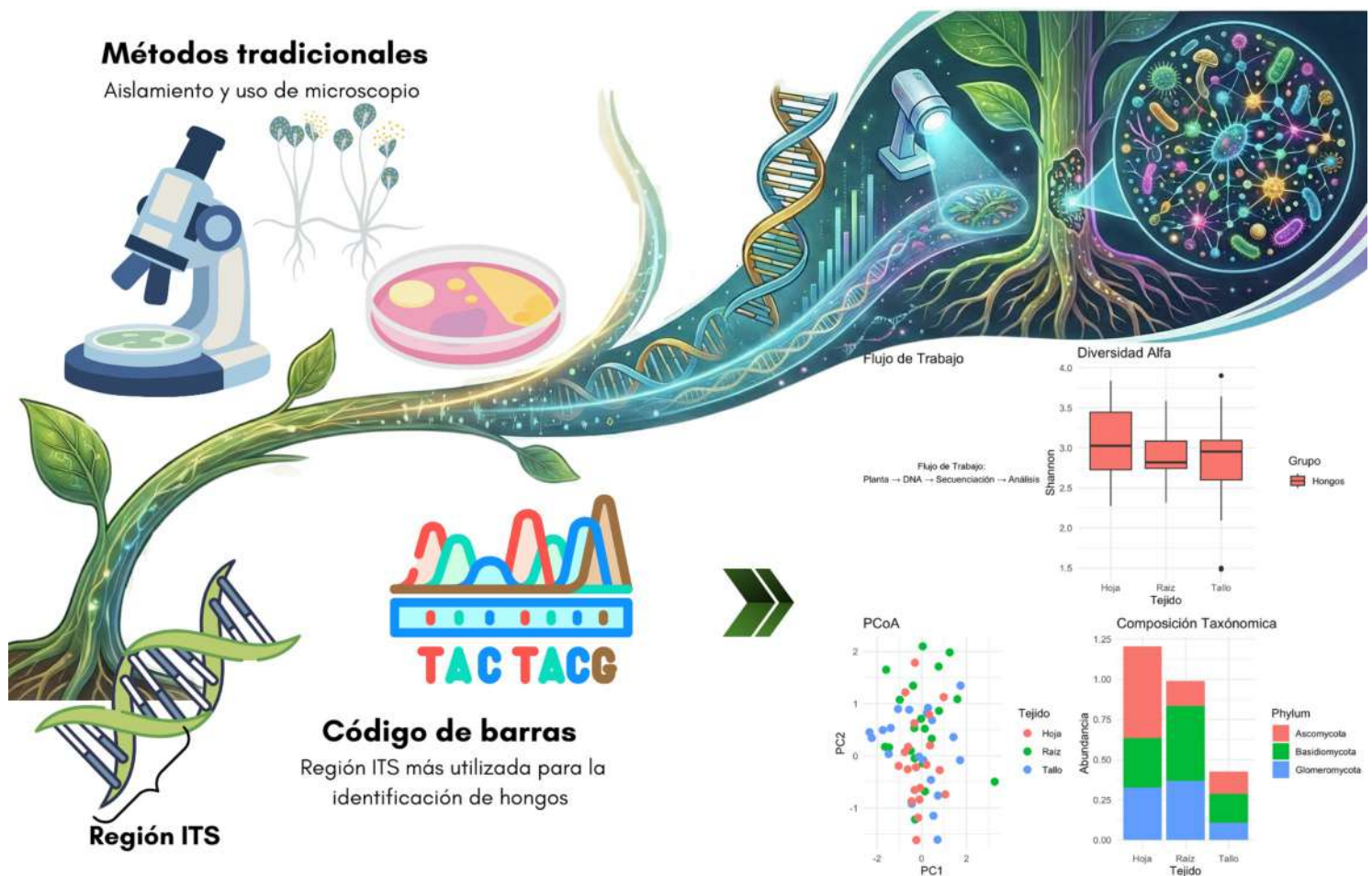


Figura 3. Comparación entre métodos tradicionales y moleculares para el estudio de hongos en plantas. Los métodos tradicionales se basan en el aislamiento en cultivo y la observación microscópica. En el enfoque molecular, el ADN se extrae de hojas, raíces o tallos y se analiza la región ITS, utilizada como código de barras para identificar hongos. Las gráficas de la derecha representan la diversidad de hongos dentro de cada tejido (índice de Shannon), las diferencias en la composición de las comunidades entre tejidos (PCoA) y la abundancia relativa de los principales grupos taxonómicos identificados.

mo tiempo, incrementan la productividad de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2009). En maíz y caña de azúcar, especies de *Aspergillus* y *Epicoccum* han mostrado la capacidad de inducir tolerancia a la sequía, además de producir metabolitos secundarios con efectos antimicrobianos (Malarvizhi *et al.*, 2023).

La importancia de estos hallazgos radica en que posicionan a los endófitos como una alternativa viable y sustentable frente al uso intensivo de agroquímicos. La producción de metabolitos como alcaloides, terpenoides, flavonoides y lignanos no solo protege a la planta, sino que ofrece un potencial biotecnológico enorme en áreas farmacéuticas e industriales

(Sarsaiya *et al.*, 2019).

Hongos endófitos en Orchidaceae: particularidades y retos

Las orquídeas, por su biología singular, han sido objeto de especial interés en estudios sobre endófitos. Tradicionalmente, se ha reconocido la importancia de las micorrizas en la germinación de semillas (Figura 2), ya que estas carecen de endospermo y dependen de hongos simbiosntes para obtener nutrientes durante sus primeras etapas de desarrollo (Dearnaley *et al.*, 2012). No obstante, investigaciones recientes han ampliado el panorama al demostrar

que, además de las micorrizas, existe una comunidad diversa de endófitos no micorrízicos colonizando raíces, tallos y hojas (Sarsaiya et al., 2019).

Estos hongos endofíticos de Orchidaceae (OFEs) cumplen múltiples funciones: estimulan el crecimiento, incrementan la resistencia frente a patógenos, modulan la absorción de nutrientes y favorecen la adaptación a condiciones adversas (Sarsaiya et al., 2019). Se ha documentado que géneros como *Colletotrichum*, *Alternaria* y *Annulohyphoxylon* pueden sintetizar metabolitos bioactivos con potencial farmacológico y agrícola (Chen et al., 2013; Etanke et al., 2021). Asimismo, se ha observado que la colonización endofítica puede variar entre tejidos, con algunos grupos confinados a órganos aéreos y otros a raíces, lo que sugiere patrones de especialización aún poco comprendidos (Rodríguez et al., 2009).

A pesar de estos avances, la investigación en OFEs presenta varios retos. Menos del 30% de los géneros de orquídeas han sido estudiados en relación con su microbiota endofítica, lo que deja un vasto campo inexplorado (Sarsaiya et al., 2019). Además, persiste la dificultad metodológica para diferenciar endófitos verdaderos de patógenos latentes, especialmente en condiciones de cultivo *in vitro*, donde la presencia de microorganismos suele interpretarse como contaminación (Hardoim et al., 2015). La estandarización de protocolos de desinfección y el uso combinado de técnicas de cultivo clásico con herramientas moleculares (ITS para hongos, 16S rRNA para bacterias) son estrategias clave para avanzar en este campo (Etanke et al., 2021).

Comunidad de hongos endófitos reportados en Orchidaceae

Las orquídeas mantienen comunidades endofíticas complejas y estructuralmente diversas. En su revisión sobre Orchidaceae, Sarsaiya et al. (2019) destacan

que la mayoría de los géneros estudiados albergan consorcios de hongos endófitos que participan en crecimiento, defensa y producción de metabolitos secundarios.

En raíces de la orquídea epífita *Aerides odorata*, Shamsudin et al. (2025) aislaron, entre otros, *Fusarium*, *Clonostachys* y *Trichoderma*, concluyendo que los hongos endofíticos de orquídeas incluyen tanto micorrízicos como no micorrízicos con funciones de biocontrol y promoción de crecimiento (Shamsudin et al., 2025). De manera similar, estudios en *Dendrobium longicornu* han revelado comunidades dominadas por *Penicillium*, *Fusarium*, *Coniochaeta*, *Alternaria* y *Cladosporium* (Shah et al., 2022).

Yang et al. (2023) caracterizaron una cepa endofítica de *Cladosporium* aislada de *Sesuvium portulacastrum* y demostraron que este hongo no solo coloniza tejidos internos sin causar síntomas, sino que además promueve el crecimiento en diferentes especies de plantas mediante producción de la auxina ácido indolacético (IAA, por sus siglas en inglés) y la presencia de clústeres génicos asociados a metabolismo de nitrógeno y esteroides.

Algo análogo puede plantearse para *Penicillium* y *Talaromyces*. Condé et al. (2025) describieron nuevas especies endofíticas de *Penicillium* y *Talaromyces*, a partir de raíces de *Cattleya*, empleando una aproximación polifásica para demostrar que estos hongos están realmente adaptados al tejido radicular de orquídeas y no son simples contaminantes ambientales.

Shah et al. (2025) demostraron que extractos de cepas endofíticas de *Fusarium*, aisladas de *Dendrobium moschatum*, son capaces de estimular tanto la germinación de semillas de la orquídea hospedera, como el desarrollo de protocormos de un no hospedero, lo que indica un papel positivo en etapas tempranas del

ciclo de vida. Aunque *Fusarium* incluye numerosos patógenos de plantas, estos resultados subrayan que su papel como endófito puede ser ambivalente y contexto-dependiente.

Shah et al. (2022) mostraron que especies de *Penicillium*, *Fusarium*, *Coniochaeta*, *Alternaria* y *Cladosporium* aisladas de *D. longicornu* son capaces de colonizar raíces, formar pelotones y producir IAA, incrementando la longitud de raíz y parte aérea y mejorando la aclimatación de las plantas. Dearnaley et al. (2012) revisan la diversidad de asociaciones en Orchidaceae y señalan que, aunque la atención ha recaído históricamente en hongos tipo micorriza específicos para cada tipo de orquídea, éstas pueden asociarse con varios linajes micorrízicos diferentes, lo cual amplía el espectro de simbiontes potenciales.

Relevancia biotecnológica

Cladosporium, *Penicillium*, *Coniochaeta*, *Talaromyces*, *Fusarium* no patógeno y *Trichoderma*, han sido ampliamente documentados como promotores de crecimiento vegetal, productores de fitohormonas, solubilizadores de nutrientes o agentes de biocontrol, lo que sugiere aplicaciones directas en sistemas de cultivo *in vitro* y en vivero.

Uno de los géneros con mayor potencial es *Cladosporium*. Investigaciones recientes han demostrado que cepas endofíticas de *Cladosporium* pueden producir IAA, modular vías metabólicas relacionadas con estrés y mejorar el crecimiento en diversas plantas modelo. Yang et al. (2023), por ejemplo, reportaron que un aislamiento endofítico de *Cladosporium angulosum* promovió de manera significativa el crecimiento de raíces y tejidos aéreos en especies de *Arabidopsis* y arroz, atribuyendo dicho efecto a la producción de IAA y a la presencia de clústeres génicos asociados con metabolismo primario.

Asimismo, géneros como *Penicillium* y *Talaromyces*, también han sido identificados como endófitos adaptados a orquídeas. Condé et al. (2025) describieron nuevas especies de ambos géneros aisladas de *Cattleya*, empleando una aproximación polifásica que confirmó su capacidad para colonizar tejidos radiculares sin causar daño, lo que respalda su potencial uso como simbiontes benéficos en cultivos comerciales. Estos hongos suelen producir metabolitos secundarios y enzimas que facilitan la adquisición de nutrientes, además de contribuir a la tolerancia a estrés abiótico.

Por otra parte, el género *Coniochaeta* ha demostrado ser un endófito con propiedades destacadas en orquídeas. Shah et al. (2022) mostraron que especies de *Coniochaeta*, junto con *Penicillium* y *Cladosporium*, incrementan la formación de raíces, aumentan biomasa y mejoran el establecimiento de plántulas de *Dendrobium longicornu*, atribuible en parte a la producción de IAA y otros compuestos bioactivos.

El caso de *Fusarium* es especialmente relevante, dada su dualidad ecológica: algunas especies son patógenas mientras que otras actúan como endófitos mutualistas. Shah et al. (2025) demostraron que extractos de *Fusarium* endofítico pueden estimular la germinación de semillas de orquídeas y promover el desarrollo de protocormos aun en especies no hospederas, lo que resalta su potencial aplicado en fases tempranas del ciclo de vida. Esto resulta especialmente valioso para programas de micropropagación de híbridos ornamentales.

Otro género de importancia es *Trichoderma*, bien conocido por sus capacidades de biocontrol, antagonismo frente a patógenos y promoción de crecimiento. En viveros comerciales, *Trichoderma* es ampliamente utilizado para reducir enfermedades radiculares y estimular el crecimiento.

Finalmente, las levaduras basidiomicotas como *Naganishia*, *Hannaella* y *Saitozyma*, documentadas en orquídeas subtropicales y epífitas, indican un posible papel en la modulación de estrés osmótico y la protección antioxidante. Estas levaduras poseen una notable tolerancia ambiental y han sido reportadas como simbiontes que mejoran la resiliencia del hospedero frente a fluctuaciones ambientales, lo cual podría ser aprovechado para mejorar la aclimatación de plantas micropropagadas.

En conjunto, la presencia de hongos productores de fitohormonas, solubilizadores de nutrientes, antagonistas de patógenos y moduladores de respuestas de estrés indica que el microbioma endofítico de orquídeas posee un valor biotecnológico considerable. Estos resultados permiten plantear la futura elaboración de consorcios microbianos específicos, diseñados para mejorar la eficiencia de la micropropagación, promover la aclimatación y reducir la dependencia de agroquímicos en la producción de híbridos ornamentales.

Conclusiones

La presencia simultánea de hongos con roles potenciales en promoción de crecimiento, tolerancia a estrés, adquisición de nutrientes, producción de metabolitos bioactivos y biocontrol refleja que la comunidad endofítica presente como un ensamblaje funcional diverso, respalda la visión de la planta como un holobionte, en el que la interacción entre hospedero y microbiota contribuye a su estabilidad y adaptación.

El hallazgo de géneros con funciones conocidas en promoción de crecimiento, como *Cladosporium*, *Coniochaeta*, *Penicillium* y *Fusarium* no patógeno, destaca el valor biotecnológico del microbioma. Es-

tos hongos podrían emplearse como inoculantes para mejorar procesos de micropropagación, germinación, desarrollo de protocormos y aclimatación, reduciendo la necesidad de reguladores de crecimiento sintéticos o agroquímicos.

Perspectivas

Una de las prioridades es el aislamiento en cultivo puro de los géneros con mayor potencial biotecnológico, tales como *Cladosporium*, *Coniochaeta*, *Penicillium*, *Fusarium* no patógeno y *Trichoderma*, de híbridos ornamentales seleccionados valiosos. Su caracterización fisiológica y metabólica permitirá evaluar propiedades específicas tales como producción de IAA, solubilización de fósforo, síntesis de compuestos antioxidantes y antagonismo frente a patógenos. Esta información será crucial para determinar su utilidad real como bioinoculantes en *Mokara* u otras orquídeas híbridas.

La coexistencia de hongos potencialmente patógenos -como *Curvularia*, *Colletotrichum* o *Epicoccum*- con hongos antagonistas como *Trichoderma*, *Purpureocillium* y *Coniochaeta*, abre la posibilidad de explorar interacciones de competencia y biocontrol. Ensayos de confrontación *in vitro* y en sustratos de cultivo permitirán identificar endófitos con propiedades protectoras que podrían disminuir el uso de fungicidas en sistemas de producción ornamental.

La integración de endófitos benéficos y micorrízicos en la producción de orquídeas puede mejorar rendimiento, calidad y tolerancia a estrés, lo que representa una estrategia sostenible para la industria ornamental. Asimismo, comprender el papel de los endófitos en híbridos comerciales puede promover programas de conservación y restauración en especies nativas de Orchidaceae.

Referencias

- Chen, J., Zhang, L.C., Xing, Y.M., Wang, Y.Q., Xing, X.K., Zhang, D.W., ... & Guo, S.X. (2013). Diversity and taxonomy of endophytic xylariaceous fungi from medicinal plants of *Dendrobium* (Orchidaceae). *PloS one*, 8(3), e58268.
- Condé, T.O., Ramos, D.O., Nogueira, P.T.S., & Pereira, O.L. (2025). Inside out: New root endophytic *Penicillium* and *Talaromyces* species isolated from Cattleya orchids (Orchidaceae) in Brazil. *Fungal Systematics and Evolution*, 15(1), 179–200.
- Dearnaley, J.D.W., Martos, F., & Selosse, M.A. (2012). 12 Orchid Mycorrhizas: Molecular Ecology, Physiology, Evolution and Conservation Aspects. En B. Hock (Ed.), *Fungal Associations* (pp. 207–230). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30826-0_12.
- Etanke, E.S., Besem, A.D., Afanga, A.Y., Joice, M., Bechem, E.T., & Ambo, F.B. (2021). Molecular identification of endophytic fungi associated with orchids from Mount Cameroon region. *African Journal of Biological Sciences*, 3(2), 95–106. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.3.2.2021.95-106>.
- Hardoim, P.R., Van Overbeek, L.S., Berg, G., Pirttilä, A.M., Compant, S., Campisano, A., Döring, M., & Sessitsch, A. (2015). The Hidden World within Plants: Ecological and Evolutionary Considerations for Defining Functioning of Microbial Endophytes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 79(3), 293–320. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00050-14>.
- Lindahl, B.D., Nilsson, R.H., Tedersoo, L., Abarenkov, K., Carlsen, T., Kjoller, R., ... & Kauserud, H. (2013). Fungal community analysis by high-throughput sequencing of amplified markers—a user's guide. *New phytologist*, 199(1), 288–299.
- Malarvizhi, K., Murali, T.S., & Kumaresan, V. (2023). Fungal endophytes of crop plants: Diversity, stress tolerance and biocontrol potential. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1), 67. <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00711-1>.
- Raja, H.A., Miller, A.N., Pearce, C.J., & Oberlies, N.H. (2017). Fungal identification using molecular tools: a primer for the natural products research community. *Journal of natural products*, 80(3), 756–770.
- Rodriguez, R.J., White Jr, J.F., Arnold, A.E., & Redman, R.S. (2009). Fungal endophytes: Diversity and functional roles. *New Phytologist*, 182(2), 314–330. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x>.
- Rosenberg, E., & Zilber-Rosenberg, I. (2018). The hologenome concept of evolution after 10 years. *Microbiome*, 6(1), 78. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0457-9>.
- Sarsaiya, S., Shi, J., & Chen, J. (2019). A comprehensive review on fungal endophytes and its dynamics on Orchidaceae plants: Current research, challenges, and future possibilities. *Bioengineered*, 10(1), 316–334. <https://doi.org/10.1080/21655979.2019.1644854>.
- Schoch, C.L., Seifert, K.A., Huhndorf, S., Robert, V., Spouge, J.L., Levesque, C.A., ... & White, M.M. (2012). Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(16), 6241–6246.
- Shah, S., Paudel, M.R., Thapa, B.B., Sharma, H., Kashyap, A.K., Rekadwad, B.N., Sharma, R., Sharma, J., & Pant, B. (2025). Extract from endophytic *Fusarium* isolates stimulates seed germination of the host and protocorm development of non-host orchids. *Communicative & Integrative Biology*, 18(1), 2439798. <https://doi.org/10.1080/19420889.2024.2439798>.
- Shah, S., Shah, B., Sharma, R., Rekadwad, B., Shouche, Y. S., Sharma, J., & Pant, B. (2022). Colonization with non-mycorrhizal culturable endophytic fungi enhances orchid growth and indole acetic acid production. *BMC Microbiology*, 22(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02507-z>.
- Shamsudin, N.A., Seelan, J.S.S., Gansau, J.A., & Rusdi, N.A. (2025). Morphological and molecular identification of endophytic fungi from roots of epiphyte orchid *Aerides odorata* Lour in Sabah. *Scientific Reports*, 15(1), 33908.
- Sun, X., & Guo, L.D. (2012). Endophytic fungal diversity: review of traditional and molecular techniques. *Mycology*, 3(1), 65–76.
- Yang, N., Zhang, W., Wang, D., Cao, D., Cao, Y., He, W., Lin, Z., Chen, X., Ye, G., & Chen, Z. (2023). A novel endophytic fungus strain of *Cladosporium*: Its identification, genomic analysis, and effects on plant growth. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1287582.



INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA SOMETER ARTÍCULOS O CONTRIBUCIONES PARA SU PUBLICACIÓN EN LA REVISTA PLANTA

PLANTA UANL es el órgano de difusión y divulgación del Cuerpo Académico y departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. El objetivo principal de la revista es difundir el conocimiento botánico del noreste de México en la comunidad académico-científica e interesar al público en general en los temas botánicos. La revista recibe para su publicación todo tipo de artículos que aborden algún aspecto de la Botánica, tanto conocimiento empírico, como resultados de estudios científicos, notas técnicas, etc. sin discriminación alguna respecto a las ideologías, creencias, raza o filiación política de los autores para su publicación.

ESPECIFICACIONES

Para someter un artículo o participación en la revista, todos los escritos deberán elaborarse en procesador de textos con formato Microsoft WORD. El título deberá ser acorde al contenido del artículo o contribución. El título de los artículos debe ser breve, su longitud no deberá ser mayor a dos renglones al escribirlo en mayúsculas con letra: ARIAL EN NEGRITAS Y TAMAÑO 14. El cuerpo del artículo deberá presentarse en hoja tamaño carta con márgenes normales (superior e inferior 2.5 cm, izquierdo y derecho de 3 cm) e interlineado de 1.5 renglones, con un espacio entre párrafos y sin sangría al inicio del párrafo. La letra a usar en el texto será: Calibri tamaño 12 sin negrita y éste deberá justificarse en ambos márgenes.

Se recomienda el uso de apoyos visuales (gráficos, ilustraciones, tablas o fotografías) que atraigan la atención del lector y faciliten la comprensión de la lectura. En el caso de gráficos, fotografías o ilustraciones, estas se agruparán bajo el término genérico de Figuras. Todas ellas deberán contar con un pie de figura que contenga el número de la misma y su descripción como sigue: Figura 1 en letra Calibri 10 en negritas. A diferencia de las figuras, las tablas tendrán una numeración independiente, consecutiva de acuerdo a su aparición y contarán con una descripción en la parte superior de la misma. Esta descripción tendrá el mismo formato que las figuras. Los pies de figuras deberán aparecer al final del artículo, al igual que las tablas con sus encabezados. Su posición deberá especificarse claramente en el texto. Todas las figuras, sin importar el formato deberán incluirse en archivo aparte (El formato de las figuras debe ser JPEG, GIF, BMP, TIF o similar), no deberá tener ningún tipo de liga con páginas de la red y deberá estar plenamente identificada. Para cada imagen deberá indicarse si proviene de un archivo propiedad del autor y de no ser así, deberá especificarse su procedencia y autor. Se sugiere identificar los archivos de imágenes con el número de figura, por ejemplo figura1.jpg, figura2.bmp, etc.

TIPOS DE CONTRIBUCIÓN

A continuación se presenta un listado de las secciones básicas de que consta la revista y posteriormente se presenta una descripción del contenido que se incluye en cada una de ellas. Favor de indicar en que sección desea que se incluya su contribución al momento de enviarla a los editores.

Editorial

Comúnmente la extensión de esta sección es de una cuartilla o menos. Aunque la labor de edición de la revista es responsabilidad de los editores y comúnmente son ellos los que escriben el editorial de cada número, Ud. puede ser editorialista invitado si así lo desea y hacer llegar su propuesta por escrito a nuestro correo, junto con el mensaje, reflexión u opinión personal sobre algún aspecto de la Ciencia Botánica, referente a su estado actual o algún aspecto relacionado con su ejercicio como profesión, su regulación, desarrollo, tendencia, etc. El escrito será revisado por los editores y se le hará saber si resulta aprobado para su publicación y el número en el que aparecerá. También puede coordinar la edición de un número completo de la revista, ya sea: a) proponiendo el tema principal e invitando a los autores que participarán aportando el material para cada una de las secciones en el mismo, o bien b) desarrollando un número especial, en cuyo caso pueden aparecer sólo algunas de las secciones como son la agenda y otras acordes al tema de ese número.

Conoce tu flora

Comprende escritos principalmente, aunque no exclusivamente, sobre especies vegetales que habitan el noreste de México. En ellos se debe incluir al menos una diagnosis o descripción breve de la especie, grupo o tipo de vegetación que se aborda, su distribución y resaltar su importancia ecológica, etnobotánica, comercial, industrial o de otra índole. Se sugiere acompañar las contribuciones para esta sección con imágenes acordes al objeto de estudio.

Solo Ciencia

En esta sección se publican contribuciones relacionadas con la botánica en todas sus áreas (taxonomía, sistemática, morfología, anatomía, fisiología, genética, biotecnología, reproducción, ecología, fitogeografía, aprovechamiento, usos, etc.). Son por lo general trabajos originales donde se presentan resultados de investigación o revisiones bibliográficas de temas botánicos o afines. La extensión puede ser variable, pero se sugieren al menos seis cuartillas incluyendo tablas y figuras. Ver plantilla anexa para elaboración de manuscrito. Los artículos de esta sección son revisados inicialmente por los editores en términos de formato y pertinencia de la contribución, si el trabajo es adecuado para la revista se turna para su revisión a dos árbitros especialistas y de reconocida trayectoria científica, quienes emitirán un dictamen respecto al trabajo en cuestión.

La estructura recomendada para estos artículos es la siguiente:

- 1.- Título (mayúsculas, letra arial negrita tamaño 14)
- 2.- Autores (altas y bajas, letra arial negrita tamaño 12)
- 3.- Adscripción de los autores (altas y bajas, letra arial normal tamaño 12)
- 4.- Autor para correspondencia con datos de contacto (altas y bajas, letra arial normal tamaño 12)
- 5.- Resumen (letra calibri normal tamaño 12, interlineado 1.5 espacios, justificado, subtítulo de la sección en negrita: Resumen)
- 6.- Introducción*
- 7.- Material y métodos*
- 8.- Resultados y discusión*
- 9.- Conclusiones*
- 10.- Referencias*

El formato y tipografía de estas secciones es similar al del Resumen. Dejar un espacio entre párrafos y no utilizar sangría al inicio de los mismos. En caso de que sean necesarios subtítulos dentro de las secciones de introducción, material y métodos y Resultados y discusión se sugiere utilizar letra calibri normal tamaño 12.

Botánica Aplicada

Para esta sección se consideran contribuciones de trabajos de revisión y análisis bibliográfico sobre todas las aplicaciones de la botánica, así como usos potenciales y perspectivas. El formato sugerido puede ser tipo ensayo o considerar la estructura de los artículos de la sección Solo Ciencia.

Etnobotánica

En esta sección se hace énfasis en el uso tradicional de las plantas y sus saberes históricos y ancestrales. Las contribuciones pueden incluir descripciones de una o más plantas y los beneficios o perjuicios que representa(n) para el hombre o sus animales domésticos, ya sea que se trate de plantas de uso tradicional en rituales o ceremonias, comestibles, medicinales, tóxicas, o de las que se extraen productos, como fibras, resinas, aceites, etc.

ENVIO DE TRABAJOS Y/O CONTRIBUCIONES

Preparar su documento en formato WORD (*.docx) de acuerdo a las especificaciones antes mencionadas y enviarlo junto con los archivos de figuras a planta.fcb@gmail.com, una vez recibido se le enviará una confirmación de recibido en un plazo no mayor a tres días hábiles.

Teléfono de contacto:

818329-4110 extensiones 6456 y 6426

Agradecimiento a los Revisores

El Comité Editorial de la revista PLANTA agradece a las y los especialistas que colaboraron en el proceso de evaluación por pares de los trabajos incluidos en este número. Su tiempo, experiencia y observaciones contribuyeron significativamente a fortalecer la calidad académica de los manuscritos publicados.

**M.C. Cristina Adriano Morán
Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente, IIA, UNAM**

**Arqlgo. Etán Salas Lozano
Proyecto Arqueológico Sierra Madre Oriental, Centro INAH Nuevo León**

**Dra. Guadalupe Sánchez Miranda
Centro INAH Sonora**

**Arqlgo. Isay Alan Martínez Flores
Laboratorio de Etnobotánica, ENAH**

**Arqlgo. Júpiter Martínez Ramírez
Centro INAH Sonora**

**Mtra. en Arqueología Miriam América Martínez Santillán
Centro de Estudios Sociales y Universitarios Americanos, S.C.**

**M.C. Raúl Ernesto Narváez Elizondo
Proyecto Arqueológico Sierra Madre Oriental, Centro INAH Nuevo León**

**Mtro. en Arqueología Víctor Hugo Valdovinos Pérez
Centro INAH San Luis Potosí**

**Dr. Víctor Ortega León
Centro INAH Chihuahua**

**Dra. Alejandra Rocha Estrada
Universidad Autónoma de Nuevo León**

**Dr Sergio Manuel Salcedo Martínez
Universidad Autónoma de Nuevo León**

**Dra. Diana Elena Aguirre Cavazos
Universidad Autónoma de Nuevo León**

**Dr Jorge Luis Hernández Piñero
Universidad Autónoma de Nuevo León**

