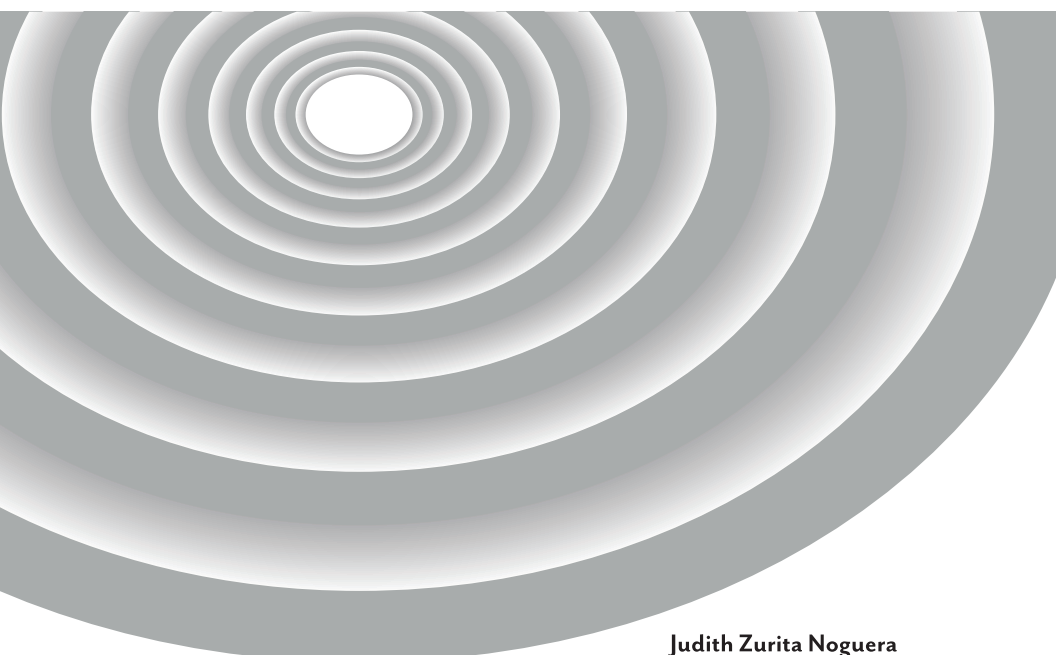


La **INNOVACIÓN** en **Mesoamérica** a través del **TIEMPO**



Judith Zurita Noguera
Agustín Ortiz Butrón
Diana Martínez Yrizar
editores

Seminario de Antropología y Ciencias Aplicadas



México, 2019

EDITORES

Judith Zurita Noguera

Agustín Ortiz Butrón

Diana Martínez Yrizar

ELABORACIÓN DE TEXTOS

Guillermo Acosta Ochoa

Carmen Cristina Adriano Morán

Ana Julia Aguirre Samudio

Luis Barba Pingarrón

Laura Beramendi OroSCO

Jorge Blancas Vázquez

Mario Alberto Castillo Hernández

Matilde Espinosa Sánchez

Lilia Escorcía

Jorge Ezra Cruz Palma

Galia González Hernández

Blanca Zoila González Sobrino

Emilio Ibarra Morales

Gerardo Jiménez Delgado

Alejandro López Hernández

Javier López Mejía

Diana Martínez Yrizar

Emily McClung de Tapia

Agustín Ortiz Butrón

Bernardo Rodríguez Galicia

Alejandro Terrazas Mata

Raúl Valadez Azúa

Judith Zurita Noguera

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
ANTROPOLÓGICAS

DIRECTOR

Rafael A. Pérez-Taylor y Aldrete

**JEFA DEL DEPARTAMENTO
DE PUBLICACIONES**

Diana Franco González

CORRECCIÓN DE ESTILO

Adriana Incháustegui

DISEÑO Y CUIDADO EDITORIAL

Ada Ligia Torres Maldonado

Cuaderno de distribución gratuita elaborado
por el Instituto de Investigaciones Antropológicas
de la Universidad Nacional Autónoma de México

Se imprimieron 1100 ejemplares en los talleres de Navegantes
de la Comunicación Gráfica, S.A. de C.V., Antiguo Camino a Cuernavaca,
núm. 14, Col. San Miguel Topilejo, Alcaldía de Tlalpan, C.P. 14500,
Ciudad de México.

23 de Octubre 2019

INTRODUCCIÓN

Las innovaciones tecnológicas como el internet, las cámaras digitales, la realidad virtual, la telefonía celular, la nanotecnología, los viajes al espacio, etcétera, han facilitado enormemente la vida de millones de personas, hoy en día nos parecería imposible vivir sin ellas, y en realidad en cada época las innovaciones se han venido adecuando a diferentes necesidades, y ellas precedieron a otras más en el tiempo: como la televisión, el automóvil, el cinematógrafo, el telégrafo, la luz eléctrica, la radio, etcétera, sin mencionar, además, avances en la ciencia de la medicina como el ultrasonido, las tomografías computarizadas y los rayos X que siguieron a avances gigantescos como el descubrimiento de la penicilina o las vacunas contra la rabia y otras enfermedades mortales. Estas innovaciones no sólo se han usado para el bienestar de las personas sino también para su aniquilación, por ejemplo, el perfeccionamiento de armas de destrucción masiva desde el arco y la flecha hasta las bombas de Hidrógeno como las usadas en Hiroshima y Nagasaki.

En ese orden de ideas, en Mesoamérica prehispánica las innovaciones a través del tiempo, llevaron a una mayor complejidad tanto biológica como cultural en ámbitos tan diversos como la política, la economía, el arte, la tecnología, la vida cotidiana y la religión entre otros. Desde esta perspectiva las sociedades humanas del pasado plasmaron algunas de estas innovaciones en cada una de sus actividades culturales y aún hoy son evidentes en las tradiciones y costumbres.

Con el nombre de Mesoamérica (figura 1) se designa la gran área cultural que ocupó la mayor parte de nuestro país en la época prehispánica, poblada por muy diversas sociedades humanas, las cuales, a lo largo del tiempo hicieron descubrimientos e invenciones. Todas ellas se compartieron entre los grupos contemporáneos que estaban en contacto, los cuales a su vez, las perfeccionaron y transmitieron a las siguientes generaciones. Ejemplo de ello son los alimentos que comemos diariamente: maíz, frijol, chile, calabaza y otros vegetales, básicamente preparados de la misma manera que en el pasado, sólo que procesados con instrumentos derivados de la innovación en nuestro tiempo.

La Arqueología es la disciplina que se ocupa de estudiar sociedades humanas ya desaparecidas, a través de sus restos materiales, los cuales pueden ser desde

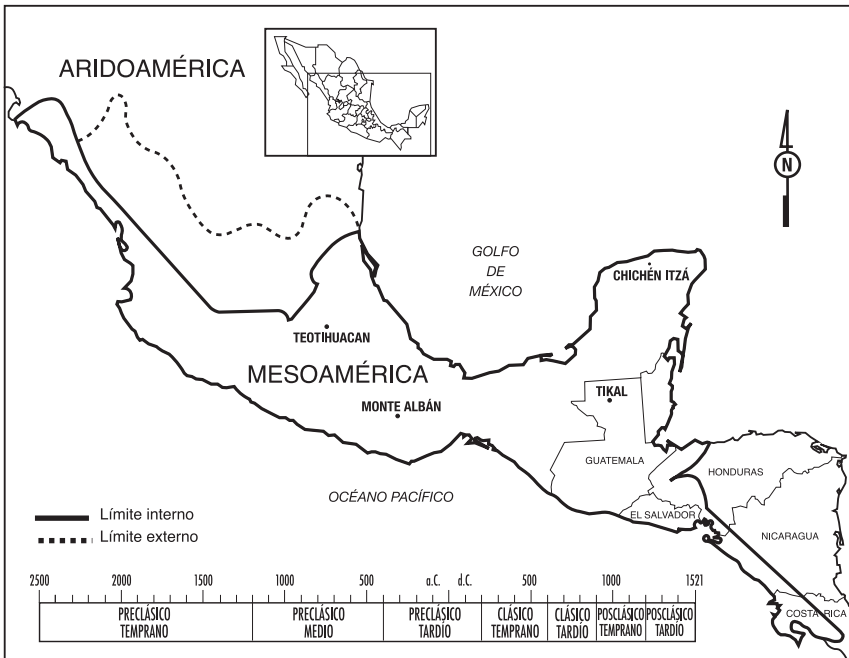


Figura 1. Mapa de Mesoamérica (elaboró César Fernández).

grandes edificios, cerámica, instrumentos de piedra hasta restos microscópicos de plantas y residuos químicos. Esto permite el estudio de muy diversos aspectos de la vida de antiguas sociedades, como la subsistencia y dieta, sistemas agrícolas, domesticación vegetal y animal, actividades artesanales, el uso de recursos naturales, manufactura de instrumentos, vestido, construcción y medicinas, intercambio, costumbres funerarias, ceremonias y rituales, etcétera. Toda esta información permite caracterizar la forma de vida de una población.

Actualmente se necesita la aplicación de métodos y técnicas de otras ciencias a proyectos de investigación arqueológica con un enfoque multi e interdisciplinarios. Esta perspectiva permite una visión más integral de la actividad humana. La incorporación de especialistas de otras disciplinas como la química, física y la biología que se han enfocado a establecer y desarrollar aplicaciones de técnicas y metodologías, para la obtención de información que coadyuva a la mejor interpretación de los datos obtenidos en el contexto arqueológico. Ello no sólo implica el estudio de los resultados, sino también su análisis en asociación con otro material recuperado, así como la información relativa a la estratigrafía general del sitio y del contexto particular de la estructura donde se recuperó el material.

Parte de las actividades de los Laboratorios de Antropología y Ciencias Aplicadas del Instituto de Investigaciones Antropológicas se ha avocado al estudio y

comprensión de muchos rasgos culturales que en su momento fueron innovaciones culturales y para su estudio se han tenido también que adecuar e innovar metodologías y técnicas en antropología para entender la complejidad y diversidad cultural mesoamericana.

A continuación te presentamos ejemplos de cómo en los laboratorios del Instituto de Investigaciones Antropológicas se estudia las innovaciones hechas por las culturas mesoamericanas, a través de la innovación científica actual.

Judith Zurita Noguera, Agustín Ortiz Butrón y Diana Martínez Yrizar

Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

MESOAMÉRICA ANTES DE MESOAMÉRICA

Los primeros habitantes de lo que hoy llamamos Mesoamérica vivían en pequeños grupos emparentados que llevaban una vida nómada y subsistían de la caza, la pesca y la recolección. Estos seres humanos llegaron a lo que hoy es el territorio mexicano hace por lo menos 13 000 años y se distribuyeron por diferentes ecosistemas que van desde los semi-desiertos del norte y las condiciones frías y templadas del centro hasta los ambientes tropicales del sureste del país.

Estas poblaciones de cazadores-recolectores desarrollaron, con el tiempo, nuevas formas de subsistencia, patrones de movilidad y formas de organización social, dando lugar a la agricultura, la vida sedentaria y las sociedades jerarquizadas que con el paso de los siglos, darían lugar a las civilizaciones que vivieron en el territorio que conocemos como Mesoamérica, como la purépecha, maya, totonaca y azteca.

Para poder conocer quiénes fueron estos primeros habitantes de México, de dónde venían, cómo era su forma de vida y cómo fueron cambiando a lo largo del tiempo, disponemos de nueva tecnología que se emplea en el Laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana del IIA-UNAM. Técnicas propias de la Antropología Virtual, nos permiten llevar el mundo real al entorno digital (computadoras), es decir, podemos hacer modelos digitales de los fósiles y los artefactos arqueológicos. De este modo un cráneo, por ejemplo, puede ser capturado mediante tomografía, resonancia magnética o fotogrametría. Una vez que tenemos este modelo virtual (figura 2), podemos manipularlo de maneras que sería imposible con el fósil original.

Por ejemplo, si nuestro cráneo está roto, pero es demasiado complicado tratar de pegar las partes, podemos tomar el modelo de cada parte en la computadora, girarlo, desplazarlo y unirlo cuantas veces queramos, sin poner en riesgo los originales, creando una imagen 3D de cómo luciría el cráneo real antes de romperse.

También es común que los huesos queden enterrados y el peso de los sedimentos los deforme o distorsione. En estos casos sería muy difícil saber cómo era realmente el cráneo, pero en nuestro modelo virtual, en la computadora, po-

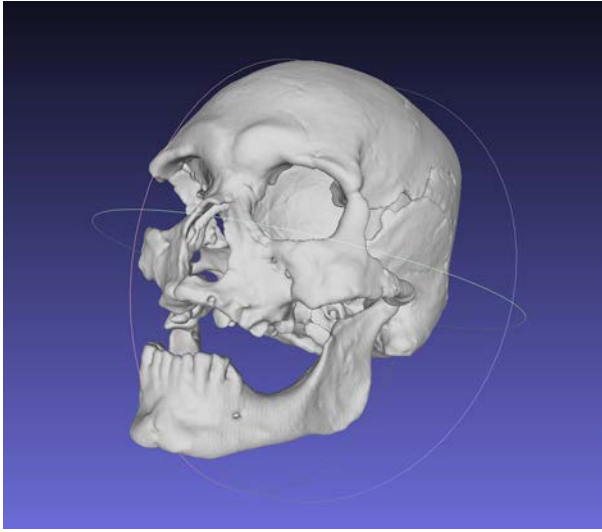


Figura 2. Reconstrucción virtual del cráneo del “Hombre de Tepexpan”.

demostramos “enderezar” los huesos, retirar la deformación y obtener un modelo del cráneo antes de que se deformara y entonces podemos estudiarlo.

La parte más importante comienza cuando podemos estudiar nuestro fósil como si fuera el original. Incluso tenemos algunas ventajas; por ejemplo, si tengo un cráneo fosilizado, muy antiguo, y quisiera ver cómo es por dentro, de ninguna manera podría romperlo para ver su interior, porque es demasiado importante para hacer nada que pueda destruirlo. En cambio, puedo tomar mi modelo virtual y “abrirlo” en la computadora, hacer los cortes que queramos y “ver” los detalles anatómicos que nos interesan. También podemos tomar medidas muy precisas y señalar marcas o *landmarks* específicos que podemos comparar con otros fósiles con procedimientos estadísticos muy sofisticados.

También podemos elaborar aproximaciones faciales de cómo pudo haber lucido la persona que estamos estudiando cuando estaba viva (figura 3).

Otras técnicas de estudio nos permiten elaborar modelos virtuales mediante la incorporación de nuevas tecnologías como el uso de vehículos aéreos no tripulados, mejor conocidos como *drones*. Estos vehículos se emplean en el laboratorio para hacer, mediante una técnica llamada *fotogrametría digital* (que consiste en la toma de imágenes de alta resolución procesadas a través de programas especializados) modelos tridimensionales del relieve terrestre, modelos digitales de elevación que permiten conocer los detalles más precisos del terreno sin la necesidad de otros instrumentos en tierra.

La fotogrametría digital, en particular el flujo de trabajo que ha desarrollado el Laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana en conjunto con el Laborato-



Figura 3. Aproximación facial del “hombre de Tepexpan” a partir del cráneo virtual, aplicando técnicas forenses para añadir músculos, piel y cabello.

rio del Análisis Espacial y Digital del IIA-UNAM, nos ha permitido hacer modelos del relieve de sitios precerámicos como San Gregorio Atlapulco, en Xochimilco, que es la aldea más antigua localizada en el área. A partir de los datos del relieve digital podemos hacer, además, una reconstrucción del sitio arqueológico que sea fiel a los datos del relieve, posteriormente procesarlos mediante programas de animación 3D crear recursos para la divulgación sustentados en datos científicos, por ejemplo, al saber cómo era el clima o la vegetación de ese periodo en particular; reconstruir los niveles del lago de Xochimilco (ahora casi extinto), y tener una idea más acabada del paisaje que debió existir antes de que los grandes lagos de la cuenca de México fueran desecados. Estos recursos digitales se han



Figura 4. Reconstrucción virtual del sitio arqueológico de San Gregorio, Xochimilco, a partir de los datos del modelo digital de elevación.



Figura 5. Reconstrucción virtual de la cuenca de México durante el Precerámico, antes del desarrollo de la agricultura.

incorporado a diversos documentales y cápsulas científicas elaboradas en colaboración con el Laboratorio de Antropología Visual del IIA-UNAM (figuras 4 y 5).

Gracias a la aplicación de estos métodos y técnicas ha sido posible aprender nuevos aspectos de la vida cotidiana de los primeros pobladores del continente americano y, principalmente, de los grupos humanos que poblaron lo que hoy es México y dieron lugar, con el paso de miles de años, a las civilizaciones que ocuparon el territorio conocido como Mesoamérica.

Con esta metodología tratamos de responder a viejas preguntas sobre nuestros orígenes y siempre aprendemos algo sobre nosotros mismos.

Alejandro Terrazas Mata y Guillermo Acosta Ochoa
Laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana,
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Acosta, G. *et al.*

- 2011 El empleo de Sistemas de Información Geográfica en el registro y localización de cuevas abrigos: el caso del Cañón del Sumidero, en Bárbara Arroyo, Lorena Paiz, Adriana Linares Palma y Ana Lucía Arroyave (eds.), *XXIV Simposio de investigaciones arqueológicas en Guatemala 2010*, Guatemala: 1099-1190.

Carbonell, Eudald

- 2005 *Homínidos: las primeras ocupaciones de los continentes*, Ariel, Barcelona.

Terrazas, Alejandro

- 2016 A New Approach to the Middle Stone Age from Continental Equatorial Guinea: A Preliminary Fieldwork Report, *Nyame Akuma* 85: 129-139.

ARQUEOZOOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

En la perspectiva cultural la innovación tecnológica se refiere a la creación de un nuevo producto, o servicio, que va dirigido a un sector de la población consumidora, así como a muchos otros núcleos que también son importantes dentro de una sociedad activa: artesanos, comerciantes, agricultores, cazadores, pescadores, recolectores, guerreros, etcétera. Partiendo de lo anterior, la innovación tecnológica permite ofrecer nuevos productos y servicios locales o foráneos, que repercuten en la creación de nuevos procesos productivos útiles para la sociedad.

Por otro lado, la arqueozoología, como rama de la arqueología y la zoolo-gía es la encargada de la identificación anatómica y taxonómica de los restos animales encontrados dentro de un contexto arqueológico, busca conocer qué tecnología permitió a las culturas del pasado el uso y aprovechamiento de los recursos fáunicos; es decir, aborda el aspecto socioeconómico y cultural del uso de los animales por las sociedades humanas extintas.

Con base en lo anterior, la innovación tecnológica es un concepto que engloba un gran número de elementos y acciones efectuadas por el hombre en las cuales, por lógica, los animales se hacen presentes en infinidad de tareas específicas que involucran su aprovechamiento como recurso natural. Ciertamente, en la investigación arqueozoológica se trabaja constantemente en tratar de identificar huellas en una herramienta (por ejemplo, en un hueso trabajado), buscando, o tratando de detectar, los bordes activos de su uso en la forma de una punta, bisel, espátula o “punta roma”, entre otras. Si tomamos en consideración lo anterior, entonces el arqueozoólogo busca, en un resto animal, generalmente hueso, la intensidad del trabajo con el instrumento de hueso, el cual puede ser observado a partir de lo brillante o pulido que se encuentre, las incisiones que se hacen al trabajar con él, los hundimientos, piqueteos, golpeteos, etcétera (figura 6).

Como menciona Gilberto Pérez (comunicación personal):

Existen dos tipos de herramientas: las muy bien elaboradas en forma y las que sólo son el resultado de fracturas en el hueso, de éstas se aprovecha la superficie plana, cortante o la forma espatulada. La gran complejidad del estudio de las



Figura 6. Los dientes trabajados para lograr elaborar con ellos dijes o elementos decorativos, encontrados en contextos arqueológicos, representan una innovación tecnológica de primer orden.

huellas de uso es que están sumadas, por lo general, a las actividades de manufactura o subsistencia.

Sin duda esta premisa deja de manifiesto que existió una natural, e instintiva, iniciativa hacia la innovación tecnológica en las sociedades humanas del pasado al usar y trabajar material óseo o de concha, entre otros.

LA PESCA MESOAMERICANA COMO EJEMPLO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

En términos generales, la pesca es el conjunto de técnicas y actividades para capturar peces, moluscos, crustáceos y otros animales que se encuentran en el mar o en las aguas continentales. Aun así, hay que señalar que existe una línea muy delgada entre la actividad pesquera, la cacería y la recolección, lo cual hace que hoy en día este término sea muy impreciso. Podemos encontrar técnicas de pesca que más parecen ser de cacería o de recolección; por ejemplo, el uso del arpón por un buzo cuando se zambulle para “pescar un tiburón”, que bien pudiera definirse como ¡un tiburón cazado! Mediante los estudios arqueozoológicos podemos saber cómo usó y aprovechó el hombre prehispánico la innovación tecnológica en los recursos pesqueros, cómo se llevó a cabo la captura de peces con diferentes tipos de redes, anzuelos, lanzas, físgas, trampas y otros instrumentos. Al respecto, la página electrónica *El Mundo* publicó en 2011: “el hallazgo de una gran variedad de utensilios de pesca y caza marina, de hace unos 13 000 años, encontrados en las islas del Canal del Norte de California, ha revelado la gran variedad de animales marinos que comían los humanos de finales del Paleolítico, así como la sofisticada industria pesquera que fueron



Figura 7. Anzuelos elaborados en concha (Catálogo del Museo de Antropología de Xalapa en <<https://sapp.uv.mx/catalogomax/>>).

capaces de fabricar" (<<https://www.elmundo.es/elmundo/2011/03/04/ciencia/1299255277.html>>).

Así, la población de pescadores fue desarrollando una gran cantidad de tipos de anzuelos elaborados con diversos materiales, desde las espinas de algunos arbustos, rocas talladas, concha y hueso, dejando al descubierto innovaciones tecnológicas de primer orden (figura 7).

La humanidad ha tenido que luchar a lo largo de toda su historia por asegurar a todos los individuos un nivel adecuado de alimentación, la evolución de las modalidades de vida y el progreso socioeconómico de la industria pesquera, por ejemplo, se deben, en buena medida, al desarrollo de nuevas tecnologías de pesca y preservación. Así, por ejemplo, para transportar el producto pesquero se requirieron técnicas que garantizaran su traslado a grandes distancias; tal y como pudo constatarse, vía el análisis arqueozoológico, con los peces que eran pescados y preparados (salados, ahumados y/o secados al sol) por los antiguos habitantes de la costa veracruzana y trasladados, por ellos o por emisarios comerciales, hacia la gran Teotihuacan (figura 8).



Figura 8. Las técnicas de salado y secado al sol, como innovación tecnológica en la preservación de los recursos pesqueros.

LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL PROCESO DE DOMESTICACIÓN DEL GUAJOLOTE

De todos es sabido que la intensa emigración hacia las ciudades generó en éstas una enorme demanda de alimentos. La innovación tecnológica benefició la agricultura y con ello se incrementaron los productos alimentarios. En las sociedades del pasado, sobre todo del viejo continente, se emplearon animales en diversas actividades agropecuarias, de interés técnico-comercial y sociocultural, ya que los animales estaban disponibles localmente y eran accesibles para las sociedades que practicaban la agricultura.

Uno de los retos más significativos de la investigación arqueozoológica es disponer de los elementos necesarios para reconocer si un conjunto de huesos de un ave, por ejemplo, de un guajolote, pertenecen o no a un individuo doméstico; obviamente las especificaciones al respecto dependen en gran medida de las características físicas de cada especie, en este caso del guajolote, así como del tipo de hueso recuperado, pues en ellos se buscan diferencias morfológicas o morfométricas, abundancia, frecuencia, tipo de individuos en el sitio de hallazgo, características del contexto arqueológico y área de distribución donde se encontraron los restos. Lo primero que hay que reconocer es si los restos óseos muestran evidencias diagnósticas propias de un animal doméstico, características que pueden ser comparadas con el ancestro silvestre. Aun así, hay casos en los que la diferencia no es tan clara, sobre todo cuando se trata de organismos que llevan poco tiempo en la categoría de domésticos o que no han sido parte de procesos de selección artificial intensos, aquí las diferencias a nivel osteológico pueden



Figura 9. El guajolote, ejemplo vivo del resultado de innovación tecnológica para su domesticación (fotografía Hugo Cavazos Vela en <<https://www.flickr.com/photos/9646365@N03/2381562833/in/photostream/>>).

ser poco notorias. La abundancia, frecuencia y tipo de individuos involucran el estudio de una muestra poblacional en búsqueda de datos relacionados con un perfil silvestre o doméstico. Tratándose de la primera, en un sitio arqueológico lo esperable es encontrar restos de individuos adultos o subadultos, ya que son los más buscados durante las jornadas de cacería y los más jóvenes, sobre todo tratándose de aves, con frecuencia son ignorados; así, a nivel abundancia, si hablamos de especies silvestres, su presencia en el contexto arqueológico depende de qué tan comunes fueron en el ambiente circundante, sobre todo si se trata de un recurso alimentario que, al ser analizado por el arqueozólogo, sugiere un esquema doméstico por su presencia en el sitio como resultado directo de su crianza. Por qué hay una mayor cantidad de individuos de diversas edades, pues porque nacieron y crecieron en ese lugar para su posterior aprovechamiento, proponiendo para ello esquemas de domesticación, tal y como sucedió con el guajolote (figura 9).

LOS ESTUDIOS ARQUEOZOLÓGICOS Y LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

En la actualidad el laboratorio de Paleozoología del IIA-UNAM realiza estudios etnozoológicos con instrumentos de innovación tecnológica. Éstos tratan de enfocar sus esfuerzos en conocer la relación hombre-fauna partiendo de las fuentes coloniales escritas, censos o estudios de poblaciones biológicas actuales y en general estudios etnológicos, donde se haga uso y aprovechamiento de los recursos animales disponibles en las comunidades humanas, empleando para ello nuevas tecnologías computacionales. Así también, en el laboratorio se hacen estudios de paleonutrición en poblaciones humanas y de fauna antigua, con restos óseos animales y humanos con el propósito de reconocer patrones alimentarios de individuos que vivieron en época prehispánica, estableciendo para ello un plan metodológico que permita efectuar el análisis químico de los huesos ya que éstos contienen algunos elementos químicos, en cantidades muy pequeñas, llamados traça, los cuales se han utilizado como indicadores de la posición trófica y de paleonutrición. Como es de esperarse, las nuevas tecnologías permiten conocer esos patrones de alimentación en el pasado, aquí las muestras óseas requieren ser procesadas, desde la limpieza del hueso hasta su preparación como pastilla para ser analizadas mediante la emisión de Rayos X, inducida por partículas (PIXE) en el Instituto de Física de la UNAM (con apoyo del doctor José Luis Ruvalcaba); o por fluorescencia utilizando el hueso, con un esquema de limpieza previa, en el Instituto de Geología de la UNAM (en colaboración con la química Fabiola Vega). En general el análisis de elementos traça y su cuantificación, busca conocer la concentración de ciertos elementos químicos en el hueso como son el zinc, el estroncio y el bario (Zn, Sr o Ba), mismos que se encuentran

en el suelo y que son absorbidos por las plantas que pasan de un organismo a otro vía la red alimentaria. Estos elementos se acumulan en los huesos y, por tanto, al analizar las muestras óseas podemos determinar su cantidad y el nivel trófico donde se ubicó el organismo. Si entre nuestro material tenemos animales domésticos o cautivos, estos estudios son muy importantes, pues permiten saber si se les alimentaba con carne, vegetales, desechos, etcétera.

Finalmente, y como línea de investigación del Laboratorio de Paleozoología del IIA-UNAM, es importante mencionar que las investigaciones arqueozoológicas apoyadas por nuevas herramientas de innovación tecnológica, como son los programas computacionales, se han centrado en el estudio zootécnico de cánidos descubiertos en contextos arqueológicos. Esta línea de investigación ha precisado las características de los cánidos en Mesoamérica antes de la llegada de los europeos. Estos estudios, con el apoyo de diversas innovaciones tecnológicas, han ayudado a determinar ciertos detalles de los dientes de los cánidos que permiten definir patrones alimentarios. Por la longitud de algunos huesos podemos definir alzada, longitud del cuerpo y peso, así como la forma de la cabeza y proporción alzada-longitud, siendo estos datos los que permiten reconocer por lo menos cinco razas de perros que existían antes de la llegada de los españoles: 1) el perro pelón mexicano o *Xoloitzcuntle*; 2) el perro de rostro corto de la zona maya o *Malich*; 3) el perro común mesoamericano o *Itzcuintli*; 4) el perro de patas cortas o *Tlalchichi*; 5) el híbrido resultado de la cruce entre un perro común y un lobo, al que hemos llamado “Loborro”.

Raúl Valadez Azúa y Bernardo Rodríguez Galicia

Laboratorio de Paleozoología,
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Blanco, A., B. Rodríguez y R. Valadez

- 2009 *Estudio de los cánidos arqueológicos del México prehispánico*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Antropología e Historia (Textos básicos y manuales), México.

Rodríguez, B.

- 2017 *La pesca mesoamericana: las artes de actividad pesquera del pasado prehispánico y el presente*, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas. En línea: <<http://ru.ia.unam.mx:8080/handle/10684/103>>

Valadez, R.

- 2003 *La domesticación animal*, 2ª edición, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, México.

LA INNOVACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN PREHISPÁNICA: DEL TEOSINTE AL MAÍZ Y DE UNA MAZORCA AL MAIZAL

Una de las innovaciones culturales más importantes en Mesoamérica fue el proceso por el cual se originaron las plantas domesticadas como el maíz, el frijol y la calabaza, entre otras. Este proceso generó otras innovaciones como las técnicas agrícolas para la producción y la nixtamalización que facilitó el consumo y el enriquecimiento nutrimental del maíz.

La domesticación de las plantas alimenticias fue un proceso gradual, el cual todavía no ha sido explicado y entendido completamente. Se ha sugerido que se inició con una tolerancia de ciertas plantas que eran útiles para las comunidades humanas. Estos grupos de cazadores-recolectores tenían una larga historia de observación de su entorno, por ello cuidaban algunos vegetales en áreas cercanas a sus asentamientos. Conocían su ciclo anual y sabían cuándo era tiempo de recolectar las hojas y tallos tiernos, los frutos maduros, las semillas y en algunos casos las raíces y tubérculos para satisfacer sus necesidades de alimento. Con el paso del tiempo se fueron eligiendo las que tenían hojas con mejor sabor, los frutos más dulces y, utilizando sus semillas, las fueron reproduciendo en los campos con lo que comenzó la producción de alimentos. Esto sucedió en una época llamada Holoceno temprano, hace aproximadamente entre 10 000 y 8 000 años antes del presente.

Si esto ocurrió hace tanto tiempo ¿cómo podemos saber cuándo y cómo sucedió este proceso? Esto lo investigamos empleando las herramientas que nos proporciona la *paleoetnobotánica*, la cual estudia la relación hombre-planta durante las épocas prehistóricas e históricas, usando como evidencia material botánico conservado en sitios arqueológicos.

Algunas partes de las plantas, como las flores, son frágiles, sin embargo, hay otras cuya estructura está hecha para resistir y subsisten al paso del tiempo, como por ejemplo semillas y fragmentos de madera (que pueden estar carbonizadas, mineralizadas o desecadas), granos de polen y gránulos de almidón que sobreviven a la acción de los hongos y los insectos.

Para poder estudiar los restos botánicos se emplean técnicas de laboratorio (figura 10) que permiten la recuperación del material incorporado en el sedimento, éstas son:

1. La flotación para semillas, madera y restos vegetales diversos a los que llamamos macrorrestos.
2. La extracción físico-química de polen, fitolitos y gránulos de almidón que se conocen como microrrestos.

Una vez recuperado el material, se observan sus características en el microscopio, se compara con ejemplares de la colección de referencia botánica y con las descripciones de los manuales y claves taxonómicas, esto con el fin de determinar la identidad de las plantas.

Con la información obtenida se plantean posibles explicaciones (hipótesis) o respuestas sobre el fenómeno o proceso estudiado.

A través del tiempo varios investigadores han aplicado la paleoetnobotánica para estudiar temas relacionados con el maíz, como por ejemplo su origen y la diversificación de sus razas.

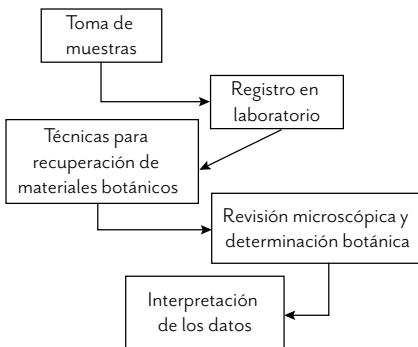


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso general de estudio y toma de muestra en el laboratorio de una piedra de molienda para análisis de gránulos de almidón y fitolitos (diagrama y fotografía Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente).

En la actualidad existen dos teorías para explicar la domesticación y diversificación del maíz: la multicéntrica propone que hace unos 8 000 años existieron varios centros de domesticación a partir de diferentes poblaciones mesoamericanas de *teosinte*. La unicéntrica plantea que las poblaciones de *teosinte*, *Zea mays* subespecie *parviglumis*, dieron origen al maíz en una sola región: la cuenca del Balsas (conformada por el oriente de Michoacán, suroeste del Estado de México y norte de Guerrero).

En el sitio de Xihuatotla, ubicado en el estado de Guerrero, se realizó un estudio de fitolitos y gránulos de almidón recuperados de instrumentos de molienda (parecidos a los metates) y de sedimentos. Este lugar es importante porque aquí se encuentra la población nativa del ancestro silvestre del maíz o *teosinte*. Los datos obtenidos indican la presencia del maíz en este sitio desde hace 8 700 años antes del presente. Esta información apoya la teoría unicéntrica de la do-

mesticación del maíz y confirma su origen en el Holoceno temprano en una selva tropical más que en tierras altas semiáridas.

Aunque el maíz se domesticó miles de años antes, los grupos de cazadores-recolectores incorporaron lentamente ésta y otras plantas domesticadas a su subsistencia y durante algún tiempo fueron componentes menores de la dieta, la cual estaba compuesta principalmente de plantas silvestres, peces y otros animales pequeños. Un ejemplo de esto es el sitio de San Gregorio Atlapulco que estudiamos en el Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente (LPP) en conjunto con el Laboratorio de Prehistoria y Evolución (LPE).

San Gregorio Atlapulco, localizado al sur de la cuenca de México, era un islote en el antiguo lago de Xochimilco. El sitio presenta una ocupación precerámica con una antigüedad de 6 500 años antes del presente, con subsistencia basada en la explotación de los recursos del lago, algunas aves, anfibios y algunas plantas silvestres. Se recuperaron gránulos de almidón de maíz (*Zea mays*), chile (*Capsicum annuum*), frijol (*Phaseolus* sp.), camote (*Ipomoea batatas*), papatla (*Canna* sp.), macrorrestos, polen de una planta acuática (*Schoenoplectus* sp.) además de fitolitos del rizoma de la misma (figura 11). La evidencia muestra que, entre 4200-3900 años antes del presente, este grupo de cazadores-recolectores ya utilizaba plantas domesticadas, pero complementaba su alimentación con tubérculos como el camote y raíces de plantas acuáticas.

Muchos años después (aproximadamente 1500 aC) se observa una expansión de las comunidades sedentarias agrícolas tempranas con una mayor cantidad de restos botánicos de maíz.



Figura 11. 1) Almidón de maíz, 2) almidón de chile 3) fitolito de rizoma de ciperácea, 4) polen de ciperácea y 5) semilla de *Schoenoplectus* sp. (fotografías de almidones LPE y de polen fitolito y semilla LPP).

En Altica, un sitio con ocupación del Fomativo temprano-medio (aproximadamente 1200 años antes de Cristo), también estudiado por el LPP y el LPE, encontramos pruebas de esta expansión. Este asentamiento se localiza al noreste de la cuenca de México, en el municipio de Tepetlaoxtoc en el valle de Teotihuacan. Su importancia radica en su antigüedad, en su cercanía a las fuentes de obsidiana del área de Otumba, las actividades de extracción y procesamiento de la misma, así como su participación en el intercambio de la obsidiana por otros productos de distintas regiones de Mesoamérica.

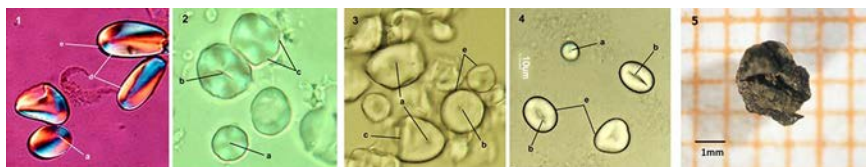


Figura 12. 1) Almidón de ñame, 2) almidón de maíz, 3) almidón de camote, 4) almidón de frijol y 5) cúpula de maíz (fotografías de almidones LPE y cúpula LPP).

La evidencia aportada principalmente por los gránulos de almidón muestra que había una agricultura en desarrollo y que se consumía maíz, frijol, chile y tubérculos como el ñame (*Dioscorea* sp.) y el camote entre otras plantas (figura 12). El maíz también está representado por macrorrestos, en este caso la “cúpula”, una pequeña estructura que sostiene los granos de maíz en la mazorca.

Los resultados de estas investigaciones nos permiten tener un acercamiento a la forma en la que los grupos humanos manejaron las plantas en épocas tempranas. Aunque ya contamos con datos de que el maíz se empezó a utilizar desde el Holoceno temprano, aún no tenemos registro arqueológico del proceso de domesticación como tal, es decir, el paso del *teosinte* al maíz y de la mazorca al maizal. Sin embargo, la información recuperada permite plantear algunas hipótesis acerca de dicho proceso.

Si bien la innovación de la agricultura incipiente se dio en diferentes partes de Mesoamérica, en este caso sólo se mencionaron dos sitios ubicados en la cuenca de México. En ambos asentamientos fue posible proponer una subsistencia de tipo mixto, es decir, basada tanto en plantas domesticadas, obtenidas por prácticas agrícolas iniciales, como en la recolección de otras silvestres para complementar la dieta. Todavía queda mucho por investigar, como por ejemplo, saber acerca de los campos de cultivo en distintos sitios de Mesoamérica para conocer las prácticas agrícolas incipientes que dieron paso a una agricultura intensiva con innovaciones como las terrazas, las chinampas en el centro de México y los campos levantados en la zona maya.

*Emily McClung de Tapia, Diana Martínez Yrizar,
Carmen Cristina Adriano Morán, Emilio Ibarra Morales
y Jorge Ezra Cruz Palma*

Laboratorio de Paleobotánica y Paleoambiente,
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Acosta Ochoa, G., E. McClung de Tapia, P. Pérez y J. Arroyo (eds.)

2017 *Informe del Proyecto Proyecto Poblamiento, Agricultura Inicial y Sociedades Aldeanas en la cuenca de México (PAISA-CdM), Segunda Fase*, IIA-UNAM, IN-

forme Técnico entregado al Consejo de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

Kato, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos, R. A. Bye

2009 *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*, Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F., 116 pp.

McClung de Tapia E., G. Acosta-Ochoa, D. Martínez-Yrizar, C. C. Adriano-Morán, J. Cruz-Palma y B. Chaparro-Rueda

En prensa Early-Middle Formative period subsistence in the Teotihuacan Valley, Mexico: Prehispanic Plant Remains from Altica, *Ancient Mesoamerica*.

Piperno, D., A. Ranere, I. Holst, J. Iriarte y R. Dickau

2009 Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B. P. maize from the Central Balsas, *PNAS* 106 (13): 5019-5024, River Valley, México.

LA AGRICULTURA INTENSIVA Y LA INNOVACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS MESOAMERICANOS

El conocimiento sobre la forma de vida, dieta y entorno natural de antiguas poblaciones siempre ha sido un tema que ha despertado mucha curiosidad. Cuando se investiga sobre una población ya desaparecida, es primordial entender la estrategia de subsistencia que desarrolló para satisfacer sus necesidades alimenticias, esto es, su sistema de producción de alimentos. Así, por ejemplo, el sistema agrícola que tuvo una comunidad humana en el pasado presenta características específicas directamente derivadas de su entorno natural y las características de las plantas que seleccionaron para alimentarse, ya que cada grupo de plantas requiere de técnicas agrícolas e instrumentos especialmente dirigidos para su cultivo. Lo cual resultaría en una estrategia de subsistencia específica, que es de gran importancia en la definición del carácter de su organización social y tecnología.

Un sistema agrícola está compuesto de las técnicas, instrumentos y estrategias que una población desarrolla para lograr el cultivo de un determinado grupo de plantas que tiene ciclos de vida y necesidades de agua, nutrientes y altitud, específicas. En general, la planta cultivada que es base de la alimentación requiere de una serie de condiciones para que crezca y se reproduzca. Por lo cual los instrumentos y técnicas desarrolladas en Mesoamérica tuvieron como objetivo obtener la mayor productividad de ella. Cuando las antiguas poblaciones Mesoamericanas tuvieron necesidad de incrementar la productividad de sus cultivos, innovaron sus instrumentos y técnicas pasando de una agricultura incipiente a una intensiva, en la cual poco a poco se fueron abandonando muchas de las estrategias anteriores para obtener alimentos. Se organizaron para que las tareas agrícolas se efectuaran con la mayor eficiencia con base en los requerimientos y condiciones necesarias para su cultivo principal (figura 13).

Los restos botánicos recuperados de contextos arqueológicos constituyen una fuente de información en diversos aspectos de la vida de las poblaciones. En antiguas poblaciones las plantas no sólo se usaron como fuente de alimentos, también desempeñaron un papel primordial en actividades sociales y ceremoniales, como elemento relevante en la diferenciación social, el ritual y la mitología. Así, otros materiales botánicos recuperados en contextos arqueológi-



Figura 13. Cultivo de maíz en el siglo XVI, de acuerdo con fray Bernardino de Sahagún (Códice Florentino libro 4, folio 72).

cos reflejan actividades como almacenamiento, preparación y consumo de alimentos, como pueden ser aquellas usadas como combustible, para envolver o para la fabricación de artículos como cestos, tejidos, platos, etcétera; así también aquellas que indican actividades culturales, esto es, plantas domésticas o silvestres relacionadas con el culto religioso que fueron usadas en ritos y ceremonias o como medicamentos. Otros restos botánicos muestra la vegetación del área después del abandono del sitio, plantas que pudieron haber estado almacenadas y que se desecharon, y finalmente las plantas que forman parte del relleno, que pueden reflejar el material constructivo de paredes y techos derrumbados. De esta forma, cada tipo de material botánico detectado representa diversas actividades (figura 14).



Figura 14. Principales plantas cultivadas en Mesoamérica, maíz, calabazas de diferentes tipos, chayotes, chile, tomate y cacao, que hasta la actualidad forman parte de nuestra dieta básica.

El estudio de estos materiales es el objetivo de la Paleobotánica, disciplina que se encarga del análisis e interpretación de la relación directa entre humanos y plantas para cualquier propósito, como se manifiesta en el registro arqueológico. La recuperación de los restos botánicos se realiza a través de técnicas arqueobotánicas, como la palinología que es el estudio del polen y las esporas, el análisis de macrorrestos, es decir, restos macroscópicos de vegetales como semillas, madera y el análisis de fitolitos que son cristales de sílice que se forman en la epidermis de las plantas que se recuperan a través de excavaciones en contextos arqueológicos. El análisis de fitolitos presenta muchas posibilidades de utilización en la arqueología. En estudios referentes al origen y desarrollo de la agricultura éste ha sido de gran utilidad, ya que los principales cultivos como maíz, arroz y trigo, presentan fitolitos en formas muy distintivas e identificables

Los fitolitos son cristales de sílice que se forman por su precipitación en los espacios entre las células de tejidos vegetales. Al irse depositando el mineral recubre y encapsula las células que forman los tejidos, tomando su forma original. Se presentan con una estructura cristalina similar a la del ópalo. El sílice se deposita en el espacio intercelular del tejido epidérmico de hojas, tallos y raíces. Los cristales resultantes de cualquiera de éstos, poseen formas distintivas, lo que permite reconocer la planta en la cual se formaron y como poseen la posibilidad



Figura 15. Proceso de muestreo, extracción química e identificación de fitolitos en el laboratorio.

de subsistir mucho tiempo, al morir la planta los fitolitos quedan en los sedimentos o en el fondo de objetos como ollas o metates, lo que permite posteriormente su recuperación y estudio. Para poder recuperar tanto fitolitos como otros restos botánicos, se toman muestras de suelos durante las excavaciones arqueológicas en pisos de casas y otros edificios, en basureros, fogones, entierros y cualquier otro contexto donde la antigua población realizó alguna actividad.

Posteriormente, en el laboratorio se recuperan los fitolitos a través del tratamiento químico y físico de la tierra de cada muestra eliminando materia orgánica y cualquier elemento mineral presente excepto el sílice. Los fitolitos recuperados se observan en el microscopio óptico, para identificar las plantas que los produjeron y cuantificarlos de acuerdo con su forma, tamaño y abundancia. La información obtenida se estudia e interpreta de acuerdo con el contexto del que provenían (figura 15). Como se mencionó, los fitolitos son especialmente eficientes para la identificación de los principales cultivos en Mesoamérica, además de determinar la presencia de maíz, se ha podido identificar frijol, calabaza, yuca y palma, entre otros.

Hasta ahora, el maíz se ha considerado como el cultivo básico de Mesoamérica, sin embargo, estudios recientes han mostrado que en algunas áreas como en el sitio olmeca de San Lorenzo, Veracruz (1800- 900 cal aC), no ocurrió esto. A través del estudio de fitolitos se ha recuperado información valiosa sobre la forma en la que una de las primeras civilizaciones mesoamericanas, explotó los recursos vegetales. En el caso de las estrategias de subsistencia y dieta, al analizar muestras de contextos domésticos se encontraron fitolitos diagnósticos de maíz, frijol y calabaza en contextos que datan de la fase San Lorenzo (1200-800 aC.). No se ha encontrado, hasta ahora, evidencia de la presencia de maíz en las fases anteriores, sin embargo, sí se ha podido identificar yuca (*manihot* sp) o mandio-

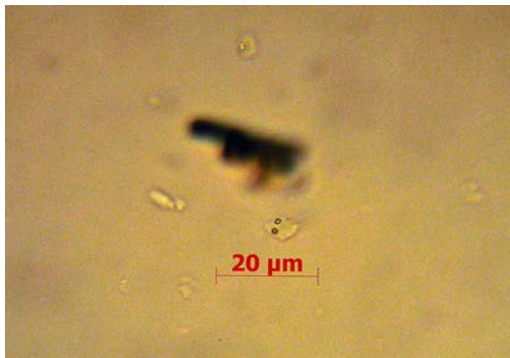


Figura 16. Yuca (*manihot* sp) tubérculo identificado con fitolitos en contextos arqueológicos más tempranos del sitio olmeca de San Lorenzo, Veracruz (cortesía Proyecto Arqueológico San Lorenzo).

ca, como base de la alimentación de los olmecas en épocas muy tempranas. No fue sino hasta periodos más tardíos cuando el maíz comenzó a ser su principal cultivo (San Lorenzo B 1200 cal aC) (figura 16).

Para estudiar los sistemas agrícolas existentes en Mesoamérica, es necesario, además de la información botánica, recurrir, por una parte, a la consulta de fuentes escritas del siglo XVI, y por otra, a estudios etnográficos de las prácticas de cultivo actuales, que en conjunto con las evidencias arqueológicas obtenidas en las excavaciones como instrumentos; obras constructivas para preparar campos de cultivo, para la irrigación y áreas o construcciones para el almacenamiento de cosechas, permiten entender cómo se desarrollaron las tareas agrícolas.

Para poder desarrollar el cultivo intensivo fue necesario adecuar la tierra para esta tarea, en Mesoamérica se recurrió básicamente a la roza y la quema que todavía se usan de forma extensa, generalmente el agua para el cultivo se obtiene de las lluvias, es decir es una técnica de temporal. Consiste en la tala de la vegetación del área que se va a cultivar, al principio de la temporada de secas, después se deja secar el matorral durante el resto de la estación seca. Cuando llegan las lluvias se quema el área y se siembra simplemente haciendo agujeros y metiendo la semilla con una coa.

Existen, asimismo, varias técnicas agrícolas en las cuales el cultivo se realiza no con agua de lluvia sino con una serie de construcciones como presas, pozos, canales, retenes, etcétera, con los cuales se logra tener un abastecimiento de agua constante durante todo el año.

Dependiendo del área geográfica en donde vivieron los pueblos mesoamericanos fueron desarrollando diferentes formas de adaptar campos de cultivo a las condiciones propias del paisaje, así, en zonas de pendiente como la cuenca de México desarrollaron terrazas que permiten detener la humedad, la erosión y aumentar el grosor de la tierra, por medio de contención a base de plantas, muros y cualquier elemento que detenga la pérdida de la superficie de tierra cultivable. Asimismo, en las orillas de los lagos, especialmente en Xochimilco, construyeron chinampas para tener cosechas constantes aprovechando el sedimento del fondo del lago y la flora flotante del mismo, además de obtener irrigación constante. Los campos peraltados o elevados del área maya, en zonas pantanosas, tienen la misma función que las chinampas. Para su construcción se excava una serie de zanjas paralelas o en retícula, echando la tierra a cada lado de la zanja, formando un área elevada que queda por encima del nivel freático.

En conclusión, los sistemas agrícolas desarrollados en Mesoamérica tenían como objetivo proporcionar un medio ambiente adecuado para las plantas cultivadas, para asegurar el éxito de la cosecha, con base en una rutina definida que, de acuerdo con las características estacionales de la zona, garantizaran la fertilidad de la tierra y aseguraran el agua necesaria para el crecimiento de las plantas.

PARA LEER MÁS:

Cyphers, A., J. Zurita Noguera y M. Lane Rodríguez

2013 *Retos y riesgos en la vida olmeca*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Pérez-Sánchez J. M. y J. I. Juan-Pérez

2013 Caracterización y análisis de los sistemas de terrazas agrícolas en el valle de Toluca, México, *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* (10) 4: 397-418, <https://www.academia.edu/27569179/Caracterizaci%C3%B3n_y_an%C3%A1lisis_de_los_sistemas_de_terrazas_agricolas_en_el_valle_de_Toluca_M%C3%A9xico> [consulta 23 de agosto 2019].

Rojas Rabiela, T.

2013 Técnicas, métodos y estrategias agrícolas, *Arqueología Mexicana* 120: 48-53.

Merlín-Uribe Y., C. E. González-Esquivel, A. Contreras-Hernández, L. Zambrano, P.

Moreno-Casasola y M. Astier

2013 Environmental and socio-economic sustainability of *chinampas* (raised beds) in Xochimilco, Mexico City, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 11: 3, 216-233, DOI: 10.1080/14735903.2012.726128 [consulta 23 de agosto 2019].

LA IMPORTANCIA DE LA INNOVACIÓN EN LA NIXTAMALIZACIÓN EN MESOAMÉRICA Y EL ESTUDIO DE RESIDUOS QUÍMICOS EN COMALES

Las principales líneas de investigación del Laboratorio de Prospección Arqueológica del IIA-UNAM se han centrado, por un lado, en la aplicación de métodos y técnicas provenientes de las Ciencias de la Tierra aplicadas a la arqueología con la finalidad de entender un sitio arqueológico desde la superficie antes de su excavación.

La otra línea de investigación es el estudio de residuos químicos en materiales porosos, principalmente pisos y cerámica arqueológica con la finalidad de determinar áreas de actividad y la funcionalidad de los recipientes.

Dentro del análisis de la cerámica arqueológica, el laboratorio se ha centrado en el estudio de la alimentación. Sin embargo, por increíble que parezca, para poder conocer parte de estas actividades, el análisis se basa en indicadores invisibles e intangibles que han quedado atrapados en los poros de la pasta cerámica y que pueden ser identificados muchos años después de su uso, incluso una vez que han sido ofrendados, desechados o rotos.

El estudio de la cerámica es fundamental para la investigación arqueológica ya que ésta es muy abundante, a partir de ella se pueden entender aspectos como cronologías relativas, técnicas de manufactura, materias primas, estudios de proveniencia y función entre otros.

La realización de la cerámica representa un avance tecnológico significativo con respecto a las cestas vegetales tejidas, las cuales se usaban principalmente para acarrear alimentos, en tanto que la cerámica proporcionó una forma de conservar, transportar y transformar los alimentos recolectados y cosechados en contenedores más duraderos. Esto repercutió en una mejora en la forma de vida de las culturas y significó a su vez un mayor sedentarismo.

La idea de estudiar los residuos químicos presentes en la cerámica parte de que, cuando los alfareros prehispánicos elaboraron sus utensilios con arcilla, los elementos orgánicos que pudieron estar presentes en la pasta o en el desgrasante se perdieron durante la cocción de la misma y cuando dichos utensilios se utilizaron se empezaron a enriquecer paulatinamente con sustancias debido al uso cotidiano durante el tiempo de vida útil de los mismos (figura 17).

Afortunadamente, y en una analogía con los utensilios modernos, nuestros ancestros produjeron varias formas cerámicas para diversos usos: ollas para cocinar, ánforas para almacenar, platos y cucharas para servir, jarras para contener y servir líquidos, molcajetes para moler alimentos, etcétera (figura 18).

Al respecto, ha sido particularmente interesante el estudio de los comales arqueológicos. Estos instrumentos, que han subsistido hasta nuestros días elaborados tanto de barro como de metal y los cuales asociamos con la preparación de las tortillas, en sus inicios, al parecer, sólo se utilizaron para asar y tostar semillas e insectos. Y no fue sino hasta que se nixtamalizó el maíz cuando se utilizaron para la cocción de las tortillas (figura 19).

Sin embargo, para lograr la nixtamalización como ahora la conocemos, es necesario disponer de cal viva, la cual es un producto pirotecnológico que se



Figura 17. Enriquecimiento químico de la cerámica a partir de su uso.



Figura 18. Vajilla prehispánica para diversos usos (fray Bernardino de Sahagún, *Códice Florentino*).

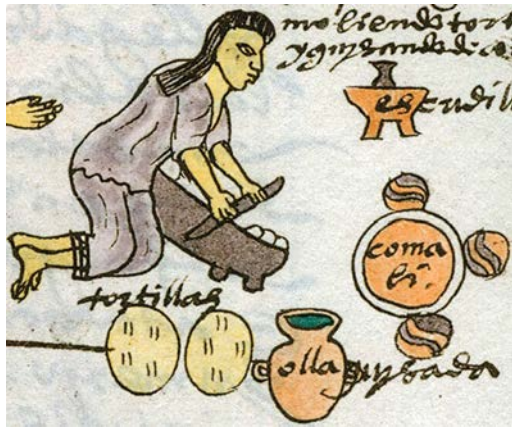


Figura 19. Nixtamalización y molido del maíz para preparar masa para tortillas (Primeros Memoriales, Sahagún 1905).

obtiene calentando rocas calizas a más de 800 grados. Esto implica que, para que se desarrollara la nixtamalización fue necesario que antes se diera la innovación tecnológica de la producción de cal (Villaseñor y Barba 2013). En relación con ello, todo parece indicar que los mayas iniciaron la producción de cal alrededor de mil años antes de Cristo, en la zona del Petén, en la frontera de México con Guatemala y Belice, y que dicha tecnología llegó al centro de México aproximadamente 200 años después de Cristo, precisamente a Teotihuacán, donde apren-

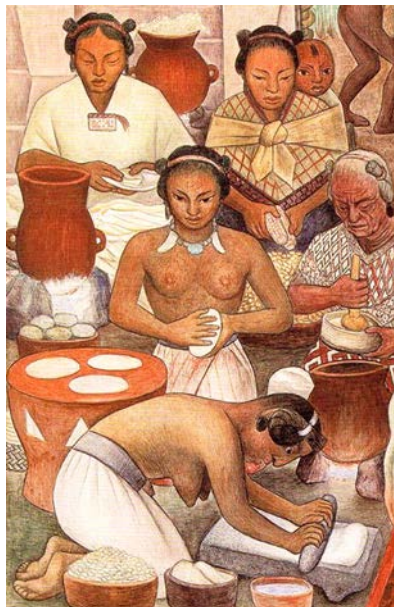


Figura 20. Cocción de tortillas en comales (Mural de Diego Rivera en Palacio Nacional “Mujeres huastecas cocinando”).

dieron a producir la cal y la utilizaron intensivamente para el recubrimiento de las estructuras de la ciudad.

Es interesante mencionar que en Teotihuacán no existieron los comales para la cocción de tortillas y que posiblemente fue hasta el Epiclásico, después de su caída, cuando se comenzaron a utilizar y para el Posclásico, en la época mexicana, éstos ya eran muy populares (figura 20).

La nixtamalización (del náhuatl *nextli*, cenizas y *tamalli*, masa de maíz cocido), fue una innovación importante en las culturas mesoamericanas, fue el proceso gracias al cual se pudo hacer masa y con ella las tortillas e infinidad de productos del maíz: tamales, sopes, tostadas, tlacoyos, etcétera.

La nixtamalización consiste en la cocción del maíz con agua y cal. Una vez cocido, el maíz se deja reposar en agua caliente toda la noche; finalmente se le remueve el pericarpio o cascarilla que recubre el grano, y una vez suave, se muele en el metate.

Gracias a este proceso el maíz se vuelve todavía más nutritivo:

- 1) El grano se hidrata y absorbe calcio y potasio.
- 2) Este proceso aumenta la biodisponibilidad de aminoácidos, de fósforo y calcio, de fibra soluble y almidón resistente.
- 3) Disminuye el ácido fítico,¹ mejorando con ello la absorción de minerales.
- 4) La fibra dietaria soluble pasa de 0.9% en el maíz a 1.3% en la masa, y a 1.7% en la tortilla.
- 5) La nixtamalización incrementa la disponibilidad de la mayoría de los aminoácidos esenciales. Por lo tanto es una de las principales contribuciones a la nutrición humana.
- 6) Disminuye la cantidad de aflatoxinas que pudieron producirse durante el almacenamiento del grano.

Es interesante mencionar que una vez realizada la conquista, los vencedores se llevaron varios elementos culturales mesoamericanos a Europa, entre ellos el cacao, el chile, el frijol y el maíz. Sin embargo, no se llevaron la tecnología de la nixtamalización de este último.

El maíz sin nixtamalizar es difícil de digerir cuando se consume como mazorca o cuando se muele el grano. Cada grano de la mazorca tiene una cobertura protectora y el cuerpo humano no tiene las enzimas digestivas necesarias para romper dicha cubierta. Sin embargo, su interior es rico en almidón y podría digerirse fácilmente si no presentara este recubrimiento. Además, el maíz entero puede causar problemas debido al alto contenido de fibras que se traducen en una mala digestión y síntomas que van desde cólicos hasta diarrea.

Para los europeos y africanos la ingestión del maíz sin nixtamalizar provocó la pelagra (*pelle*: piel, *agra*: áspera), nombrada así por los cambios que sufría la

¹ El ácido fítico es un ácido orgánico que contiene fósforo, presente en los vegetales, sobre todo

piel de los aquejados de esta dolencia. Durante muchos años se culpó al maíz de esta enfermedad, pero finalmente se comprobó que dicha afección se relacionaba con una insuficiencia dietética debido a la ingesta o absorción inadecuada de vitamina B3 (niacina).

De esta forma las culturas mesoamericanas no se vieron afectadas por esta enfermedad gracias a la innovación de la nixtamalización del maíz, además, al agregarle cal o ceniza incrementaron el calcio y los aminoácidos esenciales para su dieta.

En el Laboratorio de Prospección Arqueológica se han realizado estudios específicos de comales, tanto arqueológicos como modernos, de manera experimental y los resultados han sido muy reveladores en cuanto a su uso. En Santa Cruz Atizapán, a la orilla de la Ciénega de Chignahuapan, en el valle de Toluca, la gran variedad de formas y dimensiones de los comales sugirió un alto grado de especialización. La presencia de residuos con ácidos grasos en algunos de ellos detectada a partir de análisis con cromatografía de gases, mostró la presencia de colesterol, indicador de grasas de origen animal, posiblemente de no rumiantes por la ausencia de ácidos grasos de tipo $C_{15:0}$ y $C_{17:0}$ en formas ramificadas.² La cercanía del lago parece sugerir que los comales se emplearon para procesar alimentos obtenidos del medio lacustre como pudo ser pescado, crustáceos y aves. Por otra parte, los comales con paredes altas presentaron un alto contenido de carbohidratos y posiblemente se utilizaron para tostar semillas. Y contrario a lo que se esperaba, los comales de Santa Cruz Atizapán presentaron valores muy bajos de carbonatos, lo cual indica que no fueron tratados con una lechada de cal para curarlos. Además, la ausencia de carbonatos y de almidones ha probado que, en este sitio Epiclásico, los comales no se utilizaron para cocer tortillas de maíz. Esto indica que no dispusieron de cal para este procesamiento.

En cambio, en sitios más tardíos (del Posclásico) con cerámica azteca como Axotlán y Churubusco, los comales presentaron claramente altos valores de carbonatos que pueden explicarse por la práctica común de “curar” los recipientes con una lechada de cal en la superficie antes de iniciar su uso cotidiano como aún hoy se practica en muchos lugares rurales. Además de que para entonces, los comales ya se utilizaban ampliamente para la cocción de tortillas, como plancha de cocción y tostado de alimentos como insectos, semillas y carne, lo que en residuos químicos se traduce en altos valores de fosfatos, ácidos grasos y residuos proteicos. Además, el comal sirvió de base plana para soportar ollas y jarros y mantener calientes los alimentos (figura 21).

² El $C_{15:0}$ **ácido pentadecílico** es un ácido graso saturado comúnmente encontrado en la grasa de la leche de vaca, la mantequilla y grasa de cordero.

El $C_{17:0}$ **ácido heptadecanoico** es un ácido graso saturado que se encuentra en la grasa de la leche de los rumiantes. Actualmente se emplea para fabricar margarina.



Figura 21. Comal moderno para la cocción de las tortillas.

En conclusión, varios eventos de innovación se han ido concatenando sucesivamente: 1) la innovación de la producción cerámica, 2) la innovación tecnológica de la producción de cal y 3) la innovación de la nixtamalización que permitió la plasticidad de la masa para obtener infinidad de productos a base de maíz. Tanto comales como ollas tuvieron una función destacada para aprovechar al máximo las propiedades nutritivas del maíz.

Agustín Ortiz y Luis Barba

Laboratorio de Prospección Arqueológica,
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Barba, Luis, Agustín Ortiz y Alessandra Pecci

- 2014 Los residuos químicos. Indicadores arqueológicos para entender la producción, preparación consumo y alimentación de alimentos en Mesoamérica, en *Anales de Antropología* 48-I: 201-239.

Barba, Luis y Claude Stresser-Péan

En preparación “La nixtamalización y el consumo de tortilla en la Huasteca”, en *Vida y creencias en la Huasteca posclásica*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Museo Nacional de Antropología, Fundación Stresser-Péan, México.

Terreros Olivares, Martín

- 2013 Una aproximación a la alimentación por medio del análisis de residuos químicos y FRX de comales provenientes de un sitio Lacustre, Santa Cruz Atizapan (550-900 d.C.), tesis, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.

Villaseñor, Isabel y Luis Barba

- 32 2013 Los orígenes tecnológicos de la cal, *Cuicuilco*,(19), 55: 11-42.

MESOAMÉRICA MULTIÉTNICA

Todos los seres vivos disponemos de un conjunto de información organizada para cubrir nuestras funciones. Esta información, de naturaleza microscópica, se encuentra en las células y, como libro de biblioteca, se abre, se usa, se guarda, en función del desarrollo del individuo, sus características propias y las condiciones ambientales. El estudio de esta información, a la que llamamos “información genética”, es especialmente relevante en el momento de determinar aspectos como el grado de parentesco entre individuos o especies. Cuando dos individuos procrean, sus conjuntos de información genética se unen y sus hijos heredan un 50% del material genético del padre y otro 50% de la madre. Los hermanos varían y se parecen entre sí porque comparten el 50% de la información. Más adelante, cuando cada uno tiene descendientes, la similitud disminuye a la mitad, ya que las parejas de ellos tienen variaciones hereditarias que aportan una información genética diferente y así, con el paso de las generaciones, la similitud genética va siendo cada vez menor. Esto se puede ver claramente en la fisonomía de los individuos.

Lo usual es que los hermanos compartan rasgos físicos, mientras que los primos terceros pueden ser tan diferentes que sólo se reconozca su parentesco por los antecedentes familiares.

En el núcleo de la célula se guarda toda la información que requiere para funcionar. La información genética se encuentra en lo que se denomina “ácidos desoxirribonucleicos” (ADN) que de manera sencilla, podemos describir como larguísimas cadenas en las cuales cada eslabón (que llamamos nucleótido) es como una letra; en total se dispone de cuatro. La secuencia de estas “letras” constituye, justamente, un código que la célula “lee” por segmentos (a los cuales denominamos “genes”) teniendo cada uno la información para elaborar una proteína. En el caso del ser humano, la molécula de ADN posee 3 000 millones de eslabones y, aproximadamente, 25 000 genes responsables de la herencia. El ADN está contenido en el núcleo de las células y está protegido por proteínas llamadas histonas que forman un complejo llamado nucleosoma, el cual se enrolla formando los cromosomas, que en nuestra especie son 23 pares (figura 22).

En el Laboratorio de Antropología Genética se extrae el ADN de las células. ¿Qué es lo que podemos comprender de nuestra historia con estos datos? Podemos conocer las variaciones de una población, las que compartimos con otros grupos y las que son únicas. También es posible conocer las relaciones entre los grupos.

Las poblaciones humanas en el presente y en el pasado se distinguen a partir de las distancias genéticas por las diferencias entre los individuos, familias, grupos regionales, grupos continentales o especies. Las poblaciones, al irse separando en el espacio y en el tiempo, van tomando distancias genéticas (cada vez están menos emparentadas). Entre los humanos, la mayoría de las diferencias son principalmente entre individuos, no entre agrupaciones, de manera que sólo algunas mínimas diferencias nos permiten encontrar estructuras poblacionales según las regiones en las que han estado asentadas. Los análisis de genética poblacional se hacen a partir de frecuencias; con estos estudios no hacemos clasificaciones de los grupos humanos ni perfilamos poblaciones. A partir de datos actuales podemos saber sobre procesos evolutivos ocurridos en el pasado.

¿LO SABÍAS?

Cuando una persona fallece, la molécula de ADN empieza a romperse y, por acción de las bacterias, a degradarse. Sin embargo, cuando la degradación no es total, con las técnicas de biología molecular es posible recuperar información genética de restos óseos de cualquier especie, tanto de animales grandes como pequeños e inclusive de plantas. Se ha logrado obtener datos genéticos de neandertales de 90 000 años de antigüedad a pesar de que el ADN está fragmentado y, por supuesto, de gran cantidad de restos de los antiguos pobladores de México.

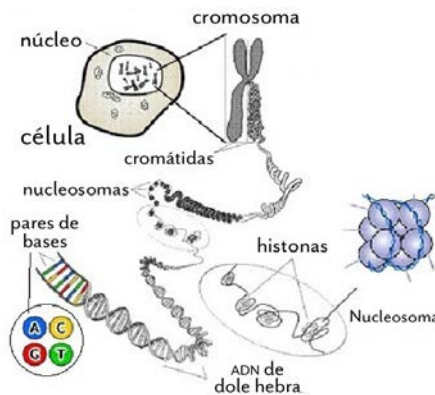


Figura 22. Representación de los componentes de la herencia de una célula animal. El núcleo de la célula guarda espacialmente los cromosomas, los cuales protegen el material genético a través de proteínas (histonas) enrollando el ADN con nucleosomas. Modificado de <<https://es.slideshare.net/lauestherk/relacin-de-cromosomas-genes-y-adn-38159549>>.

Para conocer cómo eran las relaciones de parentesco entre las unidades habitacionales dentro de Teotihuacán y fuera de la ciudad por situaciones comerciales o por migración, fue necesario realizar análisis de ADN antiguo en algunas de estas unidades. La metodología empleada puede observarse gráficamente en la figura 23.

Se emplean pequeños fragmentos de material óseo de los habitantes de las unidades de estudio, y el estado de conservación del hueso se puede apreciar a través de la disposición y unión de las fibras de colágeno en la matriz ósea del tejido. La extracción del ADN lleva un proceso de anticontaminación por aislamiento del material biológico del que manipula, así como el uso de luz UV y productos clorados como desinfectantes para evitar la contaminación bacteriana o con ADN de cualquier otra especie. El ADN obtenido es expuesto *in vitro* al método de amplificación de regiones específicas del genoma, obteniéndose muchas copias de la región por PCR (reacción en cadena de la polimerasa); la reacción enzimática permite visualizar en geles de agarosa los fragmentos de ADN y sus polimorfismos.

Los genotipos obtenidos con dicha metodología pueden ser analizados por distancias genéticas de los pobladores dentro de Teotihuacán y de otras regiones



Figura 23. Metodología empleada en el Laboratorio de Genética para analizar material antiguo. El primer paso requiere la elección de una pieza ósea que físicamente no tenga residuos carbónicos que puedan haber sido expuestos al fuego. Se corta un pequeño fragmento (paso 2 y 3), éste puede ser examinado por un escaneo de microscopía electrónica (paso 4), en caso de que esté conservada, los ensayos se dirigen a obtener copias de una región del ADN polimórfica (paso 5), la cual se visualiza por electroforesis de geles (paso 6) y con los resultados obtenidos se hacen los análisis de poblaciones (elaboración A. J. Aguirre Samudio).

antiguas de México. Con este tipo de análisis se pudieron detectar las relaciones prehispánicas de los mayas y oaxaqueños con los teotihuacanos. Este conocimiento nos permitió conocer más sobre las relaciones maritales de los teotihuacanos o sobre la diversidad de este grupo, lo cual está asociado con los vestigios cerámicos en otros sitios arqueológicos y habla de la movilidad que hubo durante el auge de Teotihuacán hacia otras regiones de México.

Blanca Zoila González Sobrino y Ana Julia Aguirre Samudio

Laboratorio de Antropología Genética,
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Aguirre Samudio, A. J., B. Z. González Sobrino, B. Álvarez-Sandoval, R. Montiel, C. Serrano Sánchez, A. Meza-Peñaloza

2017 Genetic history during the Classic Period Teotihuacan burials in Central Mexico, *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 19 (1): 1-14.

Benito, C. y F. J. Espino

2012 *Genética. Conceptos esenciales*, Editorial médica panamericana, Argentina, España, México, Venezuela.

González Sobrino, B. Z.

2016 *México: entre ajetreos históricos y enredos genéticos*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

EL CICLO DE VIDA EN EL CALENDARIO MESOAMERICANO

La innovación calendárica en Mesoamérica fue tan compleja y completa, que no dejó fuera ni un sólo motivo derivado de la naturaleza, incluyendo el ciclo de vida de los humanos, el cual se asemejaba al de sus dioses. Este texto expone un modelo ontogenético, es decir un modelo para el ciclo vital, como propuesta para estudiar la edad biológica y la edad cronológica de la población mesoamericana.

LA EDAD Y EL CONCEPTO DEL TIEMPO EN OCCIDENTE

El término “edad” en las personas refiere al tiempo que se vive. Esta concepción se basa en la percepción que los seres humanos tenemos sobre el ciclo de vida, la forma en que simbolizamos el tiempo y el espacio en la sociedad y en la cultura. Esta abstracción del tiempo se basa en el movimiento de los astros y los ciclos de la naturaleza, principalmente del Sol.

En Occidente, el concepto del tiempo transcurre de forma lineal, es decir en una línea recta y cada ciclo de vida tiene un comienzo y un final. Nuestra era, está enmarcada en la ideología judeocristiana y comenzó con el nacimiento de Cristo. El ciclo de vida de las personas inicia con la concepción y concluye con la muerte, sin embargo, el cómputo se inicia con el nacimiento, basado en el ciclo

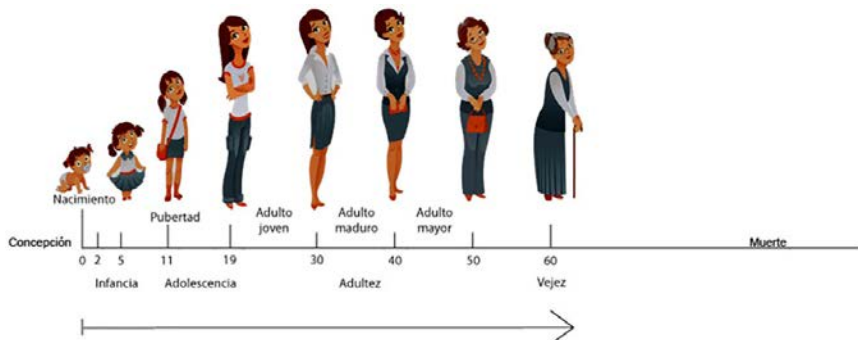


Figura 24. Modelo de la ontogenia humana en Occidente, basado en una escala temporal lineal y progresiva, que inicia y finaliza. Su registro es anual e inicia con el nacimiento y su periodo de referencia es el siglo (elaboración propia, dibujo tomado de <<http://www.aula365.com/post/etapas-vida/>>).

solar de 365 días. Con base en este ciclo, todos los seres humanos, al igual que ocurre con los seres vivos, biológicamente crecen, se desarrollan y envejecen en función de su propio ritmo, más o menos homogéneo al de sus pares, pero no igual (figura 24).

En los humanos, estos ritmos están íntimamente ligados a la herencia genética, al medio ambiente y a la cultura, sin embargo ocurren diferencias que pueden expresarse en distintos niveles: en el individuo mismo, entre individuos y entre poblaciones. Al estudio del proceso y la respuesta de estos *ritmos* de crecimiento, desarrollo y envejecimiento del ciclo vital, desde la concepción hasta la muerte, se le llama ontogenia humana y es parte del análisis de la antropología física.

La ontogenia mide y valora la evolución de la expresión biológica a partir de un método comparativo del desarrollo y el envejecimiento basado en una población conocida o de referencia y a esta medida se le conoce como *edad biológica*. Pero hay otro elemento importante, a este fenómeno de la edad usualmente se le imprime un significado y representación cultural a partir de la concepción del tiempo. Es así como se registra y computa la edad de las personas a partir de la fecha de su nacimiento: 365 días transcurridos equivalen a un año del calendario solar, o año trópico, que representan un año de edad vivida o *año civil* de nuestro calendario vigente, llamado gregoriano. A este concepto relacionado con la noción del tiempo se le denomina *edad cronológica*.

LA ONTOGENIA EN MESOAMÉRICA

La ontogenia humana también aparece inserta en la cosmogonía mesoamericana, es decir, en la forma de pensar el mundo en cuatro partes y de manera cíclica, en la que el calendario daba una vuelta cada 52 años solares y a este ciclo los nahuas llamaban *Xiuhmōpilli* que significa “atadura de años”. Imaginemos una gran rueda con dos ejes, uno vertical y otro horizontal.

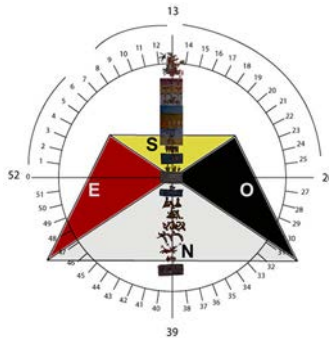


Figura 25. La ontogenia humana inserta en la cosmogonía mesoamericana, regida por los planos del mundo (folio 1v y 2r del *Códice Vaticano A*) y los rumbos del ciclo calendárico de 52 años (elaboración propia).

se cruza la Tierra con sus cuatro partes o puntos cardinales, hacia arriba el plano celeste tiene trece niveles y hacia abajo el inframundo tiene nueve: en total conforman 26 planos sobre el eje vertical. El eje horizontal incluye una trecena del lado izquierdo y otra del lado derecho, es decir 26 años solares. Entre ambos ejes se guarda una simetría cíclica y perfecta de 52 años (figura 25).

El ciclo vital, conformado de cuatro trecenas, abarca todos los planos: inicia con el nacimiento en el oriente (este), asciende hacia el mediodía y ahí se ubica la primera trecena, es decir la etapa de la pubertad a la que se conocía como la “perfecta edad” y estaba representada por el sur. Posteriormente en la segunda trecena, comienza el descenso hacia el poniente (oeste), es decir que “se va haciendo viejo” y en esta etapa podría ocurrir la muerte, en caso contrario, el ser continúa su descenso hacia el norte, representado por la tercera trecena, para resurgir por el oriente, en la cuarta trecena.

Las cualidades de estos rumbos están en constante movimiento y éste se representa con la figura *ollin* en el centro y su color es el verde. En la cosmogonía mexicana estos rumbos llevan los nombres de *tlapcopa* (este), *huizatlampa* (sur), *cihuatlampa* (oeste) y *mictlampa* (norte), mientras que en la rueda de los katunes

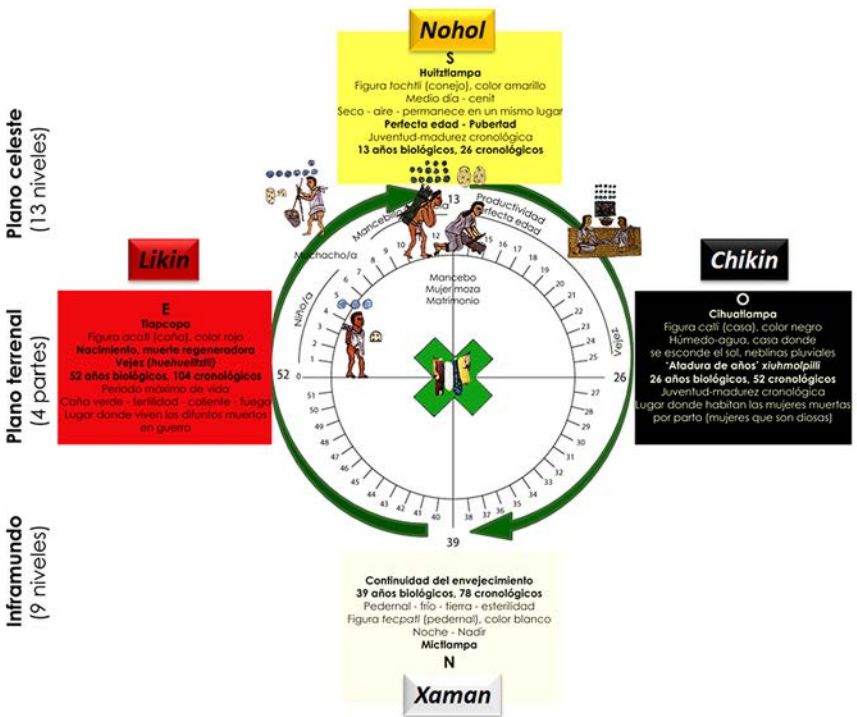


Figura 26. Cualidades de los rumbos del mundo en Mesoamérica y las etapas del ciclo ontogénico (láminas 58r, 60r y 61r del *Códice Mendocino*). En el centro la figura *ollin* que significa movimiento (elaboración propia).

de la cosmogonía maya se denominan *likin* (este), *nohol* (sur), *chikin* (oeste) y *xaman* (norte), en ambas tienen las mismas cualidades y colores (figura 26).

Es posible que el concepto de ciclo vital estuviese basado en dos ciclos de 52 años, es decir, 104 años como tiempo máximo de vida (denominado “vejez” o *Huehuelitzli* para los nahuas). La pubertad marca el inicio de la perfecta edad y sugiere el tránsito a la adultez, la cual se consolida con el matrimonio, como rito de paso hacia la vejez. La rueda calendárica incluye una compleja y perfecta relación numérica y astronómica, de acuerdo con los estudios de Aveni (2005), la cual se refleja incluso en la estructura arquitectónica, por ejemplo en los nueve niveles sobre los que descansa el templo de las inscripciones de la tumba de Pakal de Palenque que, conjuntamente con las cuatro partes del mundo, representan la bóveda celeste.

La estructura del concepto del tiempo calendárico trasciende la diversidad cultural entre las regiones de Mesoamérica, manteniendo una semejanza simbólica en la ritualidad, que puede deberse a la influencia del contacto cultural de los toltecas y los grupos del altiplano (principalmente Teotihuacán) con el mundo maya, como se observa en el *Popol Vuh*, en las descripciones de fray Diego de Landa, en los edificios arquitectónicos, en la cerámica y en el comercio, entre otros aspectos.

El eminente historiador Alfredo López Austin sostiene que en el concepto del tiempo en Mesoamérica prevalece un *núcleo duro*, es decir una idea básica sobre el tiempo cíclico aún presente en nuestros días. La formación de éste se debe, en gran parte, a la “depuración” abstracta de las vivencias sociales, concretas, cotidianas y prácticas producidas a lo largo de los siglos. Del núcleo duro depende la organización de los componentes en el sistema, el ajuste e inserción de las innovaciones y la recomposición tras la disolución o pérdida de elementos. Puede afirmarse que al menos una parte de dicho núcleo duro, arrastrada desde la época de los primeros sedentarios agrícolas mesoamericanos, resistió a la conquista, a la evangelización y a la larga vida colonial, y que se encuentra presente en los actuales pueblos indígenas como uno de los componentes vertebrales de la tradición (López Austin 2012: 6).

Todavía en nuestros días, algunas sociedades indígenas se rigen por el calendario sagrado para rituales de sanación, la agricultura y otros ámbitos de la vida cotidiana, coexistiendo con el sistema lineal del tiempo de Occidente, es decir con el calendario gregoriano.

RECAPITULANDO

El concepto del ritmo ontogenético de la biología humana, concebido desde la ciencia en Occidente, basa su registro en el calendario lineal gregoriano en concordancia con el calendario solar o trópico, por lo que cada 365 días constituyen un año de vida a partir del nacimiento. En este concepto, el ritmo ontogenético o

ciclo vital, aunque con variaciones biológicas individuales e interpoblacionales, sigue un curso más o menos homogéneo en todos los humanos, lo que no significa que deba representarse de la misma forma en todas las sociedades.

A diferencia del registro multicíclico de Mesoamérica (el Sol, la Luna, la estrella de Venus, y otros más), en Occidente se utiliza una misma forma basada en el calendario solar y trópico no sólo para el registro de cualquier acontecimiento de la vida humana, sino también para la duración temporal de otras cosas o seres, como las plantas y los animales; por ejemplo, solemos decir: “un perro normalmente vive entre 7 y 10 años, pero cada año-perro equivale a 7 años humanos, por lo que uno de 5 tendría 35 años...”, es decir que nuestro concepto del tiempo vivido se modifica adecuándose a la observación de la duración del ciclo de vida de los perros, incluso por razas.

Para estudiar la edad biológica de los esqueletos humanos de infantes y adultos usamos diferentes técnicas, desde la observación de las características de ciertas regiones de los huesos y dientes (erupción y desgaste dental, formas del crecimiento óseo, suturas craneales, carillas articulares del ilium y la sínfisis del pubis, ente otras partes), hasta mirar la estructura interna por medio de una radiografía, o su estructura celular a través de un microscopio.

Mientras que para estudiar el significado y conocer la representación de la edad cronológica es necesario utilizar métodos y técnicas complementarias, por ejemplo la consulta de archivos, códices, fuentes de primera mano, historia oral, incluso análisis de otros elementos asociados: la temporalidad de la cerámica, madera o cualquier otro objeto por medio de estudios de radiocarbono y otras técnicas novedosas.

Lilia Escorcía

Laboratorio de Antropología Forense,
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Aveni, A. F.

- 2005 *Observaciones del cielo en el México antiguo*, Fondo de Cultura Económica, México.

Escorcía, L.

- 2016 La controvertida edad de Pakal y el ciclo ontogenético en Mesoamérica, *Anales de Antropología* 50 (1): 49-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.antro.2015.10.002>

López Austin, A.

- 2012 Cosmovisión y pensamiento indígena. *Conceptos y fenómenos fundamentales de nuestro tiempo*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales. Recuperado de: <http://conceptos.sociales.unam.mx/conceptos_final/495trabajo.pdf?PHPSESSID=7205baf9993a36061288c9a50ff12277>

EL RADIOCARBONO EN LA CRONOLOGÍA DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN Mesoamérica

Ubicar temporalmente el momento en el que se dieron las innovaciones tecnológicas en Mesoamérica se resuelve empleando el método de fechamiento por Radiocarbono. A partir de la datación directa de los artefactos tecnológicos o de muestras asociadas en los contextos donde se hallan estos objetos es posible determinar el momento de su manufactura y uso. Las civilizaciones modernas sabemos así cuándo aparecieron los instrumentos y herramientas utilitarias como puntas de lanzas, hachas, entre otros y la evolución de los mismos; la domesticación de plantas y animales; la aparición de la cerámica y sus diferentes etapas y variantes; la evolución en las estructuras constructivas; la aparición y evolución de los instrumentos musicales como flautas; entre una infinidad de vestigios arqueológicos relacionados con múltiples áreas de la vida cultural del pasado.

El Laboratorio Universitario de Radiocarbono (LUR), que pertenece también al Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía de la UNAM, desde su creación, hace más de 15 años, se ha involucrado en diferentes proyectos de investigación arqueológica para establecer la cronología de los sitios estudiados, en muchas ocasiones estas cronologías tienen relación con procesos o etapas de innovación tecnológica.

Por otro lado, el quehacer del laboratorio está estrechamente vinculado con la innovación tecnológica a través de la aportación y desarrollo de nuevas metodologías de análisis para el procesamiento de nuevos tipos de muestras de matrices orgánicas; para la interpretación y tratamiento de los resultados; para la obtención de nuevos tipos de muestras, entre otras innovaciones metodológicas.

Con el método de datación por Radiocarbono o carbono 14 podemos fechar eventos y objetos de los últimos 50 mil o 60 mil años. Este método, propuesto por el científico Willard Frank Libby y su grupo de trabajo de la universidad de Chicago en EUA, surgió a finales de la década de 1940 y permitió estimar las primeras edades numéricas de artefactos y sitios arqueológicos.

En los últimos 70 años es notable el avance tecnológico de este método que ha pasado de antiguos contadores a espectrómetros de centelleo líquido y de masas con aceleradores que nos permiten determinar las concentraciones más bajas

de carbono 14 o ^{14}C que contienen las muestras analizadas con altos niveles de precisión. Esta nueva facilidad analítica ha abierto el abanico de posibilidades en cuanto al tipo de muestras que pueden ser fechadas como por ejemplo el polen, los fitolitos, pigmentos orgánicos que por encontrarse en cantidades extremadamente pequeñas no formaban parte del material con potencial para la datación. Esto ha permitido fechar muestras muy pequeñas, relacionadas directamente con contextos que involucran innovación tecnológica en la alimentación, como el polen, los granos o semillas de maíz, girasol, amaranto, calabaza, jitomate y frijol, particularmente con la domesticación de estas plantas y de animales como los perros y los guajolotes; además de que ha abierto la posibilidad, no solamente, de reajustar varias edades obtenidas por radiocarbono, sino de analizar muchas muestras de contextos excavados con anterioridad y que no habían podido ser analizadas por este método.

El método de datación por ^{14}C ha permitido establecer cronologías de las innovaciones tecnológicas en Mesoamérica relacionadas con la recolección, almacenaje, cocción y preparación de los alimentos; con la nixtamalización y con los utensilios relacionados con el proceso; innovaciones tecnológicas agrícolas relacionadas con el aprovechamiento de las plantas, con el abasto doméstico del agua o para irrigación agrícola a través del fechamiento de vestigios arqueológicos de obras hidráulicas como acueductos. Estas cronologías también consideran los procesos de transferencias tecnológicas espaciales y temporales y se generan a partir de la datación de varias muestras constituidas por micro y macro restos de origen orgánico relacionados entre sí, de un mismo o varios contextos arqueológicos. La edad radiocarbónica obtenida se correlaciona con otros datos e información de los contextos arqueológicos estudiados, para así ir dando un orden cronológico a los eventos ocurridos en el pasado.

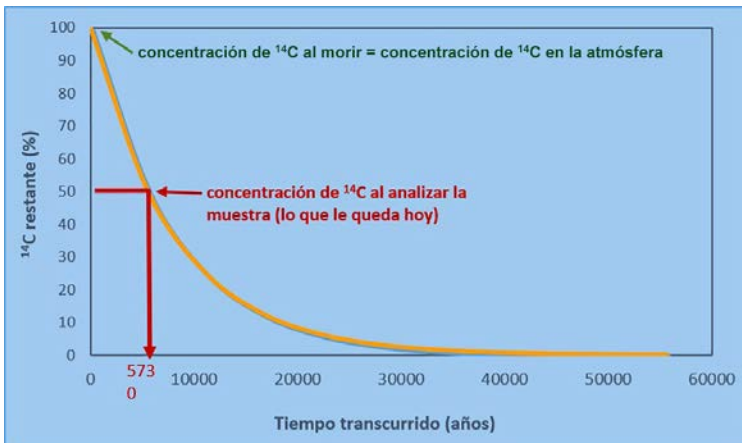


Figura 27. Gráfica del decaimiento radioactivo del ^{14}C .

Saber la edad de las muestras orgánicas mediante este método es posible porque todos los seres vivos estamos formados por millones de átomos de carbono, que existen en tres tipos diferentes: el carbono 12, el carbono 13 y el carbono 14, los cuales se asimilan a través de la fotosíntesis, en el caso de las plantas, y el resto de los organismos por la cadena alimenticia. De estos tres tipos de carbono, sólo el carbono 14 es radiactivo (se transforma espontáneamente en otro átomo no radiactivo el Nitrógeno 14, emitiendo un tipo de energía que conocemos como radiación). Mientras los organismos están vivos, la proporción de los tres tipos de átomos de carbono es constante y la misma que hay en la atmósfera. Pero, cuando los organismos mueren y cesa el intercambio de átomos de C con la atmósfera, la concentración de átomos de carbono 14 comienza a disminuir a una velocidad constante y conocida, a una tasa tal que después de 5730 ± 40 años la mitad de los átomos de ^{14}C habrán decaído (Godwin 1962). Es por ello que si logramos determinar cuánto ^{14}C le queda a una muestra que alguna vez estuvo

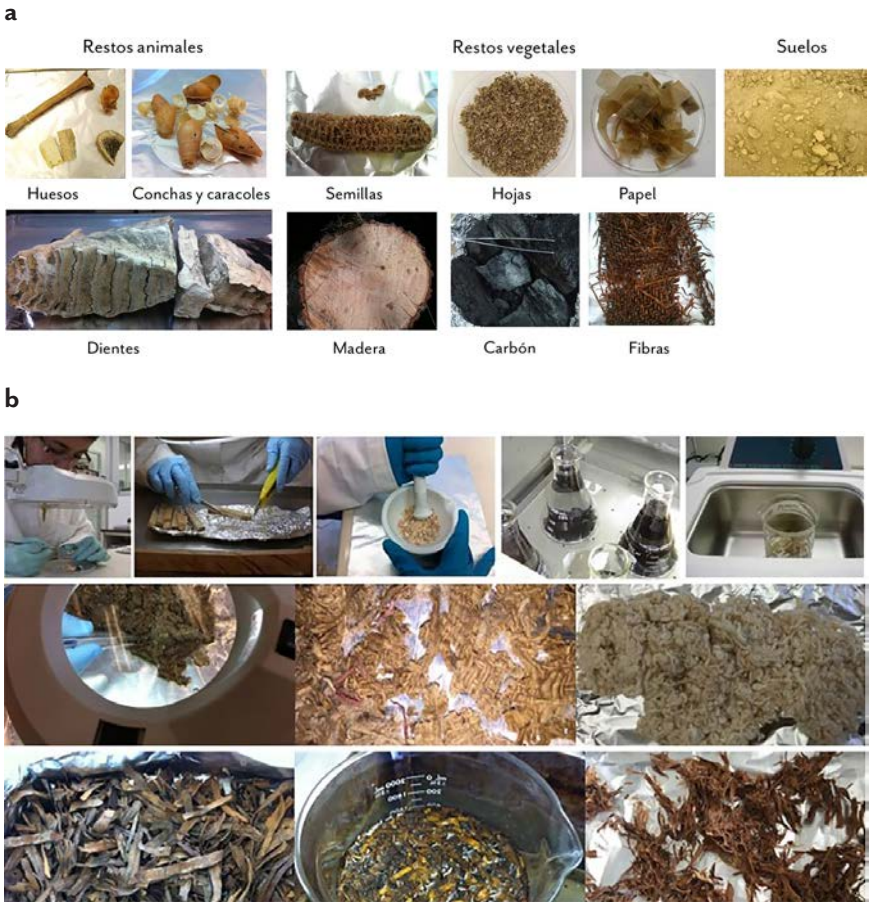


Figura 28. a) Tipos de muestras; b) Limpieza física y química de las muestras

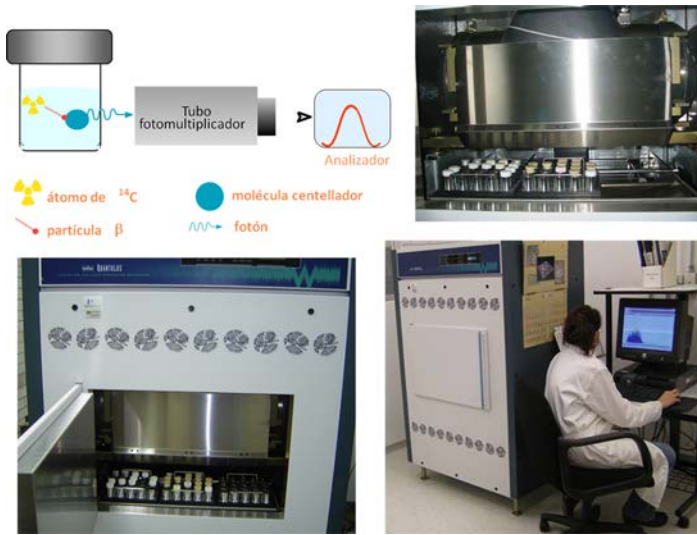


Figura 29. Espectrómetro de Centelleo Líquido Quantulus 1220.

viva, podemos saber cuánto tiempo ha transcurrido desde el evento de la muerte (figura 27).

Con el método de Radiocarbono se puede datar restos de plantas como madera no carbonizada, carbón, semillas, fibras y hojas; restos de animales como huesos, tejidos, dientes y conchas; artefactos u objetos confeccionados a partir de organismos como textiles, papel, canastos, cuero, ceras, corchos, agujas, pigmentos vegetales, entre muchos otros. Como ya mencionamos, otro requisito es que las muestras que se analicen hayan vivido dentro de los últimos 50 mil años, porque las que hayan muerto antes de este tiempo ya habrán perdido todo el ^{14}C que contenían (figura 28).

En el LUR el primer paso para estimar la edad de las muestras es eliminar cualquier tipo de material que no haya formado parte del organismo mientras estaba vivo, una vez limpia la muestra la transformamos en un líquido llamado benceno, el cual analizamos en un Espectrómetro de Centelleo Líquido para determinar su contenido de carbono 14 (figura 29). Finalmente, conociendo la cantidad de carbono 14 que tiene la muestra al analizarla, más la cantidad inicial, que es la que hay en la atmósfera y la velocidad a la que se transforma el carbono 14, podemos calcular cuánto tiempo ha pasado desde que dicho organismo murió, obteniendo con ello su edad.

Galia González Hernández, Instituto de Geofísica, UNAM, *Laura Beramendi Oroscó*, Instituto de Geología, UNAM, Laboratorio Universitario de Radiocarbono, LANGEM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Beramendi Orosco L. E., G. González Hernández, A. M. Soler Arechalde

- 2012 Cronología para Teopancazco: integración de datos arqueomagnéticos a un modelo bayesiano de radiocarbono en Linda R. Manzanilla Naim (ed.), *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopancazco en Teotihuacan*, Coordinación de la Investigación Científica y Coordinación de Humanidades, UNAM: 111-134. ISBN: 978-607-02-3605-1

Godwin, H.

- 1962 Half-life of Radiocarbon, *Nature*, 195 (4845): 984.

González Hernández, Galia, Laura Beramendi Orosco y Guillermo Acosta Ochoa

- 2017 Desenterrando el tiempo con Radiocarbono, en Agustín Ortiz Butrón (ed.), *Las ciencias aplicadas al estudio del patrimonio cultural*, Red de Ciencias Aplicadas a la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM: 199-222. ISBN: 978-607-30-0051-2.

Libby, W. F.

- 1955 *Radiocarbon Dating*, Chicago University Press, Chicago.

Taylor, R. E.

- 1987 *Radiocarbon dating. An archaeological perspective*, Academic Press, Londres.

EL JUEGO DE PELOTA, MODALIDAD ULAMA DE CADERA

CONTEXTO HISTÓRICO

Existen muchos textos sobre el origen del juego de pelota prehispánico, los objetivos, los mitos y ritos, las modalidades y fabricación de las pelotas, la vestimenta que se usaba, el tipo de canchas y los vestigios arqueológicos. El juego de pelota se practicó desde el periodo Preclásico, hasta la primera parte del siglo xv, el texto más común para conocer sobre el juego de pelota es el *Popol Vuh*. Los objetivos del juego tuvieron relación con la idea de renovación de la vida, del juego de la vida y de la muerte, de la luz y la oscuridad. La práctica del juego de pelota fue un rasgo cultural que todos los pueblos del México prehispánico compartieron. Estaba relacionado con la agricultura, la fertilidad por medio del sacrificio humano y la creación del hombre. Los vestigios arqueológicos muestran la trascendencia del juego de pelota en las culturas mesoamericanas, pues en ellos hay un número muy importante de canchas de diferentes tipos y dimensiones; hasta ahora se han registrado 1200. El juego de pelota se practicó en sus diferentes modalidades: de cadera, de brazo y de bastón o mazo. La forma de juego era la siguiente: el juego iniciaba con un servicio con la mano por parte de un equipo. La idea principal era que la pelota pasara al campo del equipo contrario, pegándole solamente con la cadera, brazo o bastón, según fuera el caso. La pelota era llamada *ulamallistli*; la materia prima para su fabricación era el látex. En la actualidad las pelotas

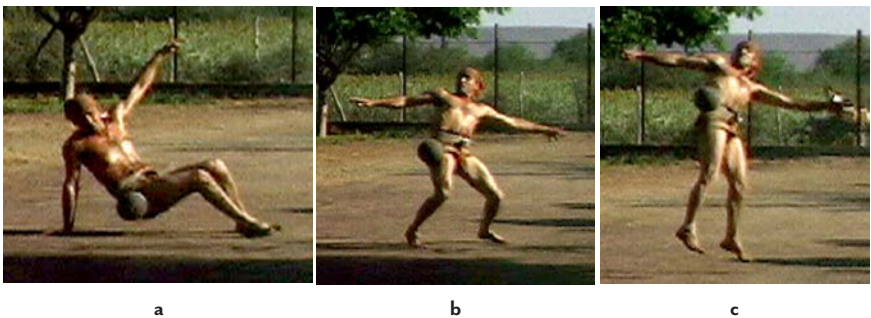


Figura 30. Elementos técnicos básicos del ulama de cadera, a) Golpe a la pelota al ras del piso, b) Golpe a la pelota con los pies en el piso, c) Golpe a la pelota con salto.

utilizadas en el *Ullama* son de diferentes pesos, de acuerdo con la modalidad del juego, de un kilo para la modalidad de brazo y de hasta cuatro kilos para la modalidad de cadera. La vestimenta del jugador ha cambiado, anteriormente usaban muchos adornos y plumaje; en el caso de la modalidad de cadera se usó zapeta de piel de venado, fajado de algodón y protectores de cuero. Actualmente en ocasiones, se usan zapatos tenis, cachuchas tipo beisbolista y pants deportivos. Hoy en día la cancha se llama “taste” y es un terreno plano que mide 10 metros de largo por 1.40 de ancho para las modalidades de antebrazo y palo y de 65 metros por 5 de ancho para la modalidad de cadera. Este deporte se juega aún, principalmente en el estado de Sinaloa, después de 3 000 años.

ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO

La fuente de información para estudiar el ulama de cadera es un video. Para el análisis se utilizó una representación del cuerpo humano de 14 segmentos corporales. Se pidió a un jugador que hiciera los movimientos o “jugadas” que los participantes ejecutan durante un juego de ulama y los movimientos se grabaron. Se identificaron básicamente tres elementos o gestos técnicos (figura 30), al golpear la pelota y regresarla al equipo contrario. Estas secuencias de movimientos dependen de cómo se aproxima la pelota para ser golpeada, esto es, a qué altura, a qué distancia y con qué velocidad. Así, las jugadas son por “arriba” o por “abajo”, como las llaman en la actualidad los jugadores. Una opción es golpear la pelota cuando se aproxima, después de botar en el piso con poca altura y velocidad (“abajo”), el golpe con la cadera es al ras del piso. Una segunda opción, cuando la pelota se aproxima alta y veloz (“arriba”), es golpear anticipándose con un impulso, saltando. Una tercera, la menos frecuente, es golpear la pelota sin despegar los pies del piso. Estos tres elementos técnicos son secuencias de movimientos con amplia posibilidad de variación en el desempeño dependiendo, como se mencionó, de una infinidad de posibilidades, del cómo se aproxima la pelota al jugador.

Estructurando los sistemas de movimiento en partes o fases, cada uno de los elementos técnicos consta de tres fases. Cada fase cumple con una tarea motora determinada para lograr el objetivo que es golpear la pelota con la cadera. La primera fase es de preparación: el cuerpo ejecuta movimientos que lo preparan para golpear aproximándose al encuentro con la pelota, colocándose a la distancia adecuada y adquiriendo la postura de golpear. La segunda fase es la principal: es la secuencia de movimientos del golpeo, es decir, del contacto de la cadera con la pelota, y la tercera fase es la de recuperación, consiste en los movimientos del cuerpo para, desde el efecto producido por el golpe hasta la posición extendida, estar listo para la próxima intervención.

La potencia del golpe depende, en gran medida, de la postura adquirida al finalizar la fase de preparación y del sistema de apoyo que se genere. Mucho tiene que ver la localización de los brazos, como en el caso del golpe al ras del piso, donde la posición del brazo, antebrazo y mano izquierdos estabilizan la postura elevando el centro de masa, e incrementan el momento de fuerza para golpear.

Cuadro 1. Tiempo de ejecución de los elementos técnicos y fases del ulama

Elemento técnico	dt [s]	Fase de preparación [s]	Fase principal [s]	Fase de recuperación [s]
Golpe a la pelota al nivel del piso	2.48	0.72	0.20	1.56
Golpe a la pelota con los pies en el piso	2.22	1.31	0.39	0.52
Golpe a la pelota con un salto	1.86	0.63	0.36	0.87

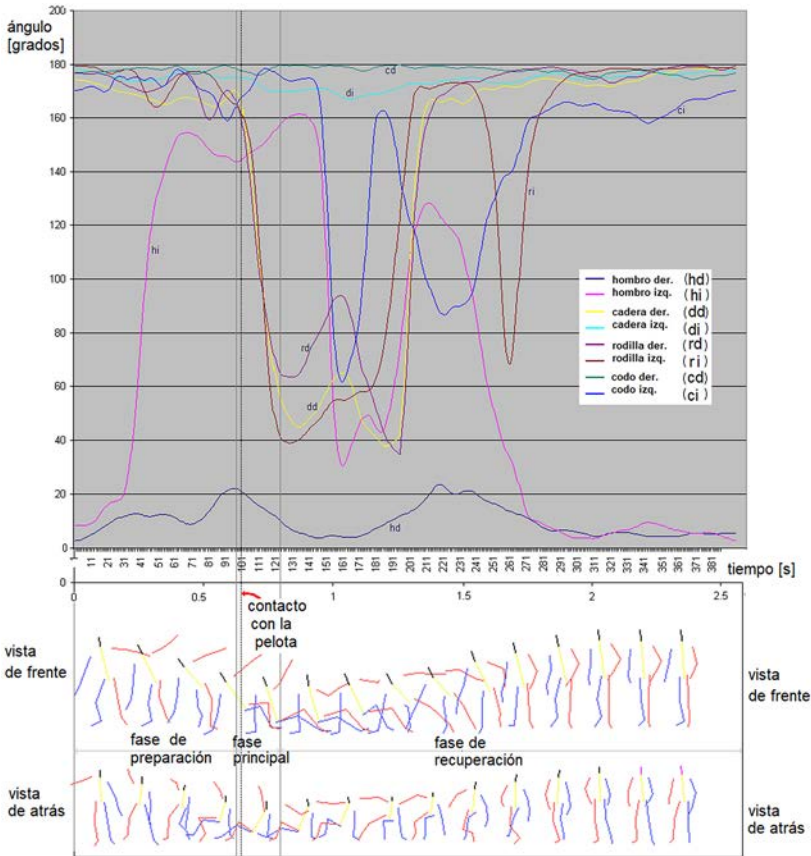


Figura 31a. Golpe a la pelota al ras del piso.

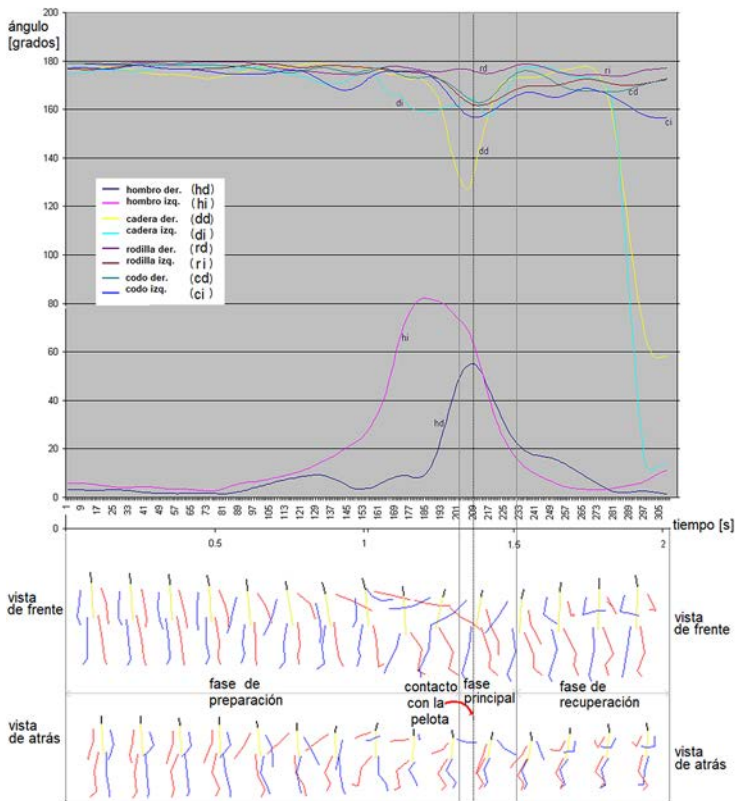


Figura 31b. Golpe a la pelota con los pies en el piso.

Como se ve en el cuadro 1, la fase principal es la de menor duración, este tiempo no depende de la dinámica del juego, no así las otras dos fases que podrían durar más o menos tiempo.

El desplazamiento de las uniones articulares: hombros, codos, caderas y rodillas es diferente en cada elemento técnico. Las gráficas siguientes indican cómo es el desplazamiento en el tiempo de ejecución, se muestran las fases y el momento del contacto de la cadera con la pelota, es decir del golpe. La representación del cuerpo humano es de 14 segmentos corporales: cabeza, tronco, brazos, antebrazos, manos, muslos, piernas y pies. Con las figuras 31a, 31b, y 31c se muestra la secuencia de los movimientos vista de frente y de atrás.

Como se puede ver en las gráficas, el elemento técnico de mayor rango de movimiento es el golpe a la pelota al ras del piso, el segundo es el salto y el de menor rango es el golpe con los pies en el piso. La respuesta al ras del piso implica un mayor esfuerzo del jugador, ir al piso y levantarse, generalmente ejecutando las tres fases con velocidad. Las gráficas comparativas indican los rangos de amplitud de las uniones articulares.

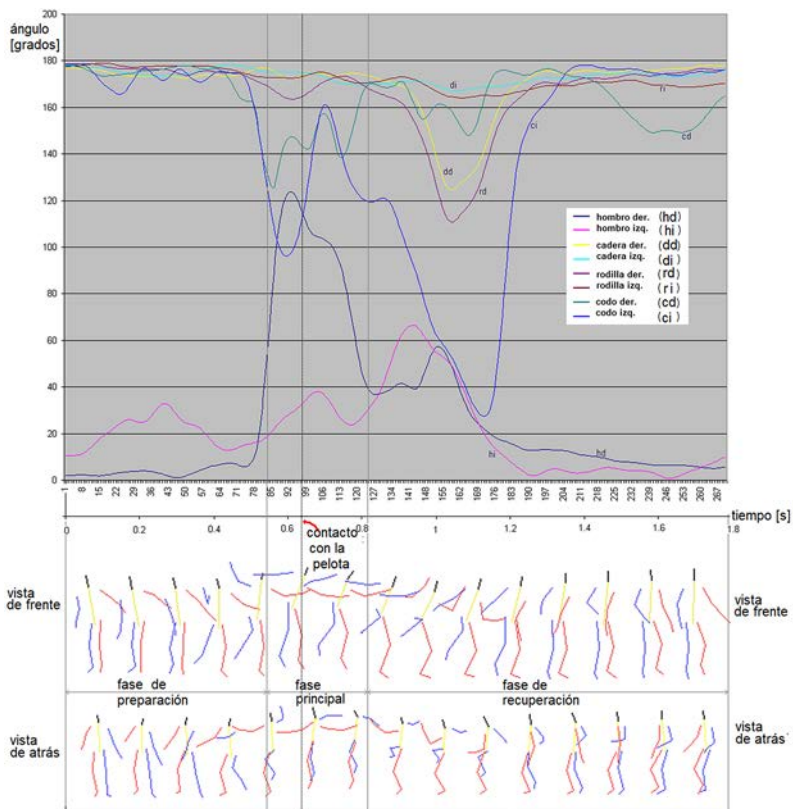


Figura 31c. Golpe a la pelota con un salto.

Matilde Espinosa Sánchez

Laboratorio de Biomecánica Deportiva,

Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Espinosa, M.

2005 Estudio de los movimientos del cuerpo en la práctica del juego de pelota, modalidad ulama de cadera, *Estudios de Antropología Biológica* (XII) 1: 473-493.

Lange, Y.

1990 Ullama, en peligro de extinción, *Revista México Desconocido*, 162 (XIII): 23-27.

1992 La pelota mixteca, *Revista México Desconocido*, 185, (XVI): 25-29.

Rochin, R.

1986 Director de la película: *Ulama. El juego de la vida y la muerte*.

TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN ARQUEOLOGÍA

En las primeras décadas del siglo xx, O. G. S. Crawford, arqueólogo británico, se dio cuenta de que, al analizar fotografías aéreas, era posible identificar alteraciones en el entorno provocadas por el hombre. Crawford, se puede argumentar, fue el padre de una revolución en arqueología para la identificación de restos de sociedades del pasado: la aplicación de fotogrametría interpretativa o arqueología aérea. A partir de marcas de suelo, crecimiento diferencial de vegetación, rasgos geométricos y marcas de sombras fue posible identificar sitios arqueológicos que era difícil de registrar u observar en el terreno (figura 32).

Esta metodología abrió una nueva perspectiva en el campo de la investigación arqueológica y se volvió una técnica para la planeación y registro de evidencias de actividades humanas del pasado en los proyectos arqueológicos, sobre todo aquellos con una perspectiva regional. Las investigaciones llevadas a cabo por Gordon Willey en el Valle del Virú en Perú; William Sanders y su equipo en la cuenca de México; Kowalesky y Feinman en el valle de Oaxaca, son sólo algunos de los ejemplos en los cuales se aplicó de manera intensiva la arqueología aérea en el contexto de investigaciones regionales.

FORGOTTEN FIELDS REVEALED BY THE CAMERA

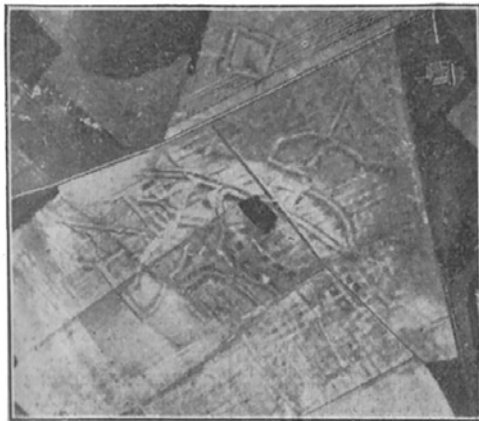


Figura 32. Campos de cultivo ubicados por Crawford con fotografía aérea.

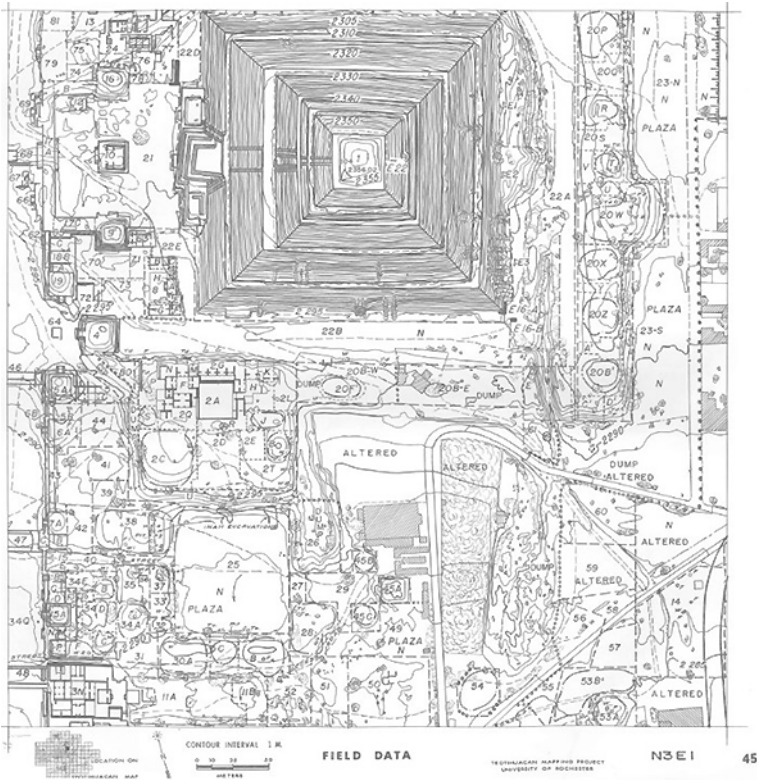


Figura 33. Mapa de la Pirámide del Sol de René Millon.

Sin embargo, el uso de la fotografía aérea en un proyecto no se remite sólo a la interpretación. A partir de fotogramas que compartan por lo menos entre 55% y 65% de la imagen del terreno, se puede reconstruir la estructura tridimensional de lo fotografiado. La fotogrametría métrica es una tecnología diseñada por las agencias gubernamentales para la elaboración de cartografía. Su utilización requiere de avionetas, cámaras y aparatos especializados para convertir las imágenes en mapas. Uno de los mejores ejemplos del uso de estos recursos en arqueología fue el proyecto *Teotihuacan Mapping Project* de René Millon, el cual produjo un mapa de toda la ciudad prehispánica, con un nivel de detalle que no se tenía con anterioridad (figura 33).

Otro uso de imágenes se relaciona con la información registrada por sensores remotos, como satélites o radares, que nos brindan la posibilidad de extender el rango de visión del ser humano al utilizar imágenes que registran energía que es imperceptible, esto nos permite analizar alteraciones en el entorno. Sin embargo, la adquisición de esta tecnología y el procesamiento de datos son costosos, lo que limita su uso.



Figura 34. Exacóptero con cámara digital montada.

Una segunda revolución involucró la posibilidad de utilizar vehículos aéreos no tripulados (VANT) con cámaras aéreas, así como la automatización en el proceso de adquisición de las imágenes y el desarrollo informático facilitó su procesamiento (figura 34). En sentido estricto, el uso de drones o VANT para propósitos de elaboración de mapas, parte de los mismos principios de la fotogrametría métrica tradicional. Se necesitan fotografías de alta resolución con un alto grado de traslape. Asimismo es necesario tener puntos de control terrestre cuyas coordenadas X, Y y Z (altura), sean precisas (figura 35). Esta información permite reconstruir la estructura tridimensional del terreno o un objeto de manera exacta.

Para poder obtener imágenes con las características mencionadas se utilizan aplicaciones para controlar el VANT, que pueden ser ejecutadas en una computadora, un teléfono celular o una tableta. Estos programas controlan la altura de vuelo, el porcentaje de traslape entre las tomas, el ángulo de la cámara, el área que se desea sobrevolar y la ruta de vuelo (figura 36).



Figura 35. Puntos de control terrestre para el levantamiento de la pirámide de Cuicuilco.



Figura 36. Parámetros para automatización del vuelo de un dron en Pix4d capture.

La información obtenida se procesa en programas especiales de cómputo con la tecnología “estructura a partir del movimiento” (*Structure from Motion*, o SFM por sus siglas en inglés). Estos programas son capaces de reconstruir la estructura tridimensional del terreno o un objeto a partir de las imágenes recopiladas. Los productos obtenidos son modelos digitales de elevación, modelos tridimensionales, ortofotografías etc.

La información generada se procesa posteriormente en Sistemas de Información Geográfica con el objetivo de obtener visualizaciones que hagan más evidentes los rasgos culturales, tales como, modelos de sombreado digital, modelos de pendientes (figura 37, 38, 39 y 40).

Otra ventaja del uso de drones o VANT es la posibilidad de montar sensores infrarrojos y térmicos, lo que nos permite obtener fotografías de alta resolución en las que se pueden detectar diferencias en el crecimiento de vegetación, calor residual y, a través de ello, posibles alteraciones humanas en el entorno. Antes sólo era posible obtener con un satélite este tipo de imágenes.

LA NUEVA REVOLUCIÓN

Arlene y Diane Chaze pueden ser consideradas, al igual que O. G. S. Crawford, pioneras de una revolución en arqueología. En 2009 realizaron un vuelo para obtener datos LiDAR del sitio el Caracol en Belice. A partir de esta información obtuvieron un modelo que muestra la estructura urbana de este importante asentamiento con una multiplicidad de estructuras que no habían sido registradas anteriormente.

LiDAR o *Light Detection and Ranging* es un sensor que puede emitir miles de pulsos de energía laser por segundo. Cuando alguno de estos pulsos choca



Figura 37. Imagen infrarroja de la pirámide de Cuicuilco.



Figura 38. Modelo de sombreado digital de la pirámide de Cuicuilco.

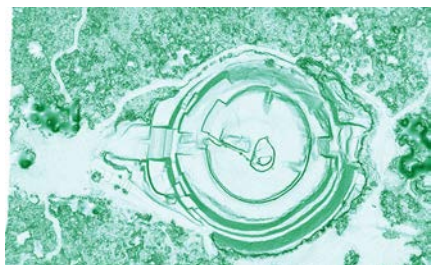


Figura 39. Modelo de pendientes de la pirámide de Cuicuilco.



Figura 40. Red Relief Image Map de la pirámide de Cuicuilco.

con un objeto regresa al sensor y se registran sus coordenadas X, Y, Z. El sensor puede ser montado en satélites, avionetas, helicópteros y ahora en vehículos aéreos no tripulados. El pulso es capaz de pasar por los huecos entre las hojas y las ramas para llegar hasta el suelo. Esto lo convierte en una herramienta invaluable para la investigación arqueológica, sobre todo en áreas con una cubierta vegetal densa, como el área maya, la costa del Pacífico y el sureste asiático.

El producto inicial del sensor es una nube de puntos. Ésta se procesa con programas de cómputo especiales para poder diferenciar vegetación, construcciones y terreno (figura 41). La información se filtra posteriormente para generar modelos y visualizaciones que permitan identificar rasgos culturales relevantes para el proyecto de investigación (figura 42). Uno de los más comunes es el Modelo Digital de Terreno, en el cual quedan registradas las modificaciones culturales como pirámides, plataformas, infraestructura para captación de agua, infraestructura agrícola, infraestructura para defensa, caminos, casas, etcétera. También se experimenta con métodos de visualización para enfatizar rasgos que pueden servir para análisis posteriores, tales como sombreados digitales, modelos de pendientes o el llamado *Red Relief Image Map* (figura 43).

La importancia de los métodos de tratamiento de la información LiDAR radica en el hecho de que la imagen final es un modelo que refleja la historia

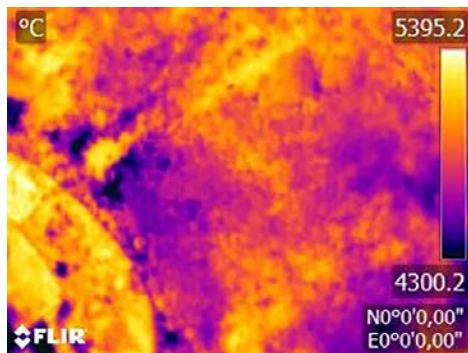


Figura 41. Imagen de calor residual de un segmento de la pirámide de Cuicuilco.

ocupacional de la región bajo estudio, la estructura política de sus pobladores, los problemas a los que se enfrentaron para su subsistencia y la infraestructura para comunicación. De esta manera, la información generada por la tecnología LiDAR se puede vincular con una variedad de problemas de investigación en arqueología que pueden ser abordados en menor tiempo que con técnicas tradicionales de campo (figura 44).

La investigación arqueológica, como hemos tratado de mostrar, se ha nutrido y se nutre de avances en otras ciencias, en nuestro caso la ingeniería y la geografía. Estos avances permiten tener un cuerpo de información más robusto para las interpretaciones que podamos hacer de nuestro objeto de estudio, las sociedades del pasado.



Figura 42. Perfil de nube de puntos LiDAR clasificada.



Figura 43. Perfil de nube de puntos LiDAR filtrada.

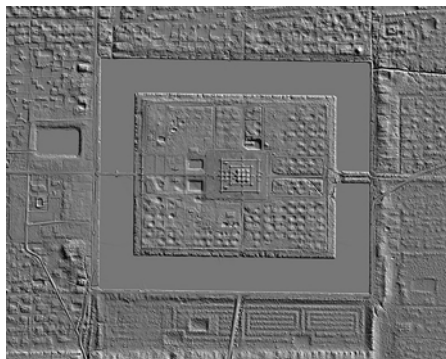


Figura 44. Modelo digital de elevación derivado de datos LiDAR de Angkor Wat, Camboya.

Gerardo Jiménez Delgado y Javier López Mejía

Laboratorio de Análisis Espacial y Digital, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Acosta, G., E. McClung, G. Jiménez y V. H. García

2018 El empleo de fotogrametría mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT/dron) como herramienta de evaluación del patrimonio en riesgo: chinampas arqueológicas de Xochimilco, *Revista Española de Antropología Americana* 47(0). DOI:10.5209/REAA.61978.

Canuto, M. A., F. Estrada-Belli, T. G. Garrison, S. D. Houston, M. J. Acuña, M. Kováč, D. Marken, P. Nondédéo, L. Auld-Thomas, C. Castanet, D. Chatelain, C. R. Chiriboga, T. Drápela, T. Lieskovský, A. Tokovinine, A. Velásquez, J. C. Fernández-Díaz, y R. Shrestha

2018 Ancient lowland Maya complexity as revealed by airborne laser scanning of northern Guatemala, *Science* 361(6409): eaau0137. DOI: 10.1126/science.aau0137.

Carter, E., R. L. Shrestha y J. C. Fernández-Díaz

2019 Estimating ancient populations by aerial survey, *American Scientist* 107 (1): 30-37.

Chase, A. F., D. Z. Chase, J. J. Awe, J. F. Weishampel, G. Iannone, H. Moyes, J. Yaeger, y M. K. Brown

2014 The Use of LiDAR in Understanding the Ancient Maya Landscape: Caracol and Western Belize, *Advances in Archaeological Practice* 2 (3): 208-221. DOI:10.7183/2326-3768.2.3.208.

Crawford, O. G. S.

1928 *Wessex From The Air*, Clarendon Press, Oxford.

Fernández-Díaz, J., W. Carter, R. Shrestha, y C. Glennie

2014 Now You See It... Now You Don't: Understanding Airborne Mapping LiDAR Collection and Data Product Generation for Archaeological Research in Mesoamerica, *Remote Sensing* 6 (10): 9951-10001. DOI:10.3390/rs6109951.

LOS MEDIOS AUDIOVISUALES COMO RECURSO INNOVADOR PARA LA INVESTIGACIÓN ANTROPOLÓGICA Y EL REGISTRO ETNOGRÁFICO EN EL TRABAJO DE CAMPO

En el Laboratorio de Antropología Visual del IIA-UNAM se generan documentales antropológicos a partir de los proyectos de investigación. Para ello se deben considerar algunas contribuciones tanto de la antropología como del cine, con un sentido ético para estudiar al hombre y su diversidad cultural (figura 45).

Esta perspectiva considera los medios audiovisuales como un recurso innovador y de gran potencial para la investigación antropológica y el registro etnográfico en el trabajo de campo. El objetivo del Laboratorio de Antropología Visual es fortalecer los distintos campos del conocimiento antropológico e incorporar a la construcción del documental las aportaciones del estudio de la imagen al mismo tiempo que se explican los fenómenos culturales. La antropología visual puede ser útil en el estudio de la diversidad ecológica y cultural, de sus problemas y conflictos; de los procesos de formación de identidades que



Figura 45. Mercado de Santiago Juchtlahuaca Oaxaca, mujer tejedora cultura triqui (fotografía Alejandro López Hernández).

existen en las poblaciones humanas; de los usos y costumbres y el conocimiento tradicional; de los fenómenos de migración; de la manera en la que se comunican los individuos dentro de sus poblaciones; de las evidencias dejadas por sus antepasados remotos y su interpretación; y de muchos temas más.

Siendo así, la imagen puede ser un dato acerca de la cultura y una manera de entender y explicar fenómenos sociales en una investigación. De esta manera, el análisis del dato audiovisual constituye un documento etnográfico portador de información sobre la cultura y acerca de la mirada del “otro”. Algunas de las interrogantes que nos planteamos surgen de las siguientes preguntas: ¿cómo miramos? y ¿cómo interpretamos lo que miramos? Ciertamente, el antropólogo como investigador se acerca al “otro” culturalmente diferente y se pregunta ¿qué mirar? y ¿qué es lo que quiere mostrar? Son preguntas iniciales que suponen cuestiones de orden ético-estético sobre la forma de percibir “al otro” y “la otra realidad” cultural.

Por todo lo anterior, el documental se convierte en un testimonio y también es una manera accesible de llegar a todo el público, por medio de formatos electrónicos y redes sociales, para contar lo que ocurre en una cultura. Cuando se conjuntan todos estos recursos, se incorporan distintos niveles de análisis para interpretar una realidad particular. En el laboratorio nos proponemos delimitar una perspectiva de proyectos individuales y colectivos que incorporen las aportaciones de los distintos campos de la antropología; la antropología social, la antropología física, la lingüística y la arqueología. Para ello, destacamos la importancia de considerar la modalidad participativa y colaborativa en la realización del documental como metodología de trabajo. Dicha modalidad supone el desarrollo de estrategias que favorezcan la intervención y el aporte de los sujetos involucrados en las prácticas de registro. Esto es así, porque los documentales constituyen “un lugar” de encuentro entre realizadores e integrantes de la comunidad. Es un medio propicio para el intercambio de conocimientos, el cruce de miradas en la relación sujeto-objeto-realizador.

La antropología visual junto con la etnografía y el cine son más que una técnica de recolección de datos para la descripción de las formas de vida de un grupo humano; presupone un primer acercamiento del investigador solo. El registro visual y entrevistas debe hacerse en equipo, durante un año o más, de tal manera que pueda llegar a una comprensión “desde dentro” de la cultura (figura 46).

La presencia de los medios de comunicación masiva, predominantemente audiovisuales (la fotografía, el cine y la televisión), han cambiado la manera de pensar y mirar a los seres humanos. Aquellos mundos que se descubrían e imaginaban en las monografías, en los dibujos y en las páginas de los libros, ahora tienen referentes concretos. Desde la comodidad de la casa, de una sala cinematográfica o de un monitor de computadora, podemos observar el comportamiento de pueblos muy distantes o muy cercanos a nosotros. Para la antro-

pología, los medios de producción de imágenes se han convertido en verdaderas herramientas para la observación de fenómenos culturales, porque permiten la generación y organización de archivos y documentos perdurables que pueden servir para el conocimiento y análisis posterior al trabajo de campo. También por la posibilidad de difundir con estos medios el conocimiento. Las imágenes son productos culturales que como tales deben estudiarse para comprender el comportamiento humano. Una mayor comprensión de la teoría de la imagen beneficiaría a los antropólogos que emprendieran la experiencia de registrar sus estudios con las herramientas audiovisuales; asimismo, el desarrollo tecnológico sugiere el acercamiento transdisciplinario como un complemento sumamente enriquecedor que gravita en torno a la antropología visual.

El Laboratorio de Antropología Audiovisual es un proyecto pensado para desarrollarse a corto, mediano y largo plazo, en diferentes niveles y etapas.

Un ejemplo de lo que se hace dentro del laboratorio es el documental etnográfico sobre la miel de la abeja Melipona, ésta es muy antigua, existe desde antes de la llegada de los humanos a México. Para llevar a cabo este documental fue necesario viajar muchas veces a la región de Cuetzalan, Puebla, a las poblaciones nahuas y totonacas para hacer trabajo de campo y contactar a los pobladores que se dedican a la meliponicultura. Durante más de tres años registramos visualmente la manera en la que la gente de esta población obtenía la miel de unas ollitas embrocadas. Con la información recabada descubrimos que esta miel es muy benéfica para tratar muchas enfermedades infecciosas de la piel y de los ojos, ya que contiene una gran diversidad de polen y néctar de flores medicinales de la región. Su apariencia es líquida de color amarillo y su sabor muy dulce y delicioso. También hemos encontrado que esta especie es muy importante para este ecosistema ya que poliniza y favorece la fertilización y la formación de frutos y semillas; de ello depende parte de la producción alimenticia y la biodiversidad de esta región (figura 47).



Figura 46. Mercado de los jueves de Santiago Juxtlahuaca, Oaxaca, mujeres con sus trajes tradicionales de la cultura triqui (fotografía Alejandro López Hernández).



Figura 47. Apicultor de la comunidad de Xiloxochico, Puebla.

En el laboratorio somos responsables al usar las imágenes que tomamos de las poblaciones indígenas, ya que una imagen fuera del discurso o contexto puede acarrear problemas tanto a la institución como a las personas que aparecen en ellos, por ello antes de grabar o realizar tomas fotográficas comentamos junto con los pobladores sobre la importancia de su participación en la producción de la documentación visual.

Mario Alberto Castillo Hernández y Alejandro López Hernández

Laboratorio de Antropología Visual, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Ardèvol, E.

1997 *Representación y cine etnográfico*, Quaderns de l'ICA, 10, Barcelona.

Ardèvol, E. y Pérez-Tolón

1995 *Imagen y cultura; perspectivas del cine etnográfico*, Biblioteca de Etnología núm. 3, Diputación Prov. de Granada.

Barnouw, E.

1998 *El documental. Historia y estilos*, Barcelona, Gedisa.

Nichols, B.

1997 *La representación social de la realidad. Cuestiones y conceptos sobre el documental*, Barcelona, Paidós.

Prelorán, J.

2006 *El cine etnobiográfico*, Buenos Aires, Catálogos.

LA INNOVACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA Y LA PERCEPCIÓN REMOTA EN LA ARQUEOLOGÍA

La actual base metodológica para el estudio de sitios arqueológicos del Laboratorio de Prospección Arqueológica del IIA-UNAM (Barba 1984, 1989), incorpora a la ya existente, herramientas modernas para el análisis digital de imágenes de satélite –percepción remota–; prospección geofísica con alta resolución y con resistencia electrostática. Existe una amplia variedad de técnicas geofísicas que podrían aplicarse a distintos problemas arqueológicos, sin embargo, se debe considerar la aplicabilidad de cada método y la relación con la investigación arqueológica. El punto de partida de muchos proyectos geo-arqueológicos implica el intercambio de puntos de vista entre arqueólogos, geofísicos y otros especialistas, para establecer objetivos y un adecuado diseño de la investigación.

METODOLOGÍA DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA PARA ESTUDIOS ARQUEOLÓGICOS

La prospección geofísica es el conjunto de técnicas que miden sobre la superficie del terreno alguna propiedad física de los materiales del subsuelo. Casi todas estas innovadoras técnicas usadas en aplicaciones arqueológicas han sido adaptadas de la geofísica de exploración de gran escala y en algunos casos han sido modificadas radicalmente. Muchas se han probado y modificado para la escala arqueológica, sin embargo, sólo unas pocas han tenido éxito, destacando el gradiente magnético, algunas configuraciones eléctricas y el georradar que ofrecen resultados inmediatos y confiables. Adicionalmente, la percepción remota con imágenes multiespectrales es una técnica innovadora para el estudio arqueológico.

Al utilizar estas técnicas en la arqueología se pueden investigar áreas en menos tiempo y a menor costo que usando los métodos tradicionales de excavación, además no perturban el medio ni destruyen el contexto arqueológico. Hay que mencionar que una sola técnica no sirve para registrar todas las características de los elementos enterrados, por lo que es recomendable seleccionar la más adecuada para las características del suelo y las de los restos arqueológicos, o bien, hacer una combinación de técnicas de acuerdo con los objetivos de la investigación.

Las técnicas geofísicas registran indirectamente materiales con propiedades físicas que difieren de las de su entorno y éstas pueden ser de origen natural o cultural. Con estas técnicas se puede detectar anomalías que frecuentemente corresponden a restos culturales. Si la anomalía detectada está relacionada con una característica arqueológica o geológica, se verifica aplicando otra técnica de prospección o bien mediante una excavación arqueológica directa.

PROSPECCIÓN CON GRADIENTE MAGNÉTICO

Este método aprovecha la capacidad de un tipo de instrumentos para medir pequeñas variaciones del campo magnético terrestre asociadas con estructuras arqueológicas enterradas. Los magnetómetros y gradiómetros son particularmente eficientes para detectar zonas quemadas, como hornos, chimeneas y fogones; asimismo pueden detectar muros, fosas y trincheras. Su principal ventaja es que cubre grandes extensiones de terreno en corto tiempo. Por otra parte, el procesamiento de los datos no es muy complejo, por lo que se puede obtener resultados casi inmediatos una vez que termina la colecta de los datos.

La prospección magnética se basa en el contenido de pequeñas cantidades de minerales como magnetita, ilmenita, óxidos de hierro, cobalto y níquel en los materiales. La magnetización de estos minerales puede ser débil o fuerte (Blancas 2012).

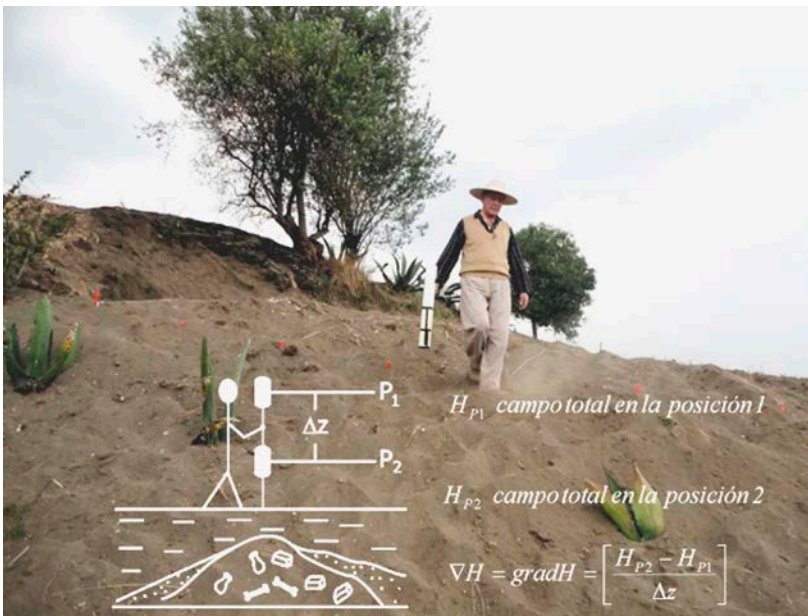


Figura 48. Obtención del gradiente de campo magnético sobre la superficie. (Proyecto para la localización y recuperación de restos óseos de mamut en Santa Ana Tlacotenco).

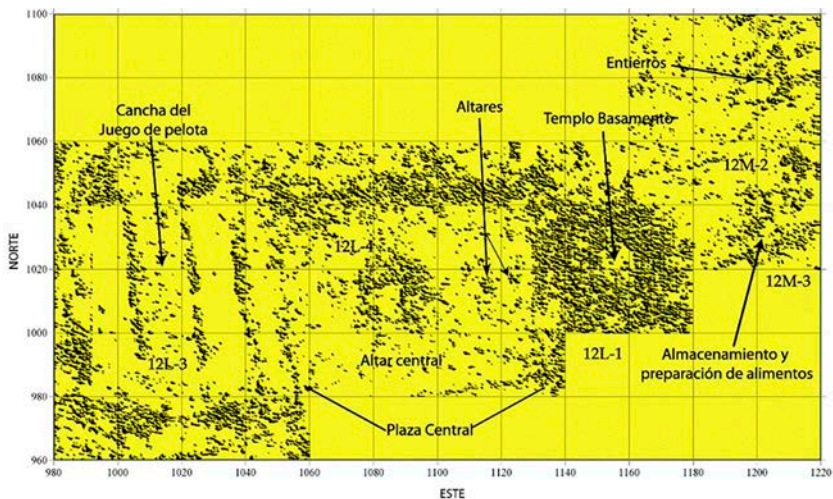


Figura 49. Mapa de gradiente magnético que muestra la arquitectura enterrada en La Laguna, Tlaxcala (Blancas 2012).

Para la medición del gradiente magnético se utiliza el gradiómetro, su funcionamiento es equivalente al de un magnetómetro diferencial. El espaciamiento entre los sensores es fijo y pequeño con respecto a las fuentes generadoras de campos magnéticos (por ejemplo, estructuras de roca). La diferencia de los campos dividida por la distancia entre los sensores es el gradiente asignado al punto medio del espaciamiento entre ellos (figuras 48 y 49).

PROSPECCIÓN CON GEORRADAR

La capacidad que tiene esta técnica de prospección para “ver” lo que hay por debajo de la superficie a distintas profundidades la hace de gran interés para la investigación arqueológica, así como para planear estrategias de excavación a partir de la información geofísica. Como consecuencia de esto, el georradar ha sido muy usado en la investigación arqueológica durante los últimos 25 años, en particular; en México esta técnica se ha desarrollado ampliamente durante los últimos 20 años en el Laboratorio de Prospección Arqueológica de la UNAM. La ventaja principal del georradar es que ofrece secciones transversales del subsuelo que, plasmadas sistemáticamente en una retícula (*grid*) aportan imágenes tridimensionales de un sitio enterrado. El resultado es una serie de planos a distintas profundidades llamados cortes de profundidad, similares a una tomografía del subsuelo.

El georradar o radar de penetración terrestre (*ground penetrating radar, GPR*) es una técnica geofísica activa, utiliza ondas electromagnéticas de radiofrecuen-

cia del orden de 10 a 2600 MHz, y las dirige al interior del subsuelo, registrando las ondas reflejadas y construyendo una imagen bidimensional en tiempo o profundidad de los distintos objetos enterrados (Blancas 2000, 2012).

Esta técnica es particularmente útil para detectar construcciones de roca y en menor medida las de adobe, también cuando se requiere conocer la profundidad de las estructuras constructivas; el georradar es más eficiente cuando hay buen contraste dieléctrico entre el objeto de interés y su entorno (figura 50).

PROSPECCIÓN ELÉCTRICA

Este método se basa en la medición de la resistencia al flujo de corrientes eléctricas que son introducidas al subsuelo. Entre las técnicas geofísicas se considera a ésta como activa, debido a que emplea una fuente eléctrica artificial para inyectar corriente al terreno. Generalmente se registran lecturas de alta resistencia en lugares con cimientos y muros de roca, pero en zanjas con sedimentos más húmedos que su entorno las lecturas son de baja resistencia. Registrando zonas

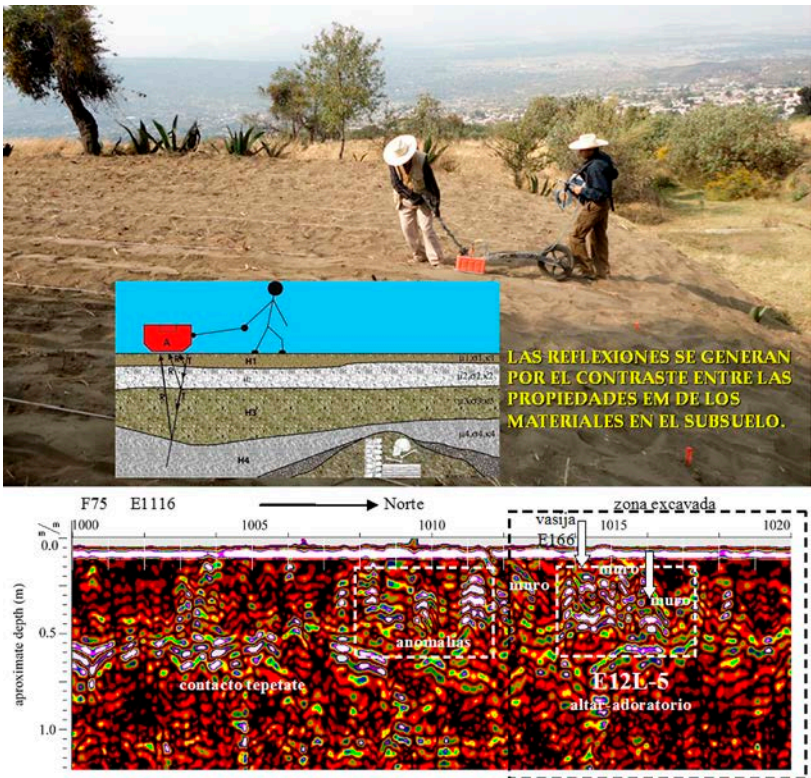


Figura 50. Levantamiento con georradar y radargrama interpretado geo-arqueológicamente (Proyecto para la localización y recuperación de restos óseos de mamut en Sana Ana Tlacotenco).

con alta y baja resistividad es posible identificar, por ejemplo, la disposición y tamaño de estructuras constructivas o los límites de una zanja.

Un arreglo empleado principalmente para estudios arqueológicos superficiales es el polo-polo o gemelos (*twin-probe*) –innovado y desarrollado ampliamente en la Universidad de Bradford, Inglaterra– tiene muchas ventajas con respecto a otros debido a su simplicidad, portabilidad y resolución espacial, ofrece respuestas con un simple pico en vez de complicadas respuestas múltiples difíciles de interpretar (figura 51). El resultado es una configuración de valores de resistividad aparente en un mapa con una profundidad relativamente constante (0.5, 1, 2 metros) (figura 52).

TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

Otra modalidad innovadora para obtener la distribución de la resistividad en el subsuelo es la tomografía eléctrica, que es una técnica multielectrónica cuya geometría básica es análoga a los dispositivos de resistividad convencionales. Con esta técnica se realizan gran cantidad de mediciones en forma horizontal y vertical, obteniéndose secciones 2D de gran resolución e imágenes 3D de la resistividad eléctrica del subsuelo.

Se utiliza para localizar variaciones de resistividad lateral y vertical a lo largo de un perfil. El barrido lateral resulta óptimo cuando se busca objetos y rasgos particulares que contrasten con la resistividad de los materiales que los rodean.

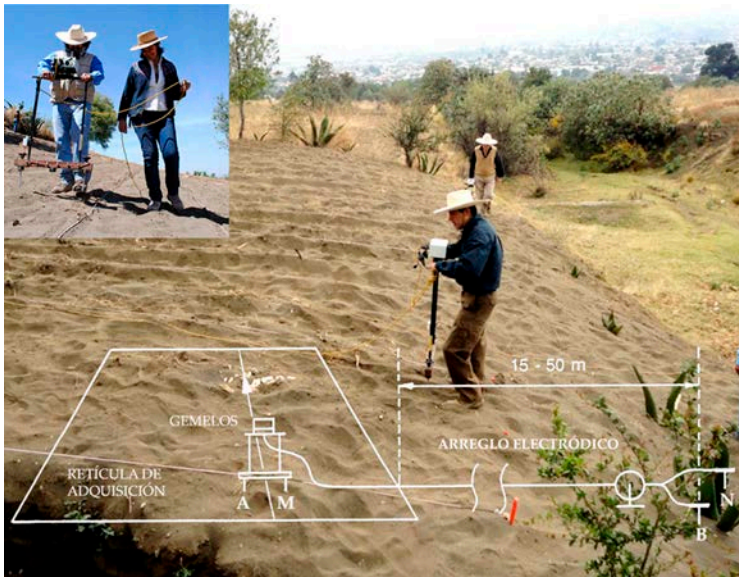


Figura 51. Levantamiento de datos eléctricos con arreglo polo-polo (Proyecto para la localización y recuperación de restos óseos de mamut en Santa Ana Tlacotenco).

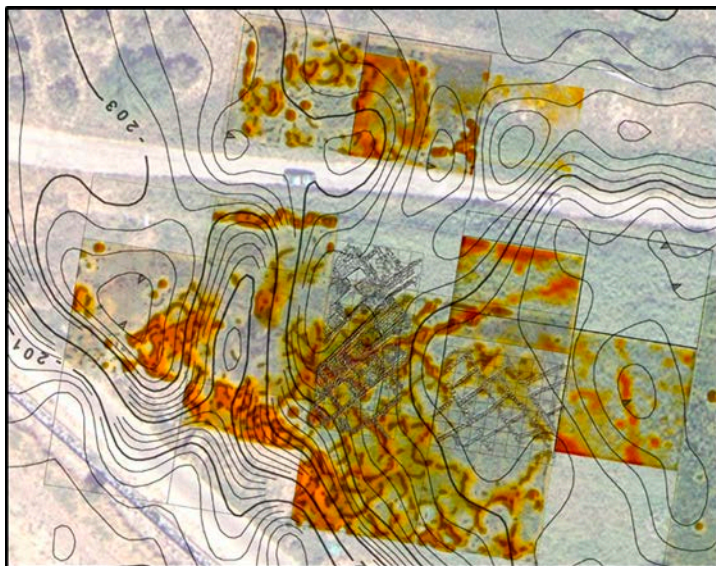


Figura 52. Mapa eléctrico de un asentamiento enterrado con elementos constructivos de roca y tierra (Proyecto Magdala, Israel).

Este procedimiento resulta ideal para localizar vestigios arqueológicos, diques, fracturas, y también restos paleontológicos. Los datos obtenidos mediante la resistividad aparente en cada medición se grafican en lo que se conoce como una pseudosección. Posteriormente, con programas de inversión de datos se puede obtener la sección eléctrica con resistividades y profundidades verdaderas. Las secciones de isoresistividad representan en escala de color la distribución de las resistividades en el subsuelo (figura 53). A partir de los perfiles de isoresistividad, además de anomalías arqueológicas y paleontológicas, también se interpreta material diverso asociado con horizontes de suelo y rocas.

RESISTENCIA ELECTROSTÁTICA

Aunque las técnicas eléctricas tradicionales como polo-polo o la tomografía eléctrica han funcionado relativamente bien en el Laboratorio de Prospección Arqueológica, existe otra tecnología innovadora utilizada para terrenos de alta resistividad (camino pavimentados, suelos arenosos, geología y suelos resistentes) llamado de resistencia electrostática, la cual consiste en un medidor de resistividad por acoplamiento capacitivo, que mide las propiedades eléctricas de las rocas y suelos sin el uso de electrodos galvánicos, usados en levantamientos de resistividad tradicionales. Una persona o un vehículo ligero todo terreno arrastra un cable coaxial con arreglo simple de secciones con transmisor y receptor a

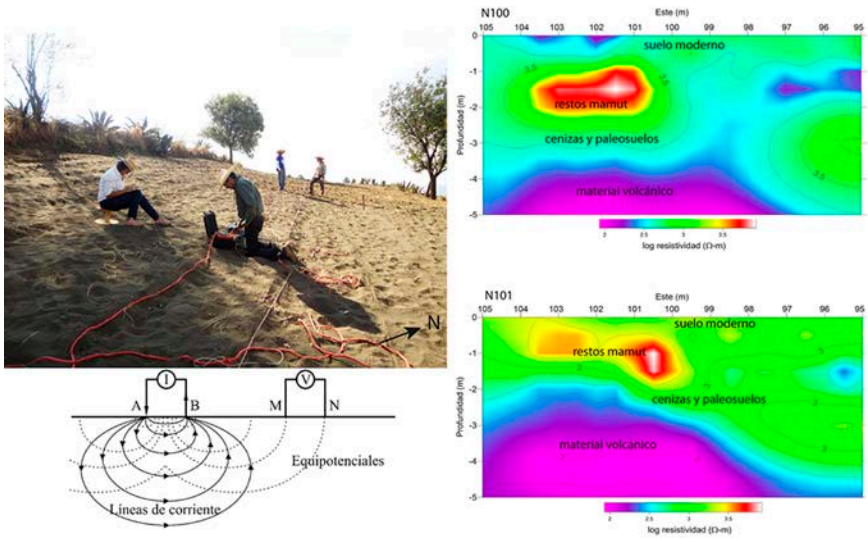


Figura 53. Levantamiento de datos y perfiles de isorresistividad obtenidos mediante la tomografía eléctrica (Proyecto para la localización y recuperación de restos óseos de mamut en Santa Ana Tlacotenco).

lo largo del terreno. De esta forma, la adquisición de datos es más rápida que con los sistemas de resistividad de corriente directa (CD) convencionales (figura 54).

En estudios de arqueología urbana y en terrenos muy resistivos el levantamiento de datos con equipo de resistencia electrostática es el más adecuado, ya que no requiere clavar electrodos en el terreno y no es necesario hacer contacto galvánico con los suelos y sedimentos conductores.

PERCEPCIÓN REMOTA

La percepción remota, o teledetección, es un método para la adquisición, procesamiento e interpretación de imágenes digitales adquiridas en plataformas satelitales, aviones, drones y puede tener importantes aplicaciones en el campo de la arqueología, sin embargo, su uso ha sido muy limitado. Esto se debe a que hace algunos años no se contaba con imágenes de resolución espacial-espectral suficiente para este tipo de aplicaciones.

Actualmente la percepción remota es una técnica innovadora para la investigación arqueológica y presenta muchas ventajas porque crea imágenes comerciales de alta resolución espectral, espacial, radiométrica y temporal, con las cuales se tiene una aproximación sinóptica al estudio de un sitio arqueológico.

El uso de esta tecnología para la arqueología ha ido creciendo a la par del desarrollo de los nuevos sensores, esto ha abierto nuevas posibilidades para las investigaciones arqueológicas. Las ventajas son muchas, entre ellas podemos

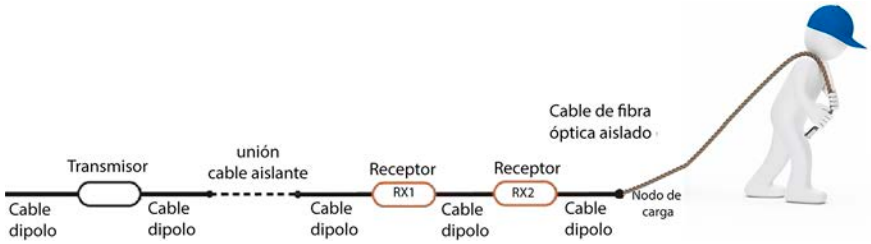


Figura 54. Operación del equipo de resistencia electrostática (Geometrics 2012).

mencionar la capacidad de obtener información multispectral y, junto con una alta resolución espacial, es posible detectar formas y estructuras constructivas sobre la superficie, así como proporcionar información indirecta asociada con patrones espectrales, espaciales y texturales del suelo y la vegetación que estén relacionados con modificaciones del paisaje y con estructuras bajo la superficie. Esto generalmente se representa por medio de composiciones de falso color, gráficas de las firmas espectrales o por la clasificación de la información obtenida.

La percepción remota para la investigación arqueológica y el patrimonio cultural dispone hoy en día de imágenes de plataformas satelitales de alta resolución que son capaces de producir imágenes georreferenciadas de alta resolución con información espectral y modelos digitales de elevación (MDT) (Blancas 2012).

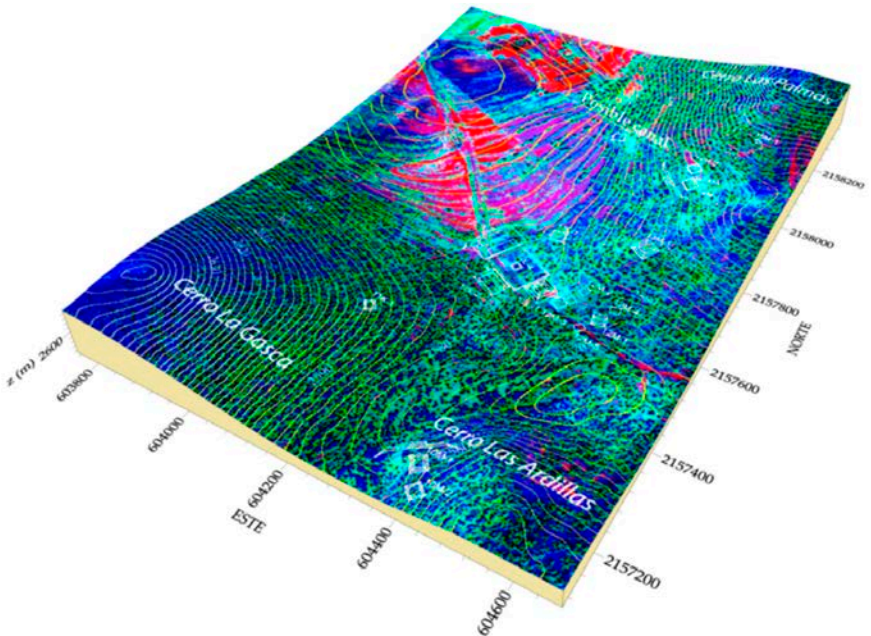


Figura 55. Superposición de modelo digital del terreno (MDT) e imagen de satélite procesada en falso color evidenciando un asentamiento del Formativo (Proyecto la Laguna).

Los satélites comerciales proporcionan la mayor resolución espacial en imágenes con sensores multispectrales y pancromáticos, con resoluciones de 2.4-4 metros, y de 0.4-1 metros, respectivamente.

El contenido espectral de los datos, junto con una alta resolución espacial, convierte las imágenes de satélite en una fuente valiosa de datos para la investigación arqueológica que abarca desde la arqueología del paisaje hasta los detalles más pequeños como la detección de estructuras constructivas sobre la superficie. El propósito de la percepción remota en las investigaciones arqueológicas es extraer pequeñas diferencias en las reflectancias, en la textura o en las formas del suelo y en las plantas, relacionadas con materiales arqueológicos encima o bajo la superficie, y con las modificaciones hechas al paisaje por el hombre en el pasado (figura 55).

Jorge Blancas Vázquez

Laboratorio de Prospección Arqueológica,
Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

PARA LEER MÁS:

Barba, Luis

- 1984 Master in Science thesis: The Ordered Application of Geophysical, Chemical and Sedimentological Techniques for the Study of Archaeological Sites: The Case of San José Ixtapa, México, Geology Department, University of Georgia.
- 1989 *Radiografía de un sitio arqueológico*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 140 p.

Blancas Vázquez, Jorge

- 2000 Principios y aplicaciones del método de radar de penetración terrestre (GPR), tesis, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Departamento de Geofísica, UNAM, México.
- 2012 Percepción remota y técnicas geofísicas de prospección para el estudio de un asentamiento del Formativo en La Laguna Tlaxcala, México, tesis, Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, México.

Blancas, Jorge, Luis Barba y Agustín Ortiz

- 2015 "Estudios geofísicos de un mamut encontrado en contexto volcánico", en Luis Barba (ed.), *Estudios interdisciplinarios sobre un mamut y su contexto*, Red de Ciencias Aplicadas a la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural, Conacyt.

Geometrics

- 2012 <http://www.geometrics.com/geometrics-products/geometrics-electromagnetic-products/ohm-mapper/>

CONSIDERACIONES FINALES

Fueron muchas y variadas las innovaciones que los pueblos mesoamericanos hicieron a través del tiempo para lograr obtener todas las cosas que les eran necesarias para vivir, desde los cazadores recolectores nómadas que vivieron en condiciones difíciles, e iniciaron la domesticación de las plantas y animales que les eran necesarios para subsistir, hasta el desarrollo de grandes Estados que controlaron gran parte de Mesoamérica.

Con amplios avances en arquitectura, arte, ciencias como astronomía y matemáticas, lograron asegurar su subsistencia a través de la intensificación agrícola y el progreso en la creación de sistemas con irrigación y la domesticación de animales como el guajolote y el perro, que les permitieron transformar su medio ambiente para obtener sus alimentos y hacerlos más nutritivos, como el caso de la nixtamalización del maíz.

Diversos grupos humanos con una mayor o menor cercanía entre ellos fueron ocupando Mesoamérica y estableciendo relaciones de parentesco y comercio, lo que les permitió asimilar las innovaciones que desarrollaron en las diferentes áreas geográficas donde vivían. Crearon un sistema de creencias y tradiciones que compartían, conservando sus rasgos particulares, y que se generalizó en toda esta gran área cultural a través del tiempo como el juego de pelota y el concepto del ciclo de vida en el calendario hasta lograr una cosmovisión mesoamericana integral.

Sabemos todo esto porque a que partir del siglo xx se han desarrollado innovaciones científicas, que han permitido estudiar las antiguas culturas que florecieron en nuestro país. La metodología de la arqueología, como se ha visto a lo largo de esta lectura, se apoya de una serie de técnicas de otras ciencias para poder estudiar los restos materiales más eficientemente, con lo que se logra fechar, localizar sitios, interpretar sus actividades, identificar restos de animales y plantas, conocer el origen étnico de estos pobladores, sus enfermedades, ciclos de vida, registrar y comparar tradiciones actuales con aquellas del pasado, en fin todos los detalles necesarios para que a través de una interpretación interdisciplinaria podamos conocer cómo vivieron.