



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN ANTROPOLOGÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES
CENTRO DE INVESTIGACIONES MULTIDISCIPLINARIAS SOBRE CHIAPAS Y LA
FRONTERA SUR

ESTUDIO DEL PROCESO DE DOMESTICACIÓN DEL MAÍZ EN MÉXICO, POR MEDIO
DEL ANÁLISIS DE ALMIDONES DE TEOCINTES Y MAÍCES EN SITIOS
ARQUEOLÓGICOS DESDE INICIOS DEL HOLOCENO HASTA EL FORMATIVO.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN ANTROPOLOGÍA

PRESENTA:
JORGE EZRA CRUZ PALMA

TUTOR O TUTORES PRINCIPALES
DR. GUILLERMO ACOSTA OCHOA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS, UNAM
MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
DRA. EMILY MC CLUNG HEUMANN
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS, UNAM
DRA. ABIGAIL MEZA PEÑALOZA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS, UNAM
DRA. MARÍA GUADALUPE MÉNDEZ CÁRDENAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, XOCHIMILCO
DRA. ROCÍO HÉRNÁNDEZ FLORES
FISCALÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO AGOSTO 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*...escrita en las páginas está la respuesta a
una historia sin fin...*

(Keith Forsey)

Al pueblo de México

A la educación pública

AGRADECIMIENTOS:

Después de 14 años de enseñanzas, convivencia, oportunidades y confianza quiero expresar al Dr. Guillermo Acosta, maestro, amigo y colega, mi sincero agradecimiento, ya que gracias a estas experiencias privilegiadas, pude tener la congruencia de crecer profesionalmente sin apartarme de mis gustos y deseos, para tener finalmente lo que creo es mi línea de investigación que disfrutare el resto de mi vida.

A mis tutoras Dra. Emily McClung, Dra. Abigail Meza, Dra. María Guadalupe Méndez y Dra. Rocio Hernández, agradezco el profesionalismo de las observaciones, opiniones y sugerencias para que pudiera entender y aprender un poco del saber que han construido en sus valiosas carreras.

Agradezco a la educación pública en todos los niveles educativos, derecho y no privilegio que deberíamos poder tener las mexicanas y mexicanos.

A José Concepción Jiménez, agradezco la confianza y la autorización para realizar esta investigación en los restos humanos utilizados.

A ti Diana Berenice Chaparro, quien en un momento iniciaste como compañera de trabajo, tesista y colega, para finalmente ser una de mis mejores amigas, agradezco tus pláticas, tu pasión, tu apoyo y comentarios tanto académicos como personales que me ayudaron a no desistir, además de crecer profesionalmente en la arqueología así como de esta experiencia llamada doctorado en antropología.

Verónica Tello y Miguel de Robina, maestros de vida, que gracias a sus enseñanzas los miedos, inseguridades y depresiones que se asomaron en esta etapa, no dejaron más que experiencias de aprendizaje y una pulsión de vida cada vez más fuerte.

A mis amigos Iván Arzave y Luis Alberto, quienes en las convivencias sociales nocturnas, surgieron pláticas que ayudaron a enriquecer las ideas para esta investigación.

A mi familia Itzel Cruz, Martha Alicia y Jorge Cruz, quienes siempre han estado ahí para apoyo incondicional en este camino llamado vida.

Emma Villalobos Vasquez a ti, te agradezco todo el apoyo emocional y sentimental que en momentos críticos de la pandemia me ayudaste a seguir y no perder de vista el privilegio del lugar donde estaba.

A la maestra Luz Helena, que con sus enseñanzas con los programas estadísticos, me ayudaron a realizar esta tesis.

A todos gracias... porque la unión hace la fuerza!!!

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	3
INTRODUCCIÓN.....	8
ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN	10
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES SOBRE EL TEMA DE DOMESTICACIÓN DEL MAÍZ EN AMÉRICA Y MÉXICO	13
1.1 Estudios arqueológicos	17
1.2 Estudios genéticos	36
CAPÍTULO 2 PRINCIPIOS TEÓRICO METODOLÓGICOS	55
2.1 Posición teórica.....	55
2.1.2 Ciclos Adaptativos.....	56
2.1.3 Teoría de construcción de Nicho	60
2.2 Metodología	71
2.2.1 Objetivos	71
2.2.2 Objetivos Particulares.....	71
2.2.3 Hipótesis	72
2.2.4 Metodología para la evaluación de microrestos.....	73
CAPÍTULO 3. ESTADÍSTICA EN ALMIDONES ARQUEOLÓGICOS Y CONTEMPORANEOS	77
3.1 Estudio estadístico del tamaño de gránulos de almidón de las distintas especies de teocinte y maíces endémicos de México y Guatemala.	77
3.2 Teocintes.....	80
3.2.1 Sección luxuriantes	80
3.2.2 Sección Zea	83
3.3 Variedades de maíces Indígenas Antiguas	86
3.4 Variedades Exóticas Precolombinas	89
3.5 Variedades de maíces Mestizos Prehispánicos	91
3.6 Maíces y teocintes arqueológicos de Tehuacán (precerámicos y prehispánicos)	96
3.7 Análisis de los gránulos de almidón de Zea híbridos (Teocinte con maíz)	100
3.7 Análisis de los resultados estadísticos.....	105
Capítulo 4. La Técnica de extracción de almidones en arqueología	108
4.1 Técnica de extracción de almidones	108
4.2 Características morfológicas de los gránulos de almidón.....	110
4.3 Aplicaciones en arqueología de la técnica de extracción de almidones.....	113

4.4 Técnicas para la extracción de almidones en cálculos dentales.....	115
4.5 Protocolo para el muestreo en cálculos dentales para la extracción de almidones arqueológicos en campo o laboratorio de procedencia	116
4.6 Análisis de almidones para el procesamiento en laboratorio	118
CAPÍTULO 5. GRÁNULOS DE ALMIDÓN EN CÁLCULOS DENTALES DE RESTOS HUMANOS EN SITIOS PRECERÁMICOS, DE LA CUENCA DE MÉXICO Y EL VALLE DE TEHUACÁN.....	120
5.1 Muestras de cálculos dentales procesados para el análisis de almidones	120
5.2 Resultados de los análisis.....	121
5.3 Hombre de Texcoco.....	122
5.4 Hombre de Chimalhuacán.....	123
5.5 Hombre de Tepexpan	124
5.6 Hombre de Balderas	125
5.7 Hombre de Tehuacán	125
5.8 Hombre Cuenca de México.....	126
5.9 Texcal, Entierro 3.....	127
5.10 Mujer del Peñón III	128
5.11 Peñón del Márquez	130
5.12 Valsequillo	132
5.13 Aztahuacán, Entierro 2	133
5.14 Aztahuacán entierro 3.....	134
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO SOCIAL DE LOS SITIOS ARQUEOLÓGICOS ESTUDIADOS.....	137
6.1 Conceptos de organización social de acuerdo a la Arqueología Social	137
6.2 Clasificación de lo sitios precerámicos de la Cuenca de México, el Valle de Tehuacán y el sureste de México:	142
CAPÍTULO 7. DÍALOGO DE SABERES GENÉTICO Y ARQUEOLÓGICO PARA ENTENDER EL PROCESO DE DOMESTICACIÓN DEL MAÍZ DEL PRECERÁMICO AL FORMATIVO EN MÉXICO BASADO EN LOS ESTUDIOS DE GRÁNULOS DE ALMIDÓN ARQUEOLÓGICOS.....	156
7.1 Gránulos de almidón de maíces y teocintes diferenciados de los sitios y materiales arqueológicos estudiados para inferir las formas de procesamiento y consumo.	167
7.1.2 Precerámico	167
7.1.3 Preclásico	179
7.1.4 Clásico.....	181
7.1.5 Posclásico.....	183
CAPÍTULO 8. CONSIDERACIONES PARCIALES.....	189
9. Bibliografía	195

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía tomada de Benz (2001), donde se presenta la morfología de tres mazorcas de Guilá Naquitz, (la escala es de 6 cm).	22
Figura 2. Cuadro de fechas resumido de maíz, calabaza y frijol por medio de AMS (calibrados antes del presente), aplicado directamente a los restos macrobotánicos (tomado de McClung <i>et al.</i> , 2001).	23
Figura 3. Cronología de las fechas realizadas por AMS (no calibrados antes del presente), aplicada a restos de maíces de las cuevas de Guilá Naquitz (Oaxaca), Tehuacán y Tamaulipas. (Tomado de McClung <i>et al.</i> , 2001).....	24
Figura 4. Probables rutas humanas en Mesoamérica a través de los ríos: (1) Grande de Santiago-Lerma, (2) Armería-Tuxcacuesco, (3) Balsas-Mezcala, (4) Amacuzac, (5) Mezcala-Nexpa-Atoyac. Principales sitios de caza de fauna Pleistocénica en el Eje Transversal Neovolcánico (A) ChapalaZacoalco-Sayula, (B) valle de México, (C) Puebla-Valsequillo (tomado de Zizumbo y Colunga, 2008).	25
Figura 5. Almidón de maíz y/o teocintle, o híbrido encontrado en una piedra de molienda del sitio precerámico San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, CdMx. Acosta <i>et al.</i> , (2017).	26
Figura 6. Almidones de maíz reportados por Piperno (2009), en artefactos de molienda del abrigo rocoso de Xihuatoxtla, Guerrero, México (tomado de Piperno (2009).	27
Figura 7. Almidones de teocinte, extraídos de un metate del sitio de Santa Marta, Chiapas (Cruz, 2014).	33
Figura 8. Muestra 162 arqueológica analizada y comparada con especies de maíces y teocintes de varias regiones del continente americano. (Ramos-Madrigal <i>et al.</i> , 2016).....	40
Figura 9. Cuadro de comparación con genes con rasgos fenotípicos entre la muestra 162, contra los teocintes y maíces domesticados.....	41
Figura 10. Mapa con las regiones y especies muestreadas para el estudio genético (tomado de Moreno <i>et al.</i> , (2018).	42
Figura 11. Dendrograma de Nei para observar la distancia genética de las muestras de maíz y teocinte. Los colores denotan la variedad y distribución altitudinal de las variedades de teocinte. La población con asteriscos se utilizó para inferir la introgresión ancestral en otras pruebas (tomado de Moreno <i>et al.</i> , 2018).....	43
Figura 12. Mapa de las muestras realizadas por Kistler y las fechas por región (tomado de Kistler <i>et al.</i> , 2018).....	45
Figura 13. Análisis de Componentes Principales de los distintos teocintes, cuadro tomado de Moreno-Letelier <i>et al.</i> , (2020).....	46
Figura 14. Heterogenia genética, cuadro tomado de Moreno-Letelier <i>et al.</i> , (2020).....	47
Figura 15. Distintos modelos probables de domesticación, cuadro tomado de Moreno-Letelier <i>et al.</i> , (2020:3).....	48
Figura 16. Arbol filogenético de los distintos teocintes de Jalisco, cuadro tomado de Moreno-Letelier <i>et al.</i> , (2020:3).....	49
Figura 17. Número de QTL afectados del teocinte y maíz, imagen tomada de Qiuye Chen <i>et al.</i> , (2020).	53
Figura 18. Ciclo adaptativo, tomado de Redman, (2005)	58

Figura 19. Grafica tomada de Jardón y Gutierrez, (2018), donde muestra la poca proporción de plantas domesticadas en relación con las plantas reportadas con alguna utilidad	66
Figura 20. Tomado de Jardón (2015), en el esquema se ve que las cerca de 60 variedades provienen de al menos 2 especies de teocinte, mostrando como de una o dos especies, es posible obtener una gran variedad.	68
Figura 21. Histogramas de Zea luxuriantes	82
Figura 22. Gráficos de caja de la sección de Zea luxuriantes	82
Figura 23. Histogramas de la sección Zea.....	85
Figura 24. Gráficos de caja de la sección Zea.	86
Figura 25. Histogramas para las variedades de maíces Indígenas Antiguas	88
Figura 26. Gráficos de caja para las variedades de maíces Indígenas Antiguas	88
Figura 27. Histogramas de las variedades de maíces Exóticas Precolombinas.....	90
Figura 28. Gráficos de caja de las variedades de maíces Exóticas Precolombinas	91
Figura 29. Histogramas de las variedades de maíces Mestizos Prehispánicos	93
Figura 30. Gráficos de caja de las variedades de maíces Mestizos Prehispánicos.....	94
Figura 31. Histogramas con las medidas en micras de los gránulos de almidón de muestras arqueológicas, procedentes de Tehuacán, Puebla.	99
Figura 32. Histograma del híbrido F53M (Teocinte y maíz) de Milpa Alta, Ciudad de México.....	101
Figura 33. Gráfico de caja del híbrido F53M.	101
Figura 34. Histograma del híbrido (Teocinte con maíz) Sinnombre de Milpa Alta	102
Figura 35. Gráfica de caja del híbrido Sinnombre.....	102
Figura 36. Grafica con distintos gráficos de caja de las muestras de maíces, teocintes contemporáneos y maíces arqueológicos.....	104
Figura 37. Esquema gráfico de la aplicación de la técnica de extracción de almidones en arqueología	114
Figura 38. Almidones extraídos de los cálculos dentales del Hombre de Texcoco: A, <i>Zea mays</i> (teocinte), B, algún tipo de pasto, lo mismo para el C. (fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	122
Figura 39. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre de Chimalhuacán. A, B. <i>Capsicum sp</i> (Chile); C. almidón de <i>Dioscórea</i> (tubérculo). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).....	123
Figura 40. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre de Tepexpan. A. granulo con afinidad <i>Zea mays</i> spp. <i>mays</i> (maíz). B. <i>Zea mays</i> spp <i>mexicana</i> (teocinte). C. <i>Capsicum</i> sp. (Chile). D. <i>Ipomoea batatas</i> (camote). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	124
Figura 41. Almidón extraído de cálculos dentales del Hombre de Balderas. Granulo de <i>Dioscórea</i> sp. (Tubérculo). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).....	125
Figura 42. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre de Tehuacán. A. almidón identificado como <i>Zea mays</i> spp. <i>mays</i> (Maíz). B. almidón identificado como <i>Phaseolus vulgaris</i> (frijol). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).....	125
Figura 43. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre de Tehuacán. C. almidón identificado como <i>Capsicum</i> sp. (Chile). D. almidón no identificado. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).....	126

Figura 44. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre Cuenca de México. A. almidón identificado como <i>Phaseolus</i> sp (frijol). B. almidones no identificados. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).....	126
Figura 45. Almidones extraídos de cálculos dentales del Entierro Texcal 3. A. almidón de <i>Zea mays</i> spp. <i>mays</i> (maíz). B. almidón identificado como <i>Capsicum</i> sp. (Chile). C. almidón identificado como <i>Dioscórea</i> sp. (Tubérculo). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	127
Figura 46. Almidones extraídos de cálculos dentales de La Mujer del Peñón III. A- C. Gránulos identificados como <i>Zea mays</i> (teocinte). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	128
Figura 47. Almidones extraídos de cálculos dentales de La Mujer del Peñón III. A y B, gránulos identificados como <i>Capsicum</i> sp. (Chile). El granulo D, presenta alteración térmica, indicando que fue sometido a una fuente de calor. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	129
Figura 48. Almidones extraídos de cálculos dentales de La Mujer del Peñón III. E - F. gránulos identificados como aff. <i>Ipomoea</i> sp. (Camote). F presenta las características particulares de un almidón de camote. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	129
Figura 49. Conglomerado de almidones de <i>Zea mays</i> spp. <i>mays</i> (maíz), (fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).....	130
Figura 50. Almidones extraídos de cálculos dentales de los restos humanos Peñón del Márquez. Dos ejemplos de <i>Capsicum</i> sp. (Chile). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	131
Figura 51. Almidones extraídos de cálculos dentales de los restos humanos Peñón del Márquez. Almidón A. <i>Dioscórea</i> sp., muy afín con <i>Canna</i> sp. B. relacionado con <i>Ipomoea</i> sp. (Camote). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	131
Figura 52. Almidones extraídos de cálculos dentales del Peñón del Márquez, identificados como <i>Phaseolus vulgaris</i> (frijol). Presentar evidencia de daño térmico, es decir, fueron expuestos a fuentes de calor. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).....	132
Figura 53. Almidones extraídos de cálculos dentales de Valsequillo. A- B. <i>Capsicum</i> sp. (Chile). C. <i>Dioscórea</i> sp. (Tubérculo). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	132
Figura 54. Almidones extraídos de cálculos dentales de Aztahuacán Entierro 2. A. Gramínea. B – C. <i>Capsicum</i> sp. (Chile). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	133
Figura 55. Almidón extraído de cálculos dentales de Aztahuacán, Entierro 3, identificado como <i>Capsicum</i> sp. (Chile). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).	134
Figura 56. Mapa de las zonas de estudio de domesticación de maíz para esta tesis.	142
Figura 57. Tomado de Acosta (2015), mapa con estudio fotogramétrico del sitio San Gregorio Atlapulco.....	144
Figura 58. Tomado de Arqueología Mexicana, Sanchez (2019)	145
Figura 59. Croquis del sitio de Santa Marta, tomado de Acosta (2012).....	147
Figura 60. Restos óseos clasificados por Hernández (2018) cronológicamente AP y por modo de producción. (Tomado de Hernández, 2018)	149

Figura 61. Mapa de localización de los distintos gránulos de almidón de <i>Zea mays</i> , en color rojo de la Unidad A de San Gregorio Capa III. (Tomado y modificado de Vera, 2019)	154
Figura 62. Regiones propuestas por Kato para el origen del maíz. Tomado de Kato et al., 2016 ..	157
Figura 63. Nudos cromosómicos de los teocintes compartidos con el maíz. Tomado de Kato, 2016.	157
Figura 64. Mapa con árboles filogenéticos de teocintes y maíces. Un único brazo verde del cual se desprenden todas las variedades de maíz. (Tomados de Vielle, 2014).....	158
Figura 65. Arbol filogenético que muestra la etapa intermedia en el proceso de domesticación de la mazorca analizada por Ramos-Madrigal (2016)	160
Figura 66. Fechas de los macrorestos de maíz, tomado de McClung de Tapia et al., 2001	163
Figura 67. Evolución del maíz en Tehuacán. Tomado de Benz (2001) y Ramos-Madrigal (2016) .	164
Figura 68. Almidones de maíces (<i>Zea mays</i> .) en su mayoría con algunos de chile (<i>Capsicum</i> spp.) y frijol (<i>Phaseolus</i> spp.). A. Gránulo de teocinte extraído en una piedra de molienda de Santa Marta; B) almidones de <i>Zea mays</i> extraídos de cálculos dentales de La Mujer del Peñón III; C) Hombre de Texcoco; D) Texcal Entierro 3; E) Tehuacán; F) Tepexpan; G) San Gregorio; H) Santa Marta; I) Peñón Del Márquez.....	169
Figura 69. Tabla con los gráficos de caja de los tamaños de los gránulos de almidón de distintas especies de teocintes y maíces endémicos de México.	172
Figura 70. Gránulos de almidón de maíz (<i>Zea mays</i> spp. <i>mays</i>) del sitio de Altica, extraídos de piedras de molienda.....	179
Figura 71. Contexto funerario de Altica, (McClung de Tapia <i>et al.</i> , 2019)	181
Figura 72. Gránulos de Almidón de maíz (<i>Zea mays</i> spp <i>mays</i>). A) Cueva de Petapa, Chiapas. B) Cálculo dental de Atetelco, Teotihuacán.....	182
Figura 73. Gránulos de almidón de Maíz (<i>Zea mays</i> spp. <i>mays</i>) jarras de cerámica de la zona de Xochimilco	184
Figura 74. Modelos distintos probables de domesticación, tomado y modificado de Moreno-Letelier (2020)	192

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro resumido con las características generales de las tres fases propuestas por MacNeish (1972).	20
Tabla 2. Cuadro de sitios precerámicos en América tomado de Piperno (2011).....	32
Tabla 3. Sitios, materiales y cálculos arqueológicos de donde se extrajeron los gránulos de almidón.	75
Tabla 4. Parámetros de tendencia central y de dispersión para <i>Zea luxuriantes</i> (medidas en micras).	81
Tabla 5. Parámetros de tendencia central y de dispersión para <i>Zea</i> (Medidas en micras).	84
Tabla 6. Parámetros de tendencia central y de dispersión para las variedades de maíces Indígenas Antiguas (Medidas en micras).....	87
Tabla 7. Parámetros de tendencia central y de dispersión para las variedades de maíces Exóticas Precolombinas (medidas en micras)	90
Tabla 8. Parámetros de tendencia central y de dispersión para las variedades de maíces Mestizos Prehispánicos (medidas en micras)	92

Tabla 9. Medidas de tendencia central de los gránulos de almidón de las muestras arqueológicas provenientes de Tehuacán, Puebla (medidas en micras)	97
Tabla 10. Tabla con los estadísticos descriptivos de tendencia central de los híbridos de teocinte con maíz.....	100
Tabla 11. Conteo de almidones totales extraídos de los cálculos dentales de los entierros precerámicos.	122
Tabla 12. Fechas en años antes del presente, según Del Olmo y Montes (2011), Cruz (2014) y Acosta et al., (2017).	135
Tabla 13. Tomado y modificado de (Hernández, 2018).....	143
Tabla 14. Tabla con los cráneos positivos a almidones afines a maíz y teocinte de La Cuenca de México y Valle de Tehuacán Puebla y sus clasificaciones de Formación Social (Tabla hecha en conjunto con datos de esta investigación y de Hernández (2018).....	150
Tabla 15. Caracterización de la Formación Económica Social de San Gregorio Atlapulco y gránulos de almidón identificados.....	152
Tabla 16. Cálculos dentales de restos humanos con resultados positivos a maíz de gránulos de almidón.	168
Tabla 17. Tabla 15. Tabla con los tamaños en micras (μ) de los almidones identificados como teocintes y maíces en proceso de domesticación.	170
Tabla 18. Tabla con los gránulos de almidón identificados en los restos humanos por área dental.	177
Tabla 19. Resumen de la forma de procesar y consumir el teocinte y maíz a lo largo de 12,000 años a través de gránulos de almidón.....	186

Lista de Fotografías

Fotografía 1. Granos de maíces arqueológicos, TC 35 (Cueva de El Riego). Tehuacán Puebla (Gracias a la Dra. Isabel Casar, investigadora del Instituto de Física de la UNAM).....	96
--	----

INTRODUCCIÓN

El proyecto de tesis pretende discutir el tema de domesticación del maíz desde los puntos de vista arqueológicos y genéticos en conjunto con las teorías unicéntrica y multicéntrica de domesticación del maíz en México, a través de los análisis de gránulos de almidón en el contexto arqueológico. Los almidones han demostrado ser una opción confiable para la identificación de restos vegetales, a nivel de género e incluso en algunas ocasiones de especie, en los contextos arqueológicos. (Pagan, 2005; Torrence y Barton 2006; Piperno D. R., Ranere, A. J., Holst, I., Iriarte, J., & Dickau, R, 2009; Cruz, 2012 y 2014), por mencionar algunos.

Los estudios genéticos de domesticación de los últimos diez años han mostrado que se puede afirmar que el maíz (*Zea mays ssp. mays*) se domesticó a partir del teocinte por la cantidad de genes compartidos entre ambos, específicamente del *Zea mays ssp. parviglumis*, el cual crece en los actuales estados de Guerrero, Michoacán y Jalisco principalmente (Ramos-Madrigal, 2016, Moreno et al., 2018, Kistler et al., 2018) además los arboles filogenéticos realizados por Matthew B. Hufford et al., (2012), nos muestran que a partir del teocinte *parviglumis* se desprenden todas las variedades o variedades de maíz. Sumando lo anterior Ramos-Madrigal propone que hace 5500 años en Tehuacán Puebla, probablemente el maíz se encontraba a “la mitad” en el camino de la domesticación, ya que los resultados genéticos realizados en tres muestras de maíces arqueológicos en la cueva de San Marcos, muestran cambios morfológicos a causa de la alteración de genes específicos.

Jean-Philippe Vielle-Calzada, y colegas (2014) exponen que la domesticación sucedió probablemente en un solo evento, es decir, en una sola ocasión, ya que la especie de teocintle (*Zea mays* spp *parviglumis*) en sus genes tiene la capacidad de desarrollarse y resistir a una gran concentración de metales pesados. Según Vielle-Calzada, esta posibilidad se debe a que hace aproximadamente 10,000 años, el volcán Nevado de Toluca, hizo explosión afectando las regiones aledañas, justamente la región del balsas donde crece *parviglumis*, provocando una selección natural o cuello de botella a los individuos que resistieron estos cambios y a las afectaciones en su medio para que posteriormente diera inicio a la domesticación en esta zona. Estos genes que ofrecen la capacidad de desarrollarse a pesar de estos metales, también los posee el maíz (*Zea mays* spp *mays*).

Entonces tenemos que los estudios genéticos nos dan bases suficientes para argumentar que el maíz se domesticó a partir del teocinte *Zea mays* spp. *parviglumis*, hace aproximadamente 9,000-10,000 años, en la región del balsas, pero ¿y las investigaciones arqueológicas sobre la domesticación del maíz, que nos dicen? Desgraciadamente estas investigaciones quedaron semiabandonadas desde la década de los ochenta del siglo pasado. Las excavaciones de MacNeish (1972) y Flannery (1986) fueron los únicos. Es hasta inicios del siglo XXI con estudios de Dolores Piperno (2009), McClung (2001), Gepts (2008), que reiniciaron los estudios, quienes además tuvieron un enfoque arqueológico-antropológico.

MacNeish y Flannery tienen las evidencias macroscópicas (mazorcas, olotes y granos) más tempranas hace unos 5500 años. Gepts, tiene evidencia de granos de polen en un contexto en Tabasco, con antigüedad de 7200 años, Dolores Piperno obtuvo de una piedra de molienda, gránulos de almidón de *Zea mays* spp. *mays* (maíz) con una fecha de 8900 años,

en el abrigo rocoso Xihuatoxtla, en Guerrero, muy cerca de la zona del Balsas, justamente la región propuesta por los genetistas. Entonces tenemos dos fechas muy importantes, la de inicio de domesticación, hace aproximadamente 9000 o 10000 años, y la de 5500 o 6000 años, donde según Ramos-Madrigal el proceso de domesticación está a “la mitad” (por los cambios morfológicos con respecto al maíz actual) con respecto a cómo conocemos actualmente al maíz. Pero entonces ¿qué paso en ese periodo entre el 10000 al 5000 AP?, si la domesticación fue en un solo evento y en una región (Zona del Balsas) y después al parecer se dispersó hacia el centro de México.

La presente investigación pretende aportar información sobre ese periodo de vacío informativo de tiempo y espacio con respecto a la domesticación del *Zea mays spp. mays* (maíz) por medio de los análisis de gránulos de almidón, que se extraerán de cálculos dentales de distintos restos humanos con temporalidades que van desde hace 12000 AP hasta 4000 AP, procedentes de la Cuenca de México y Tehuacán, así como de artefactos de contextos arqueológicos de Oaxaca y Chiapas; analizando también si la organización social y los distintos contextos naturales también influyeron en la diversidad de variedades, las cuales pueden adaptarse casi a cualquier ambiente.

ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se dividió en siete capítulos; el primero “*Antecedentes sobre el tema de domesticación del maíz en américa y México*”. Se resumen las investigaciones mas relevantes sobre el tema de domesticación del maíz (*Zea mays spp mays*) según mi punto de vista, la genética y la arqueología en México y America del sur desde finales del siglo XIX

hasta el siglo XXI, con la finalidad de entender que las limitaciones naturales y las intenciones culturales tienen la misma importancia en el proceso.

En el segundo capítulo "*Principios teórico metodológicos*". Se exponen las hipótesis a resolver con las metodologías y teorías aplicadas para tratar de dar una de las varias posibles explicaciones sobre como se fue dando el proceso de domesticación del maíz en México.

En el tercer capítulo "*Estadística en almidones arqueológicos y contemporáneos*", se exponen los datos estadísticos sobre las medidas que se realizaron a los gránulos de almidón de la colección de referencia que se tiene en el laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana de la UNAM, tanto de maíz como de teocintes contemporáneos como de algunos arqueológicos, para encontrar una diferenciación por tamaño entre estas dos especies.

En el cuarto capítulo "*La técnica de extracción de almidones en arqueología*" se resume las ventajas de utilizar esta técnica, para obtener información sobre el uso y procesamiento de los vegetales en el contexto arqueológico donde con otros análisis macrobotánicos, resultaría imposible dadas las alteraciones ambientales y antropomórficas que ha sufrido.

El quinto capítulo "*Gránulos de almidón en cálculos dentales de restos humanos en sitios precerámicos, de la Cuenca de México y el valle de Tehuacán*" se muestran los resultados de la extracción de los gránulos de almidón en los cálculos dentales de los restos humanos precerámicos analizados de la Cuenca de México y del Valle de Tehuacán, así como también de los sitios arqueológicos de Santa Marta en Chiapas y San Gregorio Atlapulco en Xochimilco al sur de la Ciudad de México.

En el sexto capítulo *“Análisis e interpretación del contexto arqueológico social de los sitios arqueológicos estudiados”* se realizó un resumen sobre las organizaciones sociales desde la Arqueología Social, que pudieron haber tenido los grupos humanos desde fines del Pleistoceno hasta el Holoceno, para entender si estas, pudieron influir de alguna manera en el proceso de domesticación del maíz.

En el séptimo Capítulo *“Dialogo de saberes genético y arqueológico para entender el proceso de domesticación del maíz del precerámico al formativo en México basado en los estudios de gránulos de almidón arqueológicos”* se trató de realizar un texto dialógico primero con la información hasta el presente de la genética y la arqueología sobre el proceso de domesticación del maíz, para después incluir en esta discusión los resultados de la presente tesis y tratar finalmente de dar los posibles escenarios y/o distintos modelos hipotéticos que se dieron para que la domesticación fuera posible a partir de los teocintes *Zea mays* spp *parviglumis* y *Zea mays* spp *mexicana*.

Finalmente el apartado de las consideraciones parciales, donde se resumen las ideas principales de esta investigación sobre como se dio el proceso de domesticación del maíz en México.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES SOBRE EL TEMA DE DOMESTICACIÓN DEL MAÍZ EN AMÉRICA Y MÉXICO

Sobre el tema de domesticación del maíz se ha discutido desde finales del siglo XIX y principios del XX, como por ejemplo que el teocinte o teocintle era el único ancestro del maíz, (Ascherson, 1880; Hackel, 1890; Schumann, 1904; Worsdell, 1916; Beadle, 1939), otros puntos de vista fueron que había un ancestro en común para ambos (Weatherwax 1935, 1954) y (Randolph 1959), y finalmente la hipótesis de que el maíz se domesticó a partir de otro maíz silvestre en vaina que se extinguió (Mangelsdorf y Reeves 1939), además Mangelsdorf decía que el teocintle era producto de una hibridación entre el maíz y el tripsacum. En resumen, son estas las tres propuestas que consideran los genetistas todavía vigentes o posibles;

1. Teoría del Teocintle
2. La teoría del maíz silvestre en vaina extinto
3. Teoría del ancestro común.

Beadle (1939) con la hipótesis de que el maíz provenía del teocintle, también infirió los probables primeros usos, como por ejemplo sugiere que los humanos prehistóricos utilizaron al teocintle como alimento, en la forma de “palomitas”, es decir en granos reventados, además de seleccionar ya dentro del conocimiento genético de esa época, algunos genes compartidos con su pariente silvestre que sufrieron mutaciones y son distintivos del fenotipo del maíz.

Es interesante dar espacio a una pequeña síntesis del principal científico que no estaba de acuerdo con que el maíz fue domesticado a partir del teocintle, Paul Christoph Mangelsdorf, agrónomo y botánico estadounidense, su hipótesis decía que el maíz provenía de una poácea silvestre con vaina envuelta en hojas, que posteriormente hibridizo con *Tripsacum* (Mangelsdorf y Reeves 1939), alguna de sus argumentaciones en contra de la idea del antecesor teocintle, era la gran diferencia morfológica entre este último y el maíz (espigas pistiladas). Comentaba, que es la desviación más grande de una planta domesticada con respecto a su pariente silvestre, que si hubiera alguna posibilidad de que así fuera, uno debería suponer que fueron involucrados cambios cataclísmicos de naturaleza desconocida. Por ejemplo en el teocintle los granos están cubiertos por una capa dura que incluso sobrevive al aparato digestivo de algunos rumiantes y mamíferos, la dispersión de las cariósides es posible porque hay desprendimiento del raquis, lo que no ocurre en el maíz. La dificultad para sostener la hipótesis de Mangelsdorf, fue que el *Tripsacum* y el maíz no pueden tener descendencia, además de que nunca pudo encontrar la evidencia del maíz silvestre con vaina. deWet, Harlan & Grant (1971) y deWet & Harlan (1971) hacen una evaluación de la probabilidad de realizar un híbrido entre un maíz y un *Tripsacum*, concluyeron que el nivel de confianza de la hipótesis tripartita de Mangelsdorf y Reeves (1939), es baja, es decir muy poco probable, sin embargo resultó de un enorme valor heurístico para el estímulo de la investigación sobre el origen y evolución del maíz.

Otro botánico y economista muy importante en la historia del estudio de la domesticación del maíz, es Walton C. Galinat, quien formó parte del equipo especializado en botánica para el proyecto arqueológico en Tehuacán México en la década de los 60's, a cargo del arqueólogo Richard McNeish, curiosamente también formó parte de este grupo, Mangelsdorf (Cohen,

Joel & Tracy, William, 2007). Galinat partidario de la hipótesis en la cual el maíz fue domesticado a partir del teocintle. ÉL emprendió una investigación para comparar detalladamente la morfología entre estas dos gramíneas o poáceas, identificó una conexión entre la mazorca del maíz y la envoltura dura en los granos del teocintle (gluma) en la mazorca, esta relación consiste en que parece ser que esta capa protectora del teocinte, permanece en el maíz, como parte de la estructura que sostiene a los granos, proporcionando una estabilidad dimensional a la mazorca, lo que es necesario para evitar que desgrane (Galinat, W. C. 1971).

Para Galinat (1971) es evidente que una mazorca de maíz primitivo pudo surgir de la espiga de un teocintle por los estudios morfológicos y citogenéticos que realizó, comenta que hay un complejo de rasgos relacionados con la gluma (envoltorio del grano), determinado por un segmento genético en el cromosoma cuatro, que hace más probable demostrar genéticamente que el maíz pudo haber evolucionado a partir del teocinte que descartar la posibilidad que las características de esta gramínea silvestre pudieran ser derivadas de la introgresión con *Tripsacum*. Como era de esperarse según Galinat (1971), la diferencia en el número de cromosomas morfológicos entre el maíz y *Tripsacum*, explica la diferente redistribución de sus loci comunes, siendo entonces este cuarto segmento cromosómico el mayor obstáculo para sostener la hipótesis de la introgresión.

Galinat (1961), comenta de un estudio estadístico realizado para evaluar alguna conexión o diferencia evolutiva basado en los tamaños del polen de maíz y teocintle. Según Irwin & Barghoorn (1965). Los resultados muestran que la distribución de las magnitudes de polen en la mayoría de las variedades de teocinte se enciman a la mayoría de las variedades de maíz, algunas si tienen polen mas pequeños que la variedad Chapalote (variedad indígena

relacionada con los maíces arqueológicos de Tehuacán, Puebla). Pero también se hicieron comparaciones con granos de pólenes arqueológicos o antiguos procedentes del centro de la ciudad de México por (Barghoorn et al., 1954), del lago Pentenxil en Guatemala y de sedimentos de núcleo de la cuenca de Gatún en Panamá (Bartlett et al., 1969), estos estudios concluyen que los polenes arcaicos parecen ser más similares al maíz moderno que a los teocintes contemporáneos, tanto en tamaños como en patrones de exina, argumentando finalmente que el teocinte no es ancestro del maíz.

Sin embargo me concentraré en la teoría que propone que el teocintle anual mexicano, fue el ancestro del maíz domesticado, a través de un proceso largo de domesticación con gran influencia humana, ya que, según Kato, T.A., C. Mapes, L.M. Mera, J.A. Serratos, R.A. Bye. (2009), Kato (2016), Madrigal (2016) y Moreno *et al.*, (2018) actualmente es la teoría más aceptada. Además, no menos importante los autores que desde el siglo pasado ya habían propuesto lo mismo, como son: Beadle, 1939, 1980; Galinat 1995; Doebley et al., 1987; Dorweiller y Doebley. 1997; Sundberg y Orr, 1990; Matsuoka et al., 2002. Dentro de esta se discute si es multicéntrica o unicéntrica la domesticación, es decir si ocurrió a partir de una zona y una especie o de varias regiones y varias especies de Teocintle.

Kistler *et al.*, propone que el maíz se terminó de domesticar en Sudamérica, (2018), pero sobre este reciente descubrimiento se hablara más adelante, en el apartado de estudios genéticos.

1.1 Estudios arqueológicos

Desde los sesenta MacNeish (1964) había propuesto a México, como el posible lugar de origen de domesticación del maíz, gracias a sus investigaciones en las cuevas de La Perra, La Romero y La Valenzuela en Tamaulipas. En la primera cueva, encontró un olote de maíz fechado para el 2,500 AC (MacNeish, 1964) que presentaba morfología parecida a la de la cueva del Murciélago en Nuevo México (que en su momento fue la más antigua). También encontró especímenes de teocinte y, debido a que las fechas parecían aumentar hacia el sur, pensó buscar en Guatemala y Chiapas, localizando también restos de maíz, pero no los resultados que esperaba, posteriormente en un recorrido hecho en el valle de Tehuacán, Puebla, las condiciones ambientales y de conservación de los materiales permitieron pensar que podrían encontrar el maíz prehistórico, debido a las características de clima desértico y la presencia de arroyos de agua continua que coincidían con la teoría del desarrollo de la agricultura que proponía se había dado en regiones desérticas (MacNeish, 1964).

MacNeish comenzó entonces su investigación, buscando los orígenes de la civilización y de la agricultura, en el Valle de Tehuacán en Puebla. El lugar fue elegido por su ambiente desértico, lo que según él, permitiría la conservación de los restos orgánicos, además de que había afluentes de agua permanente. Logró reunir a un grupo de científicos de distintas disciplinas, como: biólogos, geólogos, palinólogos, geógrafos, antropólogos y arqueólogos. Logrando un estudio interdisciplinario. Para su fortuna, encontró algunos sitios con ocupaciones continuas de muy larga duración (más de 10,000 años) por lo que merece una revisión a detalle, como se presenta a continuación.

Para delimitar el área de estudio (en la región del Valle de Tehuacán), MacNeish y Peterson, se basaron en los estudios previos hechos por Eduardo Noguera, quien identificó ciertas

zonas de ocupación con base en la cerámica, la más temprana fue relacionada con Monte Alban I Y II y la otra con la tradición Mixteca Puebla. Otros dos criterios fueron ubicar cuevas o abrigos rocosos, además de intentar cubrir todos los microambientes de la región. Finalmente se encontraron cuatrocientos cincuenta y cuatro sitios, desde pequeños campamentos temporales hasta sitios monumentales, sin embargo solo doce de estos tenían una estratificación adecuada, donde se decidió que se harían excavaciones mayores para establecer la base de la secuencia cultural. De estos doce sitios, se identificaron 140 capas estratigráficas y zonas de ocupación, cinco eran basureros y siete eran cuevas, en cincuenta y cinco capas, debido al clima seco, se conservaron restos vegetales. (MacNeish, 1964). Para clasificar los sitios MacNeish (1972) usó cinco variables:

1. La localización de los sitios geográfica y ecológicamente
2. La permanencia en los sitios. Esto permitiría suponer la ocupación en un lugar por un solo grupo durante uno o varios años o sitios de temporada.
3. El tipo de estructuras o la falta de estas.
4. La disposición y las relaciones de las estructuras entre sí.
5. El tipo y el tamaño de los asentamientos.

Las tres primeras etapas son importantes, ya que ahí según MacNeish se da el cambio de cazadores recolectores hacia un manejo incipiente de agricultura. Él define microbandas y macrobandas con base en dos criterios, el tamaño del área de actividad y el número de estas. Para microbanda no debe exceder un rango entre 80 y 400 metros cuadrados y no tener más de 3 áreas de actividad. La macrobanda debe tener más de 3 áreas de actividad

y pasar de los 400 metros cuadrados. Para caracterizar si era un sitio nómada o sedentario se basa en la presencia de frutos que sabe se dan en distintas épocas del año, si en un sitio encuentra frutos de una sola temporada, se le asigna temporal y se localizan de distintas estaciones es una ocupación sedentaria. Las siguientes son las fases culturales propuestas por MacNeish, basadas en los 12 sitios con las 140 capas estratigráficas (Tabla 1).

Fases	Ajuereado	El Riego	Coxcatlán
Temporalidad	10000 al 6500 a.C.	6800 al 5000 a.C.	5000 al 3400 a.C.
Número de sitios	19	41	23
Organización social	Microbanda	Micro y macro bandas	Micro y macro bandas
Número de individuos	≥ 38	≥ 150	≥ 400

Tipo de ocupación	Temporal	Multitemporadas	Multitemporadas
Territorio definido	No	si	si
Clasificación de MacNeish.	Comunidades de micro bandas nomaadas	Comunidades de Micro y macrobandas temporales	Comunidades de Micro y macrobandas temporales

Tabla 1. Cuadro resumido con las características generales de las tres fases propuestas por MacNeish (1972).

Como conclusiones podemos decir que, en lo general, el proyecto de MacNeish fue digno de admirarse al juntar una serie de expertos en varios temas y combinar tanto recorrido como excavaciones arqueológicas. Para su tiempo fue un trabajo que intentó ser lo más coherente posible, sin embargo, como se mostró en párrafos anteriores, cometió lo que ahora se identifica como una serie de pequeños errores que en suma hace quedar muy ambigua su propuesta del desarrollo de la agricultura. Es cierto que en esa época la pregunta de investigación dominante era el cuándo. Lo que traía como consecuencia esos grandes vacíos, en tiempos presentes se dieron cuenta de este error y algunos opinan que es mejor buscar el cómo. El trabajo de MacNeish fue en su tiempo un trabajo referente casi en su

totalidad, a pesar de ser un estudio de más de cuatro décadas de antigüedad. En la actualidad aún aporta datos muy importantes en el conocimiento del consumo en el maíz, gracias a los macrorestos recuperados de distintas especies vegetales, entre ellas, maíces (granos, olotes y mazorcas) de distintas ocupaciones, además de coincidir en las fechas probables de inicio de la domesticación.

Kent Flannery (1986), quien llevó a cabo varios trabajos importantes en Oaxaca sobre el origen de la agricultura. Fundamentó su teoría en el maíz y frijol, considerándolos como las especies más importantes para el origen de la agricultura en Mesoamérica, es decir, fueron las especies que expresaron su potencial productivo bajo el estímulo (posiblemente accidental) que constituyó su cultivo. La investigación que realizó en la cueva de Guilá Naquitz, también es de suma importancia ya que tiene ocupación humana desde hace diez mil años y se encontraron macrorestos de frijol, maíz y calabaza, siendo de esta última la más antigua evidencia en México.

En Guilá Naquitz, Flannery identificó cinco estratos y/o capas naturales, clasificándolos con la letra A hasta la E, teniendo una profundidad de hasta 140 cm desde la superficie, habiendo controversias en la datación de estos debido a que en las capas profundas las fechas no son muy confiables (por ser contradictorias), solo las superiores se ha demostrado su certeza, con base a las fechas de radiocarbono de sus pisos de vivienda y cerámica que corresponden a Monte Albán IIIB-IV, ca. 700 dC (Flannery, 1986) sin embargo las fechas de radiocarbono por AMS aplicadas a los macrorestos directamente de las capas B, C y D arrojan fechas de casi 10,000 años, entre ellas olotes de lo que parecía ser un maíz antiguo. Sobre esto último, Benz (2001), hace una investigación y compara estos restos de maíces con los encontrados en Tehuacán con fechas similares.

Al realizar Benz (2001) el estudio por espectrometría de acelerador de masas (AMS) de datación por radiocarbono a tres ejemplares extraídos de la capa C9 y D10 de Guilá Naquitz (Figura 1). Dos de los tres ejemplares fueron fechados en 5420 ± 60 y 5.410 ± 40 14C años AP (6235 años calibrados A.P.). Las fechas indican que son alrededor de 730 años más antiguas que los ejemplares más antiguos de maíz reportados en el Valle de Tehuacán.

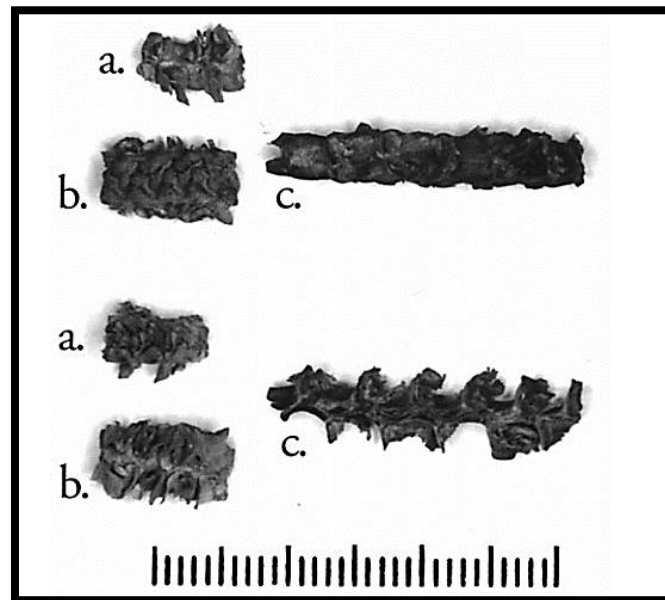


Figura 1. Fotografía tomada de Benz (2001), donde se presenta la morfología de tres mazorcas de Guilá Naquitz, (la escala es de 6 cm).

Como conclusión, Benz (2001) dice que por los siguientes 700 años, el interés de la selección de rasgos en el teocinte, por parte de los habitantes de Guilá Naquitz se centró en estabilizar el fenotipo de las hileras o filas verticales, sin desarticularlas, en tener un grano desnudo e ir incrementando el número espigas de granos de uno a dos por nodo. Es decir, que los humanos estaban buscando aumentar la productividad de la planta, ya que el síndrome de

domesticación se ve, en que ya los granos son desnudos y un aumento de hileras en comparación con el teocintle silvestre.

McClung *et al.*, (2001) comenta sobre el artículo de Benz (2001), que las características morfológicas de las mazorcas apoyan la evidencia genética acumulada que demuestra la relación hipotética de ancestro-descendiente para el teocinte y el maíz y documenta algunas de las diferencias genéticas que distinguen la inflorescencia de *Zea* silvestre y domesticado. Los tres especímenes de Guilá Naquitz tienen un raquis no desarticulado. Las fracturas en el raquis cerca de la inflorescencia ocurre a través del internodo en vez del nodo, lo cual indica que las plantas que tienen esta inflorescencia estaban domesticadas y dependían de la dispersión y propagación humana, es decir son claras evidencias de un proceso en vía de una domesticación.

McClung *et al.*, (2001) hacen un resumen de las fechas más tempranas obtenidas por medio del AMS en restos macrobotánicos excavados en las cuevas de Tamaulipas, Tehuacán y Oaxaca, de maíz, calabaza y frijol (figura 2) y en la figura 3, solo de fechamientos realizados a restos de maíces (mazorcas y/o olotes).

<i>Planta/Región</i>	<i>Oaxaca</i>	<i>Tehuacán</i>	<i>Tamaulipas</i>	<i>Suroeste EUA</i>
Maíz	6300	5500	4300	3500
Calabaza	10000	7900	6300	3500
Frijol	2100	2300	1300	2200

Basado en Smith, 2001a.

Figura 2. Cuadro de fechas resumido de maíz, calabaza y frijol por medio de AMS (calibrados antes del presente), aplicado directamente a los restos macrobotánicos (tomado de McClung *et al.*, 2001).

Planta/Región	Oaxaca	Tehuacán	Tamaulipas
Maíz	5410±40 ¹	Cueva San Marcos ²	Cueva de Romero ³
(<i>Zea mays</i>)	5420±60	4680±50	3930±50
		4700±60	2560±60
		4150±50	Cueva de Valenzuela ⁴
		4600±60	3890±60
		4700±110	1380±60
		1560±45	
		Cueva Coxcatlán ²	
		4090±50	
		4040±100	
		3740±60	
		1900±60	
		1860±45	
		450±40	

Figura 3. Cronología de las fechas realizadas por AMS (calibradas antes del presente), aplicada a restos de maíces de las cuevas de Guilá Naquitz (Oaxaca), Tehuacán y Tamaulipas. (Tomado de McClung *et al.*, 2001).

Los cuadros con las fechas expuestos, ilustran que hablando de macrorestos, la evidencia más temprana de domesticación del maíz está en Oaxaca, seguido por setecientos años la Cueva de San Marcos en Tehuacán, por lo que podemos inferir, que la domesticación hasta este momento y por los resultados macrobotánicos, que la domesticación del maíz empezó alrededor de 7,000 AP

Zizumbo y Colunga (2008) comentan que, la distribución inicial de los grupos recolectores-cultivadores y la distribución temprana de las plantas domesticadas permiten suponer la existencia de corredores biológico-culturales arcaicos a través de los cuales se difundieron, desde el occidente de Mesoamérica; los conocimientos, las tecnologías y los procesos asociados a la agricultura y a la domesticación, por lo que resultaría interesante precisar ¿dónde?, ¿cuándo y quiénes?, desde las perspectivas de las ciencias sociales, biológicas y

agronómicas. Para esta región se han planteado dos áreas alternativas de manera hipotética, donde posiblemente se hayan llevado a cabo estos procesos (figura 4):

1. Los valles intermontanos del centro de México de Tehuacán-Puebla y Oaxaca (MacNeish y Eubanks, 2000; Eubanks, 2002).
2. Las áreas bajas del suroeste, en la cuenca del Balsas (Doebley et al., 2006, Piperno et al., 2007).

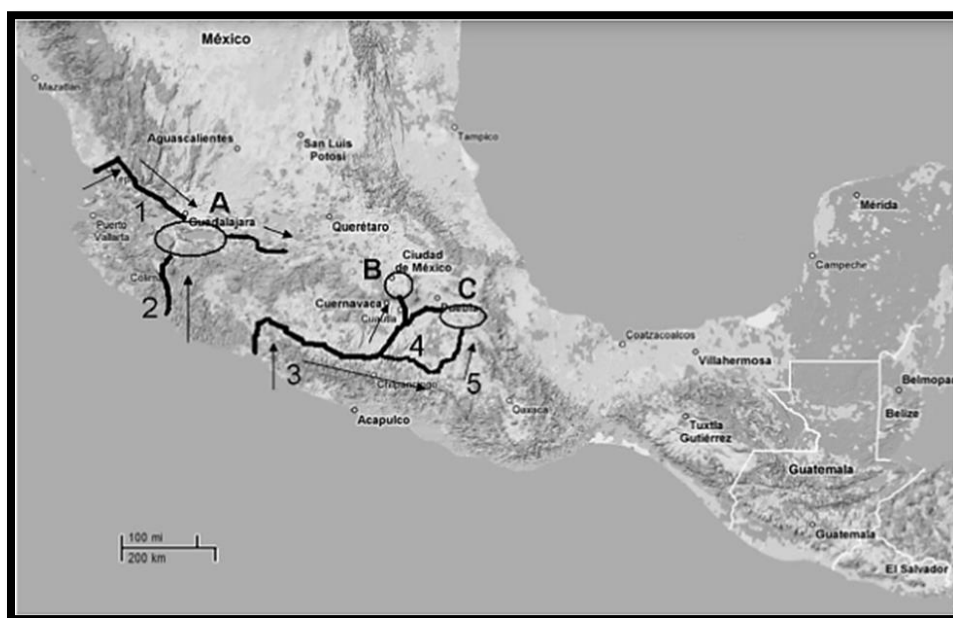


Figura 4. Probables rutas humanas en Mesoamérica a través de los ríos: (1) Grande de Santiago-Lerma, (2) Armería-Tuxcacuesco, (3) Balsas-Mezcala, (4) Amacuzac, (5) Mezcala-Nexpa-Atoyac. Principales sitios de caza de fauna Pleistocénica en el Eje Transversal Neovolcánico (A) ChapalaZacoalco-Sayula, (B) valle de México, (C) Puebla-Valsequillo (tomado de Zizumbo y Colunga, 2008).

Acosta et al., (2017), identifican almidones de maíz y/o teocintle, (semejante a lo expuesto en las mazorcas de Guilá Naquitz y Tehuacán), en artefactos y pisos de ocupación de la capa III, la que tiene mayor ocupación (figura 5), en el sitio precerámico de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, al sur de la Cuenca de México, con una antigüedad de 5435 ± 90 y

5210 ± 40 AP, fecha semejante en años del presente a las reportadas en Tehuacán y Guilá Naquitz.

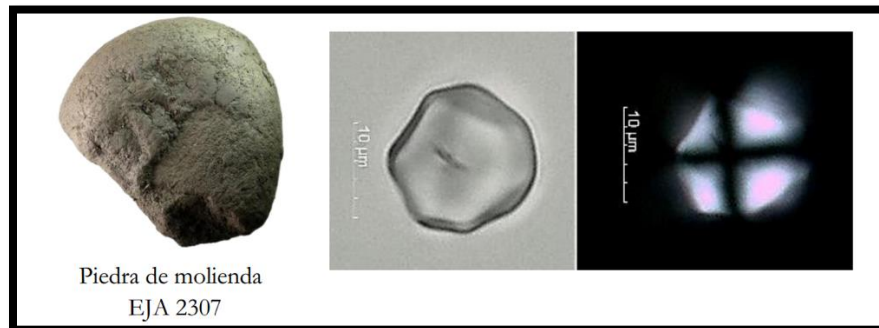


Figura 5. Almidón de maíz y/o teocintle, o híbrido encontrado en una piedra de molienda del sitio precerámico San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, CdMx. Acosta et al., (2017).

Los resultados de las investigaciones arqueológicas en Tehuacán, Guilá Naquitz y San Gregorio Atlapulco apoyarían la hipótesis del corredor del Centro de México propuesta por Zizumbo y Colunga (2008), ya que coinciden las regiones geográficas, Tehuacán-Puebla y Oaxaca, pero ¿qué pasa? con el corredor de la Cuenca del Río Balsas. Piperno D. R., Ranere, A. J., Holst, I., Iriarte, J., & Dickau, R. (2009) reporta granos de almidón de maíz (figura 6), en un artefacto de molienda en el abrigo rocoso de Xihuatoxtla, ubicado en la Cuenca del Balsas, Guerrero, con una temporalidad de 8,700 años AP. La evidencia la sustenta con base en el promedio que ella obtiene por un análisis estadístico cuantitativo (medida de tamaño de gránulos de almidón de teocintes y maíces), en la cual asegura que un determinado tamaño (debajo de 12 micras) preciso para separar los almidones de maíz de los de teocintle.

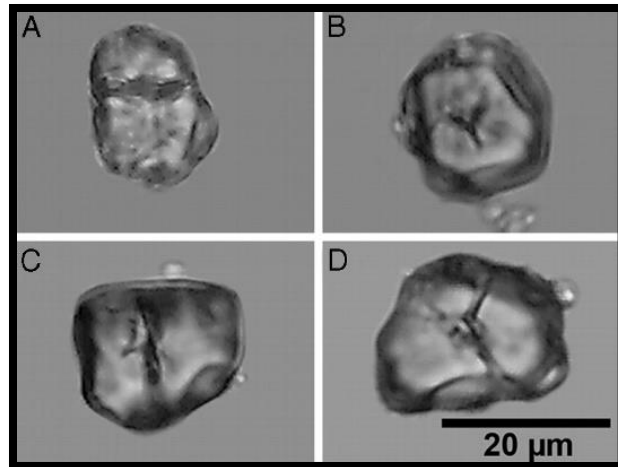


Figura 6. Almidones de maíz reportados por Piperno (2009), en artefactos de molienda del abrigo rocoso de Xihuatoxtla, Guerrero, México (tomado de Piperno (2009)).

Según Piperno (2011), poco después del Pleistoceno, el cual terminó alrededor de 11400 AP, los asentamientos humanos de la región neotropical comenzaron a cambiar el patrón de preferir sitios temporales, y empezó la tendencia a permanecer más tiempo o a regresar con más frecuencia a sus campamentos y a manipular sus entornos alterando los bosques, creando claros por medio de la roza tumba y quema. Desarrollaron herramientas que muestran por primera vez que la utilización de las plantas era tan importante estrategia económica como lo había sido la caza. La información arqueobotánica indica que la producción de alimentos se inició en varias localidades tropicales de Centroamérica y América del Sur durante el Holoceno temprano (entre 11000 y 7600 AP), no mucho tiempo después de que el clima y la vegetación Neotropical sufrieron cambios de climas fríos y templados a entornos húmedos y con mayor temperatura que a finales del pleistoceno.

Los datos arqueobotánicos provienen principalmente de microfósiles, como granos de almidón recuperados de piedras de molienda, cálculos dentales, fitolitos extraídos de lítica pulida y de sedimentos asociados a ocupaciones (Piperno, 2011). En varios casos, los

fitolitos y los granos de almidón han sido datados directamente. La información macrobotánica está disponible en Colombia y en el norte de Perú. Los datos paleoecológicos indican la presencia de carbón vegetal de cultivos y / o modificación vegetal cultural, Piperno (2011). Piperno nos dice que, a diferencia del Cercano Oriente y China, la producción de alimentos Neotropicales en América no se originó y afianzo en contextos de grandes aldeas permanentes y nucleadas situadas en los principales valles de los ríos sino, en sitios como los hasta ahora investigados: la región del Balsas en el suroeste de México, centro y oeste de Panamá, el suroeste de Ecuador, las regiones de Cauca en Colombia y Porce en el norte de Perú, estos indican que entre 11000 y 7000 AP, son refugios típicamente en abrigos rocosos y pequeñas ocupaciones al aire libre que se encontraban junto a cursos de agua secundarios y arroyos estacionales, cuyas áreas de aluvión probablemente fueron utilizadas para el aprovechamiento agrícola (Tabla 2).

Site	Age	Crop plants
México:		
Guerrero State: Xihuatotla Shelter	By 7920±40 BP (by 8960–8940, 8850–8840, and 8780–8630 cal BP)	Maize (Phy and SG-GS), Cucurbita (Phy)
Tabasco State: San Andre´s	6208±47 BP (7204–6904 cal BP)	Maize (Phy, Po)
Panama:		
Central Pacific Panama: Aguadulce Rock Shelter	By ca. 8600 cal BP 6910±60 BP (7740–7640 cal BP)	Cucurbita moschata, leren, bottle gourd (Phy), Arrowroot (Phy, SG-GS) Maize, manioc (SG-GS)

Cueva de los Ladrones Cerro Mangote Western Panama: Chiriqui Rock Shelters Hornito	7061±81 BP(7922–7754 cal BP)	Maize (Phy)
	By ca. 5700 cal BP	Dioscorea trifida(SG-GS)
	6860±90 BP (7804–7631 cal BP)	Maize (SG-GS, Phy, Po)
	6810±110 (7779–7584 cal BP)	Maize (SG-GS)
	6560±120 BP (7554–7381 cal BP)	Arrowroot, maize (SG-GS) Manioc (SG-GS)
Ca. 5600 cal BP	Maize (SG-GS)	
6270±270 BP (7779–7584 cal BP)		
Colombia:		
Middle Porce Valley:	Between 6280±120 and 5880±80 BP (between 7321–7032 and 6799–6597 cal BP)	Maize (SG, Phy-GS;Po)
Middle Cauca Valley:		
El Jazmin	7590±90 BP (8493–8313 cal BP)	Dioscorea(SG-GS[D. trifida?])
	Between ca. 7000 and 5000 BP (ca. 8000–6000 cal BP)	Maize (Po)
Middle Cauca Valley, Calima Region:		
El Recreo	7980±120 and 7830±140 BP	C.cf.moschata(Phy);Persea americana (M, [Cul?]); Cucurbitaceae (M)
	(9001–8674 and 8903–8508 cal BP)	
Hacienda Lusitania	>5150±180 BP (>6138–5721 cal BP)	Maize (Po)
Hacienda El Dorado		Maize (Po)

Upper Cauca Valley:	6680±230 BP (7771–7349 cal BP)	Bottle gourd (M, Phy), Cucurbita (Phy [Cul. ?]), P. americana (M), Marantaceae (SG-GS [Cul. ?])
San Isidro	9530±100 BP (11,058–10,706 cal BP)	
Colombian Amazon:		
Middle Caquetá Region:		
Peña Roja		Cucurbita, leren, bottle gourd (Phy)
Abeja	8090±60 BP (9107–8884 cal BP)	Maize, manioc (Po)
	>469540 BP (>5539–5351 cal BP)	
Southwestern Ecuador:		
Las Vegas Sites:		
OGSE-80 and OGSE-67	Between 10,130±40 and 9320±250 BP (11,750–10,220 cal BP)	Cucurbita ecuadorensis (Phy)
	9320±250 BP (11,060–10,950, 10,780–10,220 cal BP)	Leren, bottle Gourd (Phy)
	7170±60 BP (8015–7945 cal BP)	Maize (Phy)
	>5820±180 BP (6850–6810 cal BP)	Maize (Phy)
Valdivia Sites:		
Real Alto	Ca. 4300 BP (ca. 5000 cal BP)	Leren, achira, arrowroot, maize, manioc (SG, Phy-GS; Phy), jack bean, cotton (M)
Loma Alta	4470±40 BP (5260–5000 cal BP)	Arrowroot, maize, manioc, jack bean, Capsicum (SG-Cer)

Ecuadorian Amazon: Ayauchi	Ca. 5500–4400 BP (ca. 6500–5200 cal BP)	Maize, Cucurbita, Achira (Phy)
	Ca. 5300 BP (ca. 6000 cal BP)	Maize (Po, Phy-Lake sediments)
Eastern Amazon: Geral, Brazil	5760±90 BP (6662–6464 cal BP) Ca. 3350 BP (ca. 3800 BP)	Slash-and-burn cultivation (?) Maize (Po, Phy-Lake sediments)
Northern Peru: Zaña Valley	9240±50 BP (10402–10253 cal BP) 7840±40 BP (8630–8580 cal BP) 5490±60 BP (6301–6133 cal BP) Ca. 7500 BP (ca. 8500 cal BP) 8210±180 BP (9403–8784 cal BP)	C. moschata(M) Arachis sp. (M) Cotton (M) Manioc (M) C. moschata, Arachis, Phaseolus, Inga feuillei (SG-HT)
Siches	7120±50 BP (7950 cal BP)	Coca (Erythroxylum novagranatense var truxillense;M)
Southern Coastal Peru: Paloma	9533±65 BP (11015–10885 cal BP; BGS 2426) and 9222±60 BP (10243–10306 cal BP; BGS 2475) Ca. 7800 BP (ca. 8800 cal BP)	Cucurbita(Phy) Bottle gourd (M) Cucurbita ficifolia(M)

Chilca 1	5070±40 BP (5900–5740 cal BP)	Phaseolus lunatus, Cucurbita
	By 5300–4700 BP (6500–5700 cal BP)	spp., guava (Psidium guajava;M) P. lunatus(M)
Quebrada Jaguay	5616±57 BP (6440–6310 cal BP)	Cucurbita, Achira, Jicama
	By 4400 BP (5400 cal BP)	(Pachyrhizus ahipa), jack vean Bottle gourd (M)
	7660±50 BP (8445–8395 cal BP)	
Southeastern Uruguay:		
Los Ajos	4190±40 BP (4800–4540 cal BP)	Maize,Phaseolus(SG-GS); maize,Cucurbita(Phy)

Tabla 2. Cuadro de sitios precerámicos en América tomado de Piperno (2011)

Cruz (2014), reporta almidones de teocintle en el abrigo de Santa Marta, Chiapas, en pisos de ocupación y artefactos de molienda de la capa XVI nivel 1 (Figura 7), con una temporalidad para inicios del holoceno, cerca de hace 12,206–12,655 cal BP (Solís-Torres, Óscar R. & Acosta Ochoa, Guillermo & Arroyo-Cabrales, Joaquin & Flores-Granados, Fabio & Roberts, Patrick. 2021)

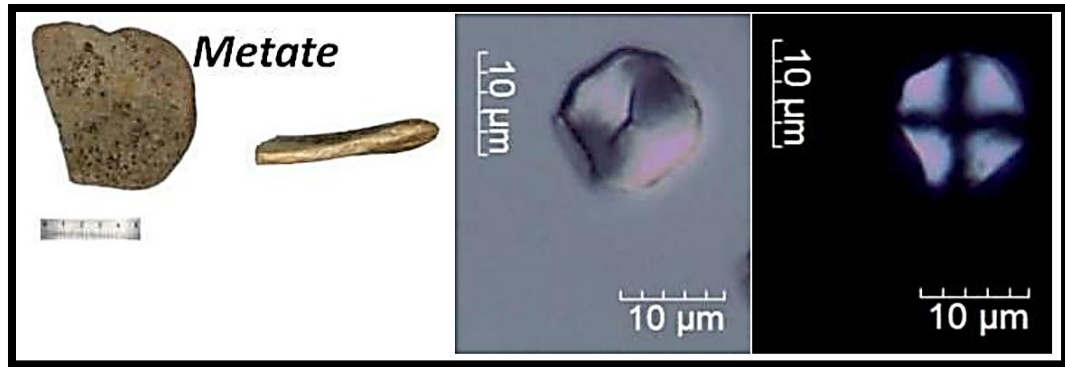


Figura 7. Almidones de teocinte, extraídos de un metate del sitio de Santa Marta, Chiapas (Cruz, 2014).

Los datos arqueológicos hasta ahora expuestos, coinciden con los dos corredores hipotéticos propuestos por Zizumbo y Colunga (2008) (Valles intermontanos del centro de México de Tehuacán-Puebla y Oaxaca, y áreas bajas del suroeste, en la cuenca del Balsas) y al parecer los resultados tanto de macrorestos como microrestos hacen posible una hibridación de los dos modelos. A manera de resumen, podemos decir que las evidencias arqueológicas para la manipulación hacia la domesticación tienen fechas alrededor de 5000 a 6000 AP, antes de esas fechas sólo están los almidones de teocinte reportados por Piperno (2009) en Guerrero, Cruz (2014) en Santa Marta, Acosta et al., (2017) y Vera (2019) en la Cuenca de México, por lo que podemos darnos una idea de cuando inició el proceso de domesticación a partir del teocintle. Pero explicar el ¿Cómo? quizás resulte todavía difícil de responder.

Lema (2010) comenta que a veces se ve a la domesticación como un proceso lineal, es decir, no puede existir agricultura sin domesticación, o la coexistencia entre ambos. Según ella al analizar las prácticas de manejo del entorno vegetal debemos considerar al menos tres niveles de análisis:

- Un primer nivel es el del paisaje entendido como el medio natural sujeto a manejo y convertido en un ambiente físico cultural e históricamente determinado que incluye la totalidad de las plantas del entorno.
- El segundo es el de asociaciones (inter-específicas) entre poblaciones vegetales de distintos taxa en microambientes dentro del paisaje análisis de comunidades y ecosistemas
- El tercero es el de las poblaciones (intra-específicas) de un taxón determinado, unidad sobre la que operan los procesos de especiación y de domesticación.

Con los niveles de análisis anteriores, se ha podido romper con las limitaciones dicotómicas o dualistas de, silvestre-domesticado, cazador recolector-agricultor, productor-no productor, autóctono-alóctono, creando una diversidad de conceptos menos rígidos, como: cultivo sin domesticación, tolerancia de especies, selección no homogeneizadora, erradicación de malezas y protección de germoplasma (es decir, eliminar la competencia a la especie con importancia para los humanos), relativizando así la idea de encontrar el paso o la adopción del modo de vida agrícola (Lema, 2010). Coincido con Lema, ya que muy difícilmente se dio un paso inmediato de la recolección hacia una agricultura, debieron existir diversas formas de llegar a una agricultura.

Emily McClung (2012), nos dice que agricultura implica el establecimiento de un sistema de subsistencia humana en el que la producción y el consumo de plantas cultivadas, principalmente las domesticadas, son fundamentales. Representa la culminación de una serie de procesos interrelacionados, ya sean de carácter socioeconómico o biológico y ecológico. La explotación de determinadas plantas no implicaba necesariamente su domesticación.

Como se mencionó anteriormente el paso de la recolección hacia una agricultura debió seguir distintos caminos, en este sentido, Rindos (1984) propone que la agricultura es un proceso gradual originado quizás desde fines del Pleistoceno y considera la domesticación como el resultado de interacciones coevolutivas entre seres humanos y plantas; el trabajo de Ramos-Madrigal (2016) así lo demuestra en el aspecto genético. Estas interacciones pueden ser de tres formas dependiendo las conductas humanas y condiciones ecológicas específicas en que se llevará a cabo:

Domesticación incidental. Es el resultado de la dispersión humana y protección de plantas silvestres en el entorno general, a través del tiempo, esta relación será selectiva de cambios morfológicos en las plantas, preadaptándolas (iniciando los cambios fenotípicos) para una posterior domesticación.

Domesticación especializada. Es mediada por el impacto medioambiental de los seres humanos, especialmente en las áreas locales donde residen. El resultado más importante de este tipo de domesticación es el desarrollo de un nicho ecológico único, por ejemplo en el caso mesoamericano, sería quizás algunos cultivos.

Domesticación agrícola. Es la culminación de los dos procesos anteriores. Supone la evolución de plantas en respuesta a las condiciones agroecológicas existentes. Este último proceso es equivalente a lo que generalmente se designa como domesticación, es decir, los vegetales ya dependen totalmente del cuidado de la humanidad para su desarrollo.

También la domesticación se ha abordado tradicionalmente con preguntas de ¿Cuándo? y ¿Dónde? Lema (2010) opina que es mejor buscar el ¿Cómo?, siendo una problemática fuertemente relacionada con el cambio de la relación entre sociedades humanas y comunidades vegetales con perspectiva diacrónica, a pesar de que este proceso de

domesticación sea un proceso de selección artificial, no debemos dejar de lado que las plantas siguen también sometidas a procesos y mecanismos evolutivos naturales. La intervención y el manejo de recursos silvestres no implican necesariamente domesticación, aunque obviamente no la excluyen.

A continuación resumiré las investigaciones en genética que a mi parecer aportan y complementan información sobre el proceso de domesticación del maíz en México y Sudamérica.

1.2 Estudios genéticos

Ya desde la primera mitad del siglo XX, diferentes científicos, como por ejemplo el botánico y genetista Vavilov (1950) sostenía que son ocho los centros fundamentales del origen de las plantas cultivadas en el mundo, y son los siguientes:

- China,
- India, y Región Indo-Malaya,
- Asia Central, incluyendo Pakistán, Punjab, Kashmir, Afganistán y Turkeistán,
- Cercano Oriente,
- Mediterráneo,
- Etiopía,
- Sur de México y Centroamérica,
- Sudamérica (8. Ecuador, Perú, Bolivia; 8a. Chile; 8b. Brasil-Paraguay).

Tal como probaron sus investigaciones, estos centros tienen el papel de acumuladores de una asombrosa diversidad de variedades, como las de maíz en el sur de México de donde se cree es originaria esta planta. Sin embargo, la diversidad de variedades por sí sola no siempre determina el primer centro de origen de la planta cultivada.

En el libro *Origen y diversificación del Maíz* de Kato, et al., (2009) mencionan la importancia de la región del Balsas en el estado de Guerrero, Michoacán y México, en el tema de la domesticación del maíz, la cita es la siguiente:

“Mediante un análisis genotípico de 99 *loci* de microsatélites en muestras de maíz provenientes del continente americano y de teocintle mexicano y guatemalteco, Matsuoka *et al.*, (2002) concluyen que el maíz tuvo un origen unicéntrico, surgió en la parte central de la cuenca del Río Balsas, en Michoacán, Guerrero, y México, siendo, por lo tanto, monofilético a partir del teocintle variedad Balsas, o *Z. mays* spp. *parviglumis*. Sin embargo, Matsuoka *et al.*, (2002) en su estudio utilizaron una muestra muy pequeña de una planta por población de maíz y de teocintle, por lo que no se conoce bien, la variación existente dentro de cada población y entre poblaciones de origen geográfico distinto. ¿Con muestras más grandes se hubieran obtenidos resultados y conclusiones diferentes? En este sentido Fukunaga *et al.*, (2005) hacen un estudio similar al de Matsuoka *et al.*, (2002) utilizando 93 microsatélites de 172 muestras de diferentes teocintles entre México y Nicaragua. Incluyeron dos plantas de *Tripsacum*, una de *T. zopilotense* y una de *T. peruvianum*, como un grupo externo en los análisis filogenéticos. En este caso, utilizaron muestras mayores de una a cinco plantas por población. Haciendo un análisis de estructura poblacional encuentran que el 48% de las plantas de spp. *parviglumis* estudiadas tienen un contenido de un 25% o más de germoplasma de maíz; esto último lo interpretan como una consecuencia del origen reciente del maíz a partir de este teocintle. En cambio el maíz y la spp. *mexicana* (variedades Chalco y Mesa Central) tienen germoplasmas muy distintos y solamente el 8% del germoplasma de spp. *mexicana* es compartido del maíz. Las observaciones de campo indican que, morfológicamente, el teocintle variedad Chalco (spp. *mexicana*) es el que tiene mayor similitud al maíz y que la variedad Balsas (spp. *parviglumis*) es el que muestra menos parecido al maíz (Wilkes, 1967). ¿Cómo explicar que el teocintle que contiene menor cantidad de germoplasma de maíz sea más parecido a este último y que, por el contrario, el teocintle que contiene una mayor proporción de germoplasma ancestral de maíz muestre la menor similitud a éste?” (Kato et al., 2009)

Matsuoka *et al.*, (2002) concluyen que el maíz tuvo un origen unicéntrico, la región del Río Balsas, y que tiene una relación más estrecha hablando de germoplasma con spp.

parviglumis y alejado con spp. *mexicana*. Sin embargo, ellos mismos aclaran que la muestra para la realización de estos estudios es poco numerosa, y se apoyan en otra investigación para darle confiabilidad al mismo. Además de que queda débil la explicación de la diversidad de variedades actuales de maíces.

Por otra parte, Kato (2016) demuestra, que el ancestro silvestre del maíz fue domesticado a partir del teocintle anual mexicano (todas las especies de teocinte), por medio de dos evidencias citológicas 1) La morfología de los cromosomas paquiténicos de ambas especies son idénticas en todos los detalles visibles al microscopio, lo que sería imposible si ambas especies, el teocintle y el maíz hubieran evolucionado de forma independiente y 2) la constitución de nudos cromosómicos de los teocintles guatemaltecos, se caracterizan por tener los nudos terminales, es decir en los extremos, a diferencia de los mexicanos, los cuales tienen nudos intercalares, esta última característica compartida con los maíces.

Además, Kato (2016) defiende que la teoría multicéntrica del origen del maíz es la que tiene mayor capacidad explicativa y mayor confiabilidad tanto en el origen como en su diversidad, en comparación con la unicéntrica, ya que la muestra se realizó en más de cinco mil plantas de varias variedades, poblaciones de maíz y teocintle de todo el continente americano. El método de análisis que realizó fue el de distribuir las frecuencias relativas de cada población en mapas según el origen geográfico de cada una de ellas y analizar si se formaban patrones específicos de distribución geográfica o racial. Los resultados arrojaron que el maíz se originó en al menos cinco centros geográficos en Mesoamérica, formando en cada centro un germoplasma primigenio y son los siguientes:

1. Mesa central del altiplano mexicano
2. Región de altitud intermedia en Morelos, Guerrero y Edo. Mex.

3. El occidente del estado actual de Oaxaca.
4. Región entre los actuales estados de Oaxaca y Chiapas.
5. Parte alta de Guatemala

Kato, *et al.*, (2009) Mencionan que el tiempo estimado del origen del maíz en la parte central de la Cuenca del Balsas con datos de microsátélites, es de hace 9188 años y en otras regiones de México, Centro y Sudamérica la evidencia de la presencia del maíz tiene menor antigüedad que en la región mencionada anteriormente: Así, en el Valle de Iguala, Guerrero, el maíz ya era cultivado alrededor de 7,500 años AP; Guilá Naquitz, Oaxaca, 5,412 años AP

Ramos-Madrigal *et al.*, (2016) en su estudio con mazorcas arqueológicas procedentes de la cueva de Coxcatlán en Tehuacán, comparó los germoplasmas de Teocintle y maíz de varias regiones del continente, para establecer a que especies se acerca más la muestra que analizaron (#162).

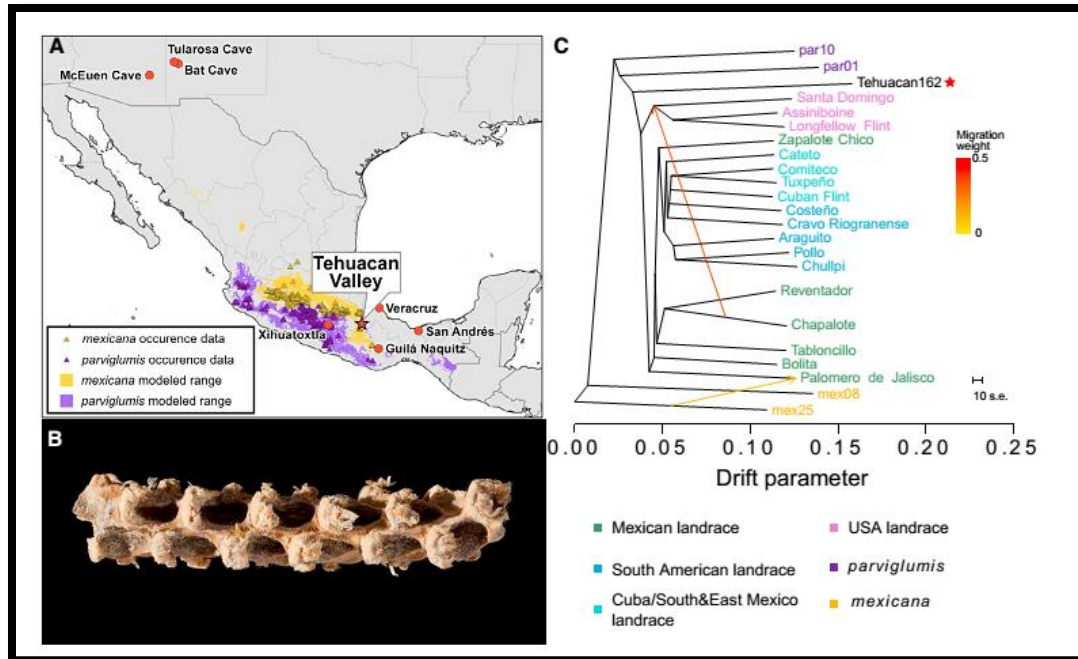


Figura 8. Muestra 162 arqueológica analizada y comparada con especies de maíces y teocintes de varias regiones del continente americano. (Ramos-Madrigal et al., 2016)

El resultado de los análisis coloca la muestra arqueológica en un punto intermedio entre los maíces domesticados y los teocintes; es decir, el genoma de la muestra arqueológica es equidistante tanto hacia el genoma domesticado como al silvestre (Figura 8), La muestra 162, tiene 5310 cal AP años de antigüedad, y como se mencionó anteriormente, por relojes moleculares los genetistas establecen que la domesticación inició probablemente hace 10000 años, lo que hace una coincidencia al estar a mitad de camino¹ hacia la domesticación del maíz.

En el siguiente cuadro hace una comparación específica de ciertos genes que dan características fenotípicas, es decir, características que pueden observarse físicamente, y

¹ A mitad del camino me refiero a que los rasgos morfológicos están en un intermedio entre un teocinte y un maíz contemporáneo.

tratar de establecer si ya había alguna tendencia específica que indique cuáles eran los rasgos de domesticación de importancia a esos pobladores Figura 9.

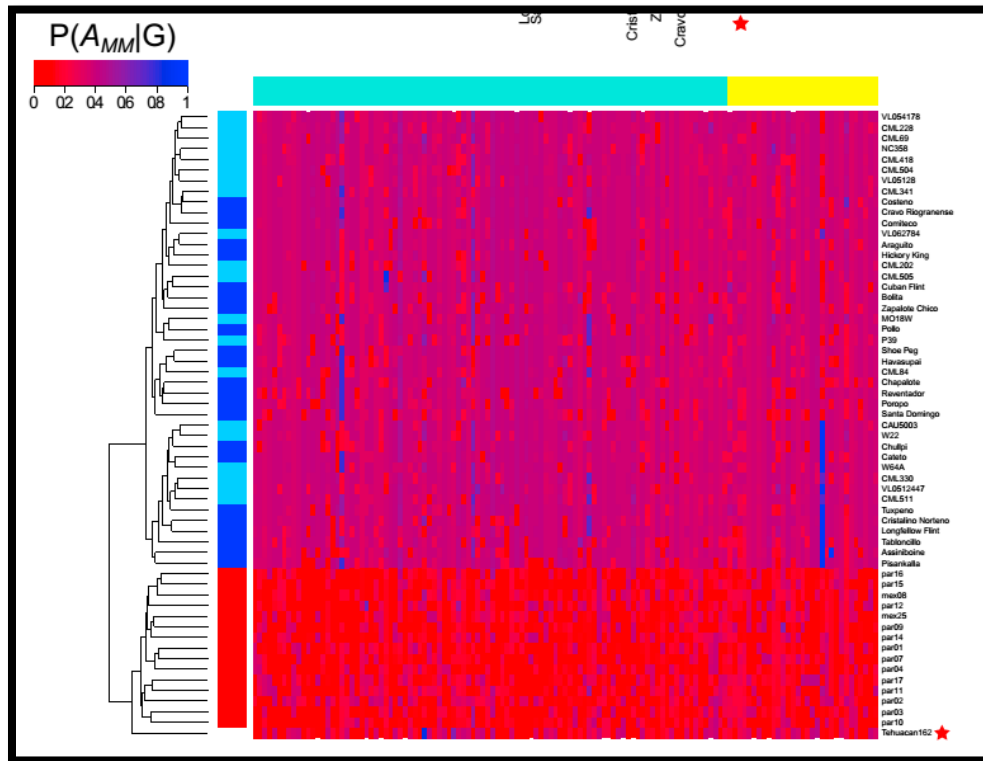


Figura 9. Cuadro de comparación con genes con rasgos fenotípicos entre la muestra 162, contra los teocintes y maíces domesticados.

La comparación y resultado del cuadro anterior (Figura 9), permite inferir que la muestra arqueológica de Tehuacán tiene rasgos también en una etapa intermedia, pero anterior filogenéticamente hablando a todos los maíces domesticados. Resalta que el gen encargado de cubrir con la capa dura de sílice a los granos que existe en el teocinte, en esta muestra ya no la tiene, es decir los granos están desnudos como en el maíz. Otro gen que se sabe es responsable de darle un dulzor a los granos, como es el caso de los maíces prehispánicos tanto en Mesoamérica como en Norteamérica, tampoco está presente, por lo que este rasgo y su selección aparecieron probablemente posterior a esta muestra, (Madrigal 2016) Así

mismo ella comenta que desde el punto de vista biológico y arqueológico, el maíz domesticado representa un ejemplo de cambios morfológicos extremos que pueden ocurrir durante este proceso, y su cultivo prehistórico están intrínsecamente ligados al desarrollo cultural de las sociedades explicando la presencia de los grandes imperios en América gracias a que el maíz tiene un contenido nutricional diverso.

Moreno *et al.*, (2018), propone que a diferencia de la propuesta más aceptada de que el maíz se domesticó a partir de *Zea mays* spp. *parviglumis* de la región del balsas, sea la región del oeste de Jalisco, porque es un lugar con mayores probabilidades, ya que en su estudio realizado, incluyen subespecies de teocinte *parviglumis* y *mexicana* (figura 10), que en todos los estudios realizados anteriormente no habían tomado en cuenta.

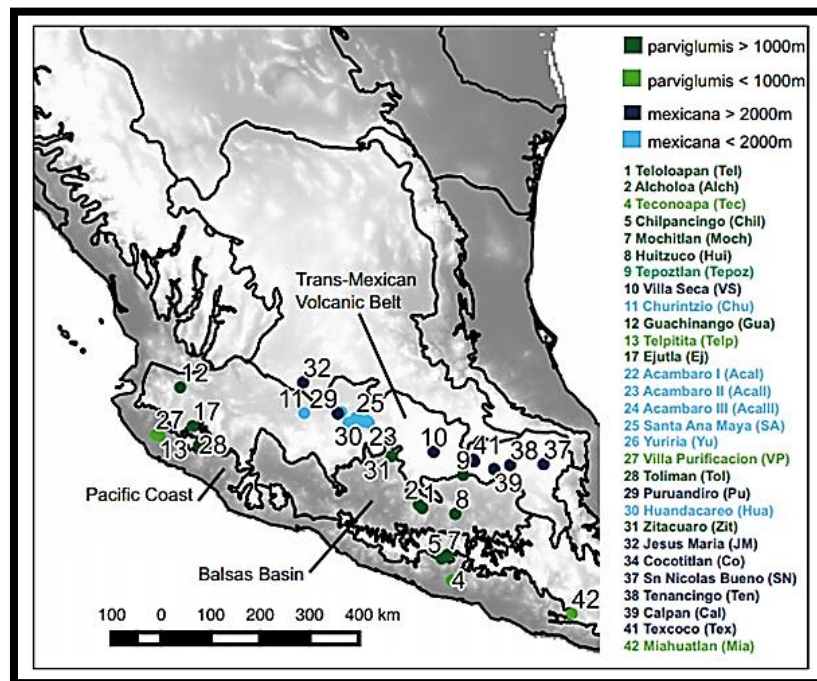


Figura 10. Mapa con las regiones y especies muestreadas para el estudio genético (tomado de Moreno *et al.*, (2018)).

Los resultados, cambian y amplían la visión sobre cuál variedad de teocintle es más cercana genéticamente al maíz, y sobre ¿cómo se dio el proceso de domesticación y sus subsecuentes introgresiones?, así como los flujos genéticos con *Zea mays* spp. *mexicana*. La subespecie *parviglumis* del occidente de Jalisco resulto con mayor cercanía genética que la subespecie en la región del balsas (Figura 11), además las variedades de subespecie mexicana en esta región, (las cuales crecen a mayor altura de los 2000 msnm), son más cercanas filogenéticamente a los maíces domesticados.

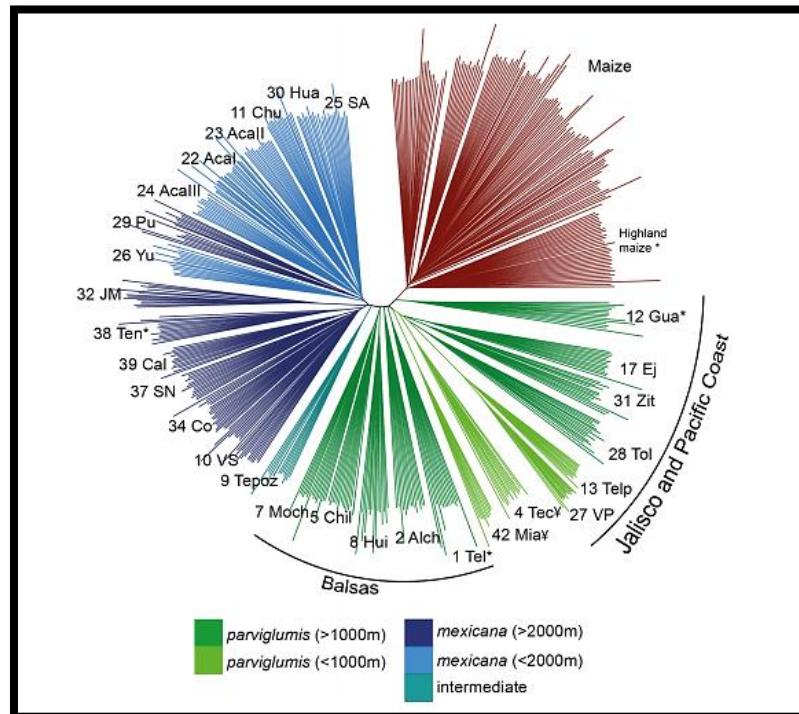


Figura 11. Dendrograma de Nei para observar la distancia genética de las muestras de maíz y teocinte. Los colores denotan la variedad y distribución altitudinal de las variedades de teocinte. La población con asteriscos se utilizó para inferir la introgresión ancestral en otras pruebas (tomado de Moreno et al., 2018).

Lo anterior obliga a replantear o complementar los modelos que explican ¿Cómo? y ¿Dónde? empezó el proceso de domesticación del maíz en México, ya que la región del Balsas era la más aceptada. No obstante, los resultados de esta investigación genética,

obligan a los arqueólogos a realizar investigaciones específicas en temas de agricultura y domesticación en la región del occidente de Jalisco.

Con la finalidad de reconstruir la historia evolutiva de este importante cereal, Logan Kistler, antropólogo estadounidense y su equipo analizaron el genoma de más de cien variedades modernas de maíz, de estas cuarenta obtenidas en la costa y sierra peruana, la selva amazónica y el este de Sudamérica, además de once restos arqueológicos de maíz de 500 a 10000 años de antigüedad (Kistler *et al.*, 2018).

Kistler *et al.*, (2018) comentaron, "Encontramos pruebas genéticas de que el maíz sudamericano salió de México cuando el proceso de domesticación aún estaba en curso" De acuerdo al investigador, la arqueología y la genética coinciden: el proceso de domesticación empezó en el sur de México y aquel proto-maíz, como lo prueba el estudio de Madrigal (2016), se dispersó por el continente y acabó siendo el actual maíz en procesos evolutivos paralelos. Los análisis muestran que las variedades tradicionales cultivadas en Brasil son las más alejadas genéticamente del teocinte nativo mexicano del Balsas, y aparecen muy relacionadas con las muestras procedentes de la región andina y la costa del Pacífico, lo que al parecer va creando un corredor de cómo se fue difundiendo el maíz ¿a través de las migraciones humanas y o el intercambio? (Figura 12)

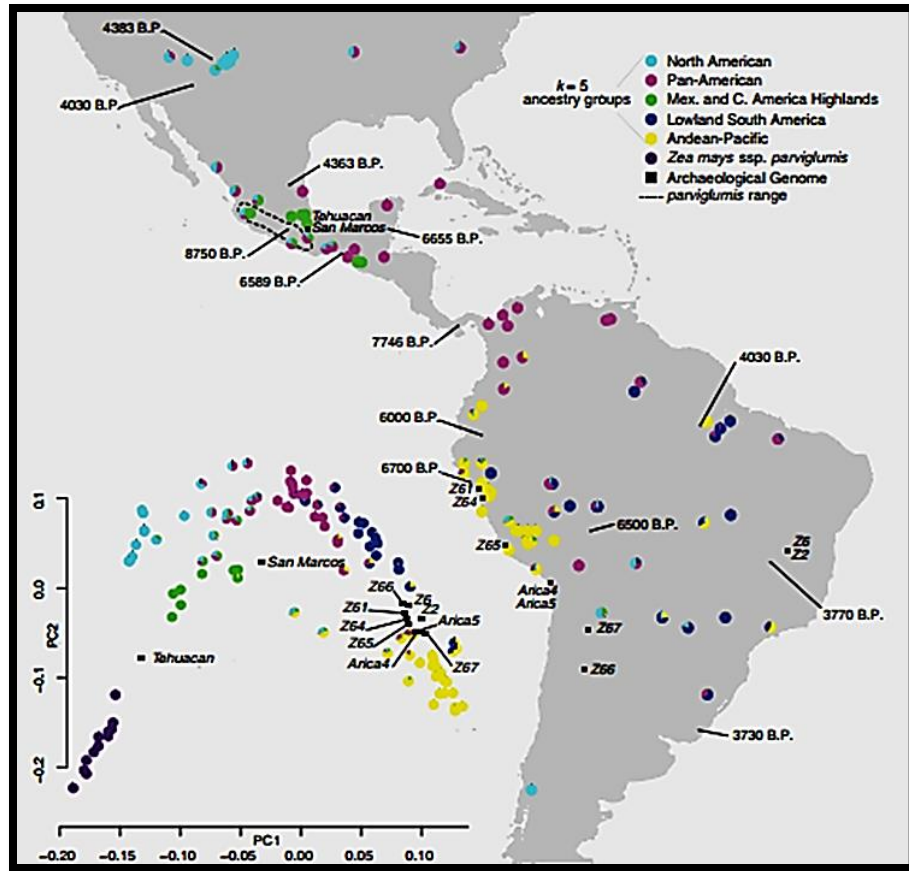


Figura 12. Mapa de las muestras realizadas por Kistler y las fechas por región (tomado de Kistler *et al.*, 2018).

En resumen, la explicación de Kistler, dice que hace 6000 AP un proto-maíz a “la mitad” de la domesticación llegó a una región del suroeste del Amazonas donde ya cultivaban otras plantas en proceso de domesticación como, yuca y cacao. Dos mil años más tarde, el maíz ya se había extendido de manera amplia por Sudamérica, y que finalmente la evidencia genética y arqueológica también se alinea para sugerir que el cultivo de maíz se expandió hacia el este por segunda vez, desde la región de los Andes hacia el Atlántico, hace aproximadamente 1000 años.

En otro artículo Moreno-Letelier A, y colegas (2020) toman como guía de investigación la importancia del flujo de genes en parientes silvestres y cómo influyen en el proceso de

domesticación, los autores argumentan que en los estudios genéticos previos no se tomaron en cuenta la diversidad que tiene el *Zea mays ssp parviglumis*, ya que pueden agruparse de forma diferencial si se suman a la muestra los de la región de Jalisco y Michoacán con los de Guerrero (Figura 13).

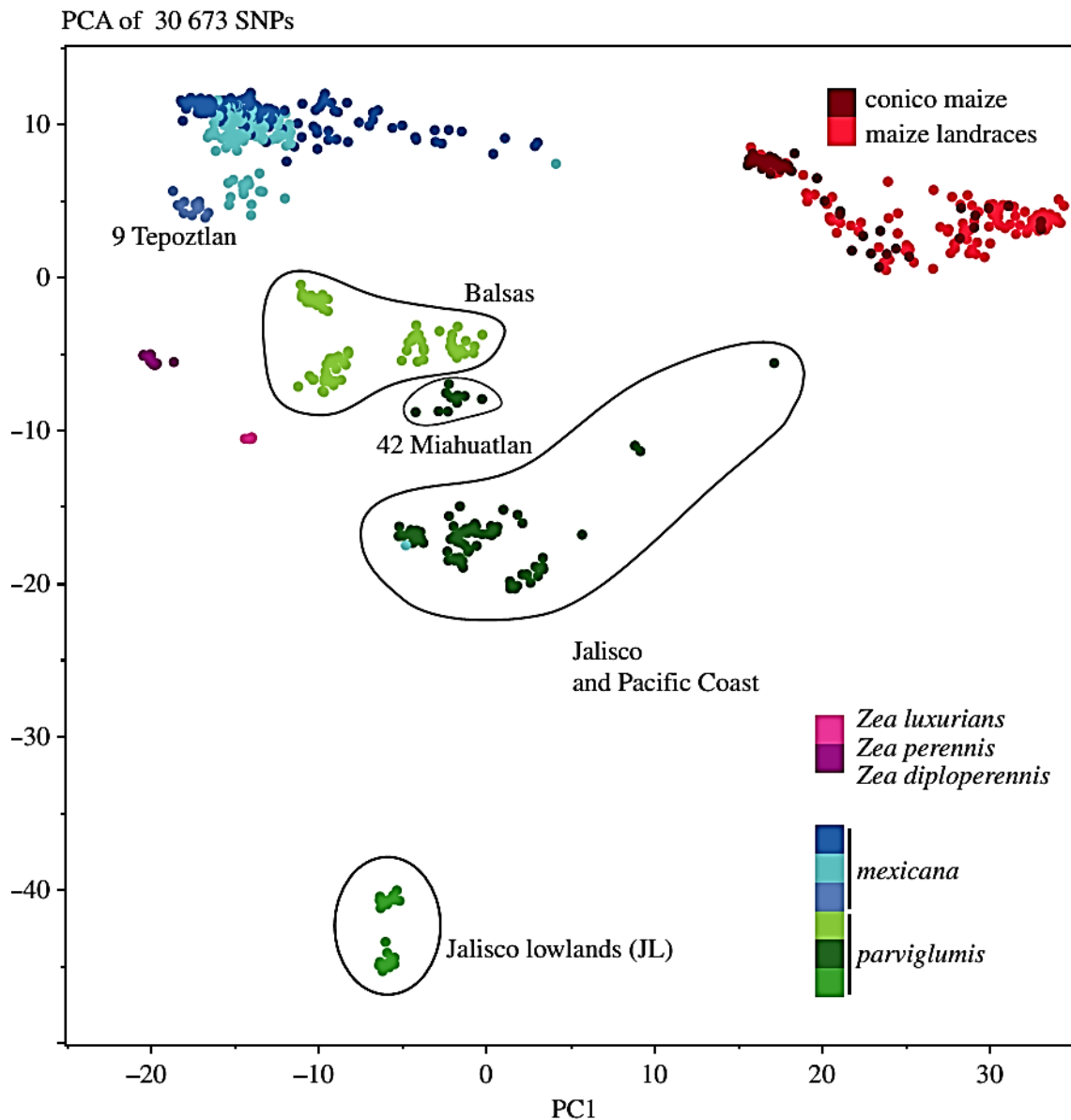


Figura 13. Análisis de Componentes Principales de los distintos teocintes, cuadro tomado de Moreno-Letelier et al., (2020)

En la figura anterior observamos las distintas agrupaciones que hay de *Zea mays* ssp *parviglumis* que se forman con la muestra ampliada de las regiones de Jalisco, Michoacán y Guerrero, teniendo como resultado que el teocinte *parviglumis* más cercano filogenéticamente al maíz es de la región de Jalisco.

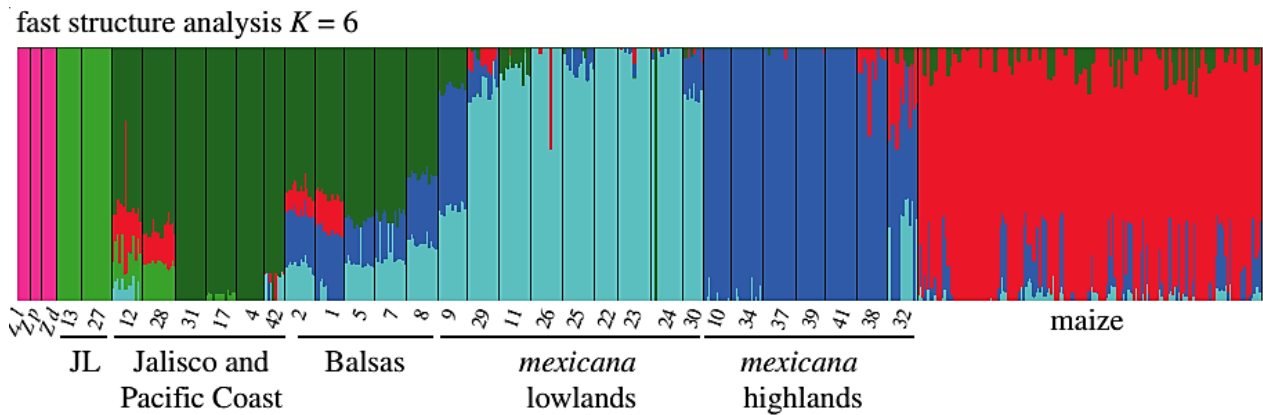


Figura 14. Heterogénea genética, cuadro tomado de Moreno-Letelier et al., 2020)

En la Figura 14 se observa que los *parviglumis* actuales de la región del Balsas son más heterogéneos genéticamente en comparación con los de la región de Jalisco, tienen genes tanto de *Zea mays* spp *mexicana* y algunos incluso de maíces, por lo que no son candidatos para establecer una cercanía confiable al maíz según (Moreno-Letelier A, y colegas 2020).

El segundo argumento de los autores consiste en que estudios genómicos recientes han demostrado que la domesticación es un proceso de origen múltiple, con flujo de genes en distintos tiempos entre especies domesticadas y silvestres, (figura 15) Moreno-Letelier et al., (2020:2), ponen como ejemplos los casos del cerdo, la cebada, chile, y frijol, los cuales contrastan con el modelo más aceptado en el maíz, el cual apunta a un solo evento (hace 9000 años) y una región de domesticación (la región del Balsas en Guerrero).

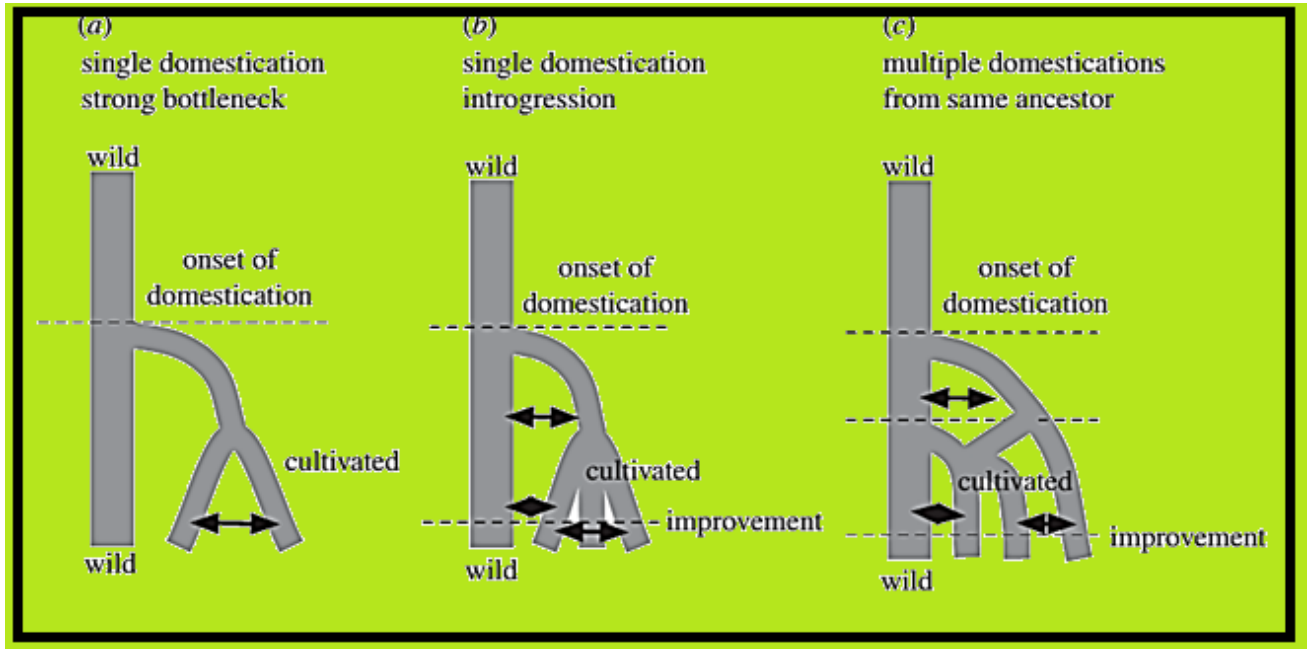


Figura 15. Distintos modelos probables de domesticación, cuadro tomado de Moreno-Letelier et al., (2020:3)

La adaptación del maíz de tierras bajas a tierras altas, se hizo por la introgresión de *Zea mays* spp *mexicana*, este flujo de genes comentan Moreno-Letelier et al., (2020), debió darse en el pasado, quizás momento después de la domesticación en tierras bajas de la región de Jalisco. Se realizaron otros análisis específicos en este mismo estudio para evaluar y tratar de explicar si ¿la variación del *Zea mays* spp *mays* proviene de un flujo génico y en qué momento? En la figura 16, las flechas muestran el flujo genético de introgresión del maíz con los *parviglumis* de Jalisco y posteriormente también un *Zea mays* spp *mexicana* de altura de la región Jesús María (también en Jalisco); algunas de estas introgresiones son ancestrales y otras recientes.

Con los antecedentes anteriormente expuestos, tanto arqueológicos como genéticos, me atrevo a sugerir que la discusión actual sobre la domesticación del maíz, debería centrarse en dos puntos:

1. Maíz domesticado a partir del teocintle de la región del Balsas o del occidente de Jalisco.
2. Múltiples zonas de domesticación con introgresiones históricas, tanto en la región “mesoamericana” como en Sudamérica.

También podemos concluir que el estudio de Kato *et al.*, (2009) donde calcula la fecha estimada del inicio de domesticación del maíz, coincide con las fechas arqueológicas y genéticas encontradas en los estudios mencionados. La propuesta del escenario alternativo expuesto por Moreno *et al.*, (2018), el cual implica mover la zona del Balsas como origen de la domesticación a la del occidente de Jalisco, tiene como importancia, además de ser una región diferente, mostrar la complejidad de los distintos momentos, formas y combinaciones que se dieron para llegar a la complejidad de las distintas variedades de maíz domesticado. Para Zizumbo y Colunga (2008), ambas zonas forman parte de este corredor ecológico propuesto por ellos de manera hipotética ya desde 2008.

Un aspecto que hay que resaltar es que los estudios genéticos de Kistler *et al.*, (2018), proponen un lugar primario (Mesoamérica) y uno secundario (Sudamérica) de domesticación, esto tiene implicaciones interesantes de carácter antropológico y arqueológico, ya que nos muestra una compleja red de interacción existente por parte de los habitantes de todo el continente americano desde inicios del Holoceno y quizás desde finales del Pleistoceno.

Qiuyue Chen *et al.*, (2020), Hacen un estudio de comparación entre genomas de teocintes y maíces de una misma región, para tratar de explicar cómo fue dándose el cambio fenotípico desde el teocinte hacia el maíz, aceptando que este último se domesticó a partir del primero hace nueve mil años, en un solo evento, por evidencia filogenética y arqueológica en la región del Balsas en los actuales estados de Guerrero y Michoacán, México. La morfología es muy distinta entre ambas especies: el teocinte por ejemplo tiene múltiples tallos, varias mazorcas de dos hileras con los granos envueltos que al madurar se rompen y liberan las semillas; en cambio el maíz, tiene un solo tallo y una o dos mazorcas con cientos de granos desnudos que no caen o se liberan del raquis al madurar, permanecen siempre en su lugar.

Para realizar el estudio anterior Qiuyue Chen *et al.*, (2020), hacen un rastreo genético entre las dos especies, teocinte y maíz de 18 rasgos de domesticación en sus QTL. Hay algunas funciones o rasgos que son controlados por uno o pocos genes y su rastreo se vuelve relativamente sencillo; sin embargo cuando estas características son controladas por conjuntos de genes, es decir por una región del genoma, se vuelve complejo, a estas regiones se les denominan *Locus* de caracteres cuantitativos (QTL, por sus siglas en inglés), ayudando así su seguimiento y su ubicación (Montoya Jaramillo, 2016). En algunos puntos importantes de esta investigación se dan cuenta que, contrario a lo que pudiera pensarse, el maíz posee menos QTL, que los teocintes. Resultando interesante, ya que estas regiones hubieran podido explicar los cambios morfológicos por la domesticación.

Además de las regiones QTL, existen otras que son totalmente diferentes si se comparan entre diferentes especies. Al evaluar si estas zonas pudieran explicar la diferencia entre teocinte y maíz, los autores Qiuyue Chen *et al.*, (2020) Concluyen que explican menos variación y además se dan cuenta que los QTL de cambios drásticos solo explican el 25%

de la diferenciación entre el teocintle y el maíz, entonces ¿qué pasa con el 75% restante?, los autores proponen que los grandes cambios morfológicos de la domesticación se deben a QTL's de efectos pequeños, es decir que el proceso de diferenciación necesitó más generaciones y tiempo para ser visible.

En la figura 17 se detectaron un total de 415 QTL en teocinte (rango de 3 a 52), pero solo 213 QTL en la variedad local de maíz. Los autores agruparon 18 rasgos en tres grupos, tiempo vegetativo/floración, rasgos reproductivos y de respuesta ambiental. De los tres grupos anteriores, los de respuesta ambiental son los que se perdieron más en el maíz con respecto a los que tiene el teocinte Qiuye Chen *et al.*, (2020), lo que nos obliga a pensar que a pesar que perdió esas cualidades de adaptación cuando fue domesticado, este puede desarrollarse en varios ambientes, ¿cómo es posible esto? En cambio las regiones en el ADN, que tienen que ver con el desarrollo de la planta en vida y los características reproductivas, la pérdida fue menor en su relación teocinte/maíz.

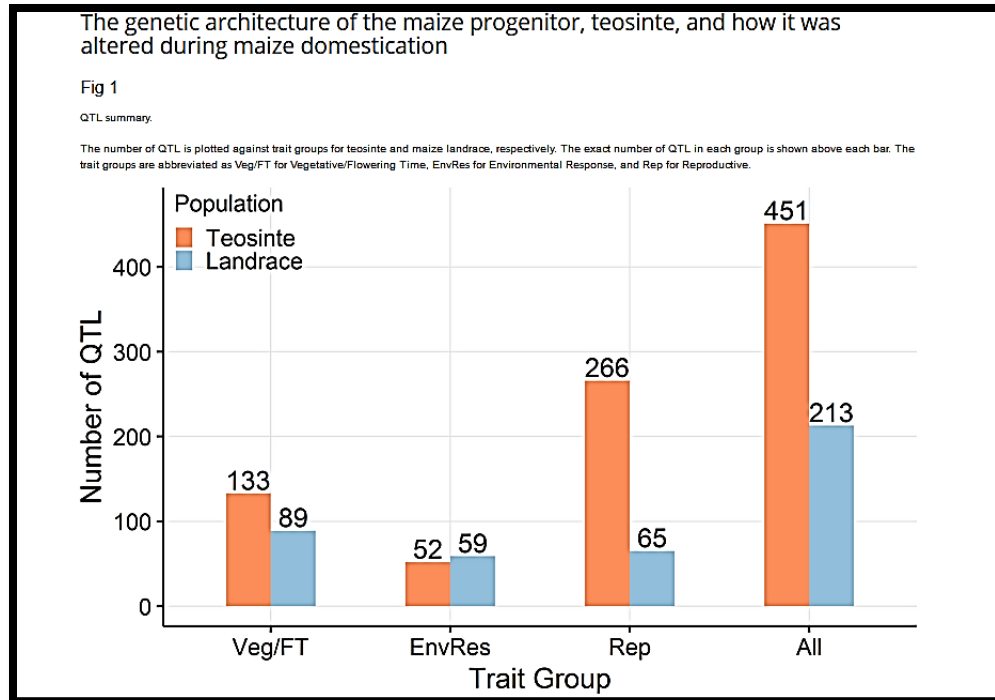


Figura 17. Número de QTL afectados del teocinte y maíz, imagen tomada de Qiuye Chen et al., (2020).

Qiuye Chen *et al.*, (2020), con su estudio y resultados, llegan a una serie de consideraciones muy importantes. No se les hace raro esta reducción de QTL de teocinte a maíz, ya que por una selección natural (cuello de botella) y artificial, reducen su diversidad de nucleótidos. En promedio, esta reducción es del 30% hasta el 60% para genes seleccionados a conciencia. Los autores hacen hincapié en que alelos raros o de gran efecto, es decir, que produzcan cambios radicales en las especies son raros porque desde la replicación de ADN hay mecanismos de equilibrio y corrección que los eliminan, finalmente los que logren reproducirse dependen del criterio de selección humana. Este conocimiento es sumamente esclarecedor y de cierta forma nos da una guía a los arqueólogos de ¿Cómo pudo darse el

proceso de domesticación del maíz?, el cual nunca dejó de estar sometido tanto a leyes naturales como a la subjetividad de selección humana. Lo postulado anteriormente según los autores explicaría sólo el 25% de diferenciación del teocinte con respecto al maíz, entonces ¿qué pasa con el 75% restante?, por lo que proponen tres hipótesis.

1. La heredabilidad faltante se debe en gran medida a las variantes raras de gran efecto.
2. La mayoría de la heredabilidad faltante es atribuible a variantes comunes de muy poco efecto.
3. Las estimaciones de heredabilidad de los estudios de gemelos clásicos están sesgadas hacia arriba, por lo que en realidad no hay falta de heredabilidad.

Finalmente, Qiuye Chen *et al.*, (2020), se inclinan hacia la hipótesis número dos, donde explican que la heredabilidad faltante, o dicho de otra forma, las características faltantes que hacen la diferencia entre el teocintle y el maíz, se debe a los QTL de pequeño efecto. La interpretación arqueológica a la segunda hipótesis sería que la domesticación probablemente no fue un suceso rápido, los cambios fueron graduales y pequeños a lo largo del tiempo, dado que quizás en una primera etapa las intenciones culturales de elección, serían controladas por mecanismos genéticos de control además de la presión de la selección natural y/o sus leyes, como podrían ejemplificar los estudios por Ramos-Madrigal (2016) en Tehuacán, Puebla, en donde se observan rasgos del maíz todavía más parecidos al teocintle, a pesar de haber pasado cerca de 3000 o 4000 años de haberse probablemente iniciado la domesticación.

CAPÍTULO 2 PRINCIPIOS TEÓRICO METODOLÓGICOS

2.1 Posición teórica

La investigación de la presente tesis pretende aportar información sobre ¿cómo? se dio el proceso de domesticación del maíz en México. Según estudios genéticos, este proceso empezó probablemente hace 9000 años AP como se señala en el capítulo anterior. Una aportación clave en este tema, es el reportado por Ramos-Madrigal (2016), ya que con base en la genética hace 5000 AP el maíz en la zona de Tehuacán se encuentra en un camino intermedio entre el teocintle y el *Zea mays* spp. *mays* domesticado, por lo que resulta interesante saber que ocurrió en los 4,000 años previos, y donde todavía este cereal no era siquiera la base alimentaria de las sociedades, fenómeno que ocurriría por lo menos unos 1,500 años después con las sociedades sedentarias ya establecidas.

Entonces si la domesticación del maíz empezó hace 9000 años según métodos de mutaciones moleculares, (Vielle, 2014) y se afianzó más o menos hace 2500 años, periodo que coincide con el Precerámico tardío y Formativo, porque fue durante este periodo cuando la agricultura se convirtió en el principal modo de subsistencia en Mesoamérica (Flannery, Marcus y Kowaleski, 1981; MacNeish, 1967; Stark, 1981; Willey, 1981; Benz y Long, 2000). El proceso domesticatorio se desarrolló durante 6500 años aproximadamente. En términos generales el medio ambiente en el territorio mexicano y las sociedades durante ese periodo de tiempo, sufrieron varios cambios, desde el final del periodo *Dryas*², hasta el cambio en la organización social,

² Enfriamiento climático a finales del pleistoceno entre 12700 y 11500 años atrás del presente

de sociedades cazadoras recolectoras a sedentarias.

Durante ese largo periodo de tiempo y dados los antecedentes sobre el tema de domesticación en México, considero relevante dar la misma importancia al desarrollo social y biológico-ambiental para abordar este tema, por lo que elegí el modelo de ciclo adaptativo (Holling, 2001) para evaluar los cambios coevolutivos de sociedades y medio ambiente, así como no menos importante la teoría de construcción de nicho (Lewontin, 1979 y 2000), que enfatiza la herencia ecológica y/o cultural como variable(s) importante(s) en las generaciones futuras de organismos que son capaces de modificar o transformar su medio, es decir, que un organismo que puede modificar su entorno, estos cambios permanecen a las generaciones futuras y benefician su permanencia, lo mismo en seres que son capaces de crear, transmitir y heredar conocimiento (cultura). Estos conceptos serán explicados a continuación en función del problema de estudio de la presente tesis.

2.1.2 Ciclos Adaptativos

La presencia de la Ecología Histórica en la década de los ochentas del siglo pasado, propuso nuevas propuestas teóricas, que intentaron ver un panorama con un alcance mayor del entorno ecológico, que incluyera a los seres humanos, no como sujetos pasivos en el medio ambiente, sino como activos, influyentes también en sistemas complejos en constante cambio, lo que marca una diferencia con el planteamiento ecológico cultural propuesto por Julian Steward (1955), el cual

colocaba al humano como ente pasivo, dependiente y adaptado al entorno natural. Al tener una visión adaptacionista del ser humano, los procesos de domesticación y agricultura, parecieran darle casi exclusividad al único objetivo de incrementar la cantidad de alimentos disponibles (Caponi, 2017), es decir solo buscar una mayor eficiencia de rendimiento en los recursos vegetales y las formas de obtenerlos. Colocando a los seres humanos solamente como mediadores de la presión ejercida por la selección natural.

En un sistema socioecológico (Se da la misma importancia activa tanto a las sociedades como a los ecosistemas de una zona en común) los dos sistemas coevolucionan (Redman, 2009).

Según Holling y Gunderson (2002), la sucesión o transición en los ecosistemas en las visiones tradicionales (procesos naturales que producen una secuencia de cambios en las comunidades biológicas, donde evoluciona la complejidad de un ecosistema, con cadenas tróficas de sencillas a sofisticadas, así como su biodiversidad), se pensaba era controlada por tres funciones:

1. Explotación (fase r), en el que las zonas de rápida colonización recientemente perturbadas se enfatizan (lo que crece rápido y fácil, abunda)
2. La conservación (fase K), en los que la acumulación es lenta, el almacenamiento de energía y de material se enfatizan (fase de estabilidad, no hay cambios relevantes en la biodiversidad así como en cantidad).
3. La liberación (fase Ω), durante este periodo de crisis, la incertidumbre es grande, el control es débil y confuso, dado que se ha presentado un escenario desconocido por lo que las acciones tradicionales son inefectivas.

Es el momento preciso para la reorganización y la incorporación de nuevos modelos.

En la primera década del nuevo milenio, los teóricos de la Resiliencia añaden una cuarta función clave: la reorganización (fase α), en esta, los recursos (materias primas, fuerza de trabajo, artefactos, nuevos deseos) se reorganizan en un nuevo sistema para aprovechar las oportunidades, se crean oportunidades para la innovación. Lo diferente aquí es, que este nuevo sistema puede parecerse a su predecesor y/o tienen nuevas características funcionales, además de ser un sistema estable de estado múltiple. Estas cuatro fases se han organizado en una metáfora: el "ciclo de adaptativo" propuesto por Holling (2001), representado por una "figura de ocho" como se muestra en la Figura 18, el cual permite analizar y comparar las trayectorias de los ecosistemas específicos contra esta teoría.

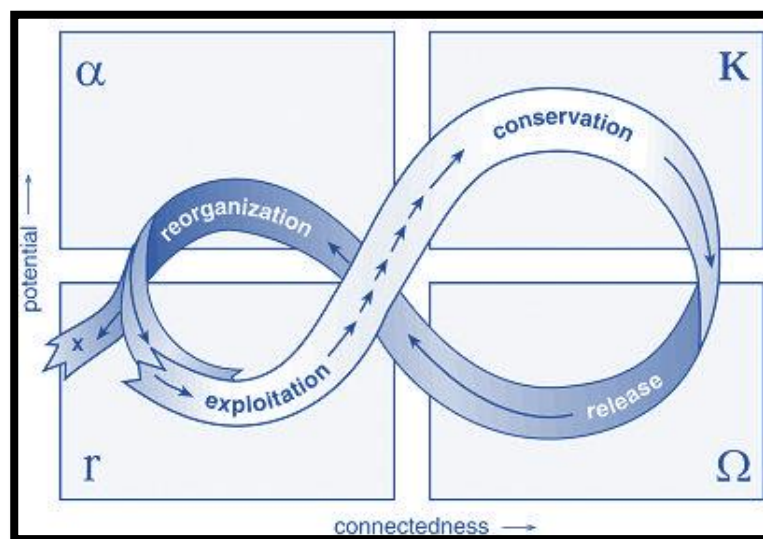


Figura 18. Ciclo adaptativo, tomado de Redman, (2005)

Las cuatro fases representadas en el modelo del ciclo adaptativo son:

1. El crecimiento o la explotación (r)
2. Conservación (K)
3. El colapso o la liberación (Ω)
4. Reorganización (α)

El ciclo adaptativo descrito anteriormente es contextual en cada caso. En otras palabras es distinto dependiendo la región, tiempo y diversidad de elementos que lo componen, en el caso de los humanos, la cultura. Considero útil el modelo, para caracterizar de manera “general” cómo cambió el medio ambiente en conjunto con las organizaciones sociales en el periodo comprendido desde hace 9000 años hasta hace 2000 años aproximadamente, periodo de tiempo en el que analizaremos la evaluación del proceso de domesticación del maíz (*Zea mays* spp *mays*) en el territorio que en la actualidad coincide con el de los Estados Unidos Mexicanos.

2.1.3 Teoría de construcción de Nicho

La Teoría de construcción de Nicho vislumbrada ya por Lewontin (1979) desde fines de la década de los setenta y afianzada en el año 2000, hace una crítica fuerte al concepto de adaptación, ya que este concepto dice que el ambiente gradualmente moldea a los organismos para que estos se adecuen, es decir que los organismos solo son entes pasivos que habitan el entorno natural, que no tienen incidencia importante en cambios o dirección que pueda tener este último

Para Lewontin, el estar de acuerdo con el concepto clásico de adaptación, sería aceptar la idea de que hay un mundo preexistente, donde el destino de los organismos que lo habitaran solo tienen como solución adaptarse a las condiciones naturales a las que se enfrentarán en cuanto lo habiten. (Lewontin, 1979), un ejemplo que él mencionaba, era “El organismo propone y el ambiente dispone”. Una de las nuevas posturas que la Teoría de construcción de nicho ofrece, es que tanto el medio ambiente influye en el sujeto que lo habita, como este último incide también en el entorno natural, formándose una retroalimentación. Lewontin señala dos categorías primordiales que el sujeto u organismo tiene:

- Delimitación del ambiente ecológico
- Transformación del ambiente ecológico

Es decir que dependiendo de las características de los organismos o sujetos (modo de funcionar de sus órganos, de su sistema nervioso, metabolismo, morfología), estos determinan qué elementos del mundo externo están articulados en la configuración de medio ambiente y cuáles de esos elementos son relevantes para

la relación con ellos (Lewontin 2000:52). En cuanto a la transformación del ambiente ecológico, se refiere a que los organismos no solo determinan los elementos del entorno natural que son relevantes para ellos, sino que además estos, construyen y transforman su mundo exterior, y a este nuevo producto es al que los organismos deben adaptarse para sobrevivir. Además, como algunas de estas transformaciones duran más que su tiempo de vida, estas construcciones son heredadas, por lo que sus descendientes ya no crecen con las condiciones iniciales a las que se enfrentaron sus progenitores, siendo beneficiados por sobre otras especies para su desarrollo y sobrevivencia (Lewontin, 2000).

Sin embargo no todas estas modificaciones del ambiente ecológico que los organismos transforman son siempre benéficas a la preservación de la población que las causa, por lo que se distingue entre una construcción de nicho positiva y otra negativa. En la primera las transformaciones ayudan a la supervivencia de los organismos que la producen, en la segunda perjudican de alguna manera su propio desarrollo y el de sus descendientes (Lewontin 2000:56-57).

Es importante señalar que la construcción del nicho no es exclusiva de algunas especies, sino que es un hecho de la vida, todos los organismos utilizan materia inorgánica para desarrollarse y sustentarse; además, todos secretan desechos, y estos repercuten también al medio ambiente (Laland, Odling-Smee y Feldman, 2001; Odling-Smee, J., Laland, K.N. y M. Feldman (2003)).

En resumen, La Teoría de construcción de nicho, tiene como principal propuesta y en contraste con la visión clásica de adaptación en la evolución de los organismos, “la transformación del medio ambiente”, esta influye en beneficio o perjudicial para una o varias especies, es decir, ya no pone al ser vivo en una posición pasiva, sino

activa. Pero dicho lo anterior, ¿De qué sirve la Teoría de Construcción de Nicho para esta investigación de tesis?, no olvidemos que nuestro problema a resolver, es el cómo se dio el proceso de domesticación del maíz en México.

Pudiera pensarse que la domesticación es finita o solo llega a un punto determinado, es mejor verla como un cambio continuo y no como un estado final. Al referirnos a ella como un progresivo, las plantas sometidas a esta, pueden presentar una variedad de alteraciones, desde cambios en la dinámica ecológica, debidas a la interacción del ambiente, hasta síndromes de domesticación que implican transformaciones a distintos niveles como: morfológicos, fenológicos, bioquímicos e incluso demográficos (Gepts 2008).

Spengler, R.N. (2021) en su artículo hace una revisión crítica a la Teoría de Construcción de Nicho y su aplicación a la arqueología, sobre todo a la distinción de Construcción de Nicho Humana, ya que como hemos visto, esta es la transformación exclusiva en el medio ambiente que hacen los humanos, y que si dicha transformación trasciende en generaciones, brinda una ventaja para sus descendientes, entonces para los arqueólogos, podrían resultar conocidos estos enunciados, ya que es equivalente a decir que la cultura es precisamente un conocimiento generado y heredado a través de generaciones que ayudará a tener una mejor adaptación-transformación para los futuros humanos.

Para Spengler es inquietante aceptar que todo el comportamiento social puede englobarse en la Teoría de Construcción de Nicho (TCN), por lo que; la sociología, la antropología, la arqueología y posiblemente la historia serían campos de estudio de la TCN, se pregunta ¿si los conceptos de esta teoría son más profundos con respecto a las otras disciplinas? ¿Se pierde diversidad al englobar en un solo

concepto muchos conceptos antropológicos-arqueológicos?, según para este autor los arqueólogos no tomamos en cuenta “los procesos”, y los ecólogos se olvidan de “los comportamientos”. La Teoría de Construcción de Nicho, dice ser una teoría evolutiva, la evolución es un fenómeno poblacional, entonces la discusión de su aplicación debe hacerse a escala poblacional y no debe conceptualizarse a nivel individual, y es aquí donde entramos en conflicto los científicos de la arqueología, según Spengler, R.N. (2021), algunos investigadores señalaron que todavía puede usarse como una herramienta filosófica (Adenzato, 2000; Godfrey-Smith, 2000; Townsend, 2000), opino lo mismo que estos autores, basarnos en la utilidad general tan criticada, como marco filosófico complementándolo con conceptos más precisos, por ejemplo del materialismo histórico.

Jardon y Gutierrez (2018:126), dicen que, si vemos al ser humano en la domesticación con incidencia secundaria sobre está, estaríamos dándole el carácter que el adaptacionismo clásico le ha dado y no habría ninguna propuesta novedosa, ya que el ambiente tendría que ser el único medio contra el cual se contrasta la planta cultivada, el encargado de mejorar los rendimientos y el agente causal del proceso evolutivo, por lo que no quedaría clara la construcción de Nicho en la domesticación; si en cambio le damos al humano esta misma jerarquía, ¿cómo observaríamos la incidencia de este?. Es decir, ¿cómo observaríamos una transformación provocada por las personas?

Desde que Odling-Smee, J., Laland, K.N. y M. Feldman (2003) publicaron su propuesta de Construcción de Nicho exploraron los alcances de esta teoría, para el estudio en específico de la construcción de nicho humana (CNH), entendido como la capacidad de los seres humanos de modificar o transformar a escala masiva el

ambiente en el que se desarrollan las sociedades a través de generaciones. Así, esta teoría abrió en principio una forma de superar desde la biología las explicaciones deterministas biológicas que adscribían primacía ontológica a los genes sobre la cultura. Pero al mismo tiempo, la perspectiva de la CNH ha pretendido abarcar de diferentes maneras a la herencia cultural dentro de su campo explicativo o al menos incluirla como parte de las vías adicionales a la genética (Jardón y Gutierrez, 2018:128).

A pesar de que el marxismo ha sido duramente criticado, resulta interesante cómo conceptos pertenecientes a este pueden ser de utilidad para comprender qué es lo que los seres humanos producen cuando construyen su nicho. No podemos perder de vista que la domesticación ocurre como parte de esta producción material-cultural de la vida humana (Jardón-Gutierrez, 2018:129)

Pero, ¿cómo podríamos observar la herencia cultural? ¿Cómo es que los seres humanos se apropian de la naturaleza?, es decir ¿cómo construyen su nicho?, podría decirse que lo modifican y transforman por la praxis productiva, que desde el marxismo se conoce como “trabajo”, y en algún momento histórico este produjo un excedente, la capacidad de producir por encima de la necesidad. Bolívar Echeverría (1998) señala que aparece también una especie de exceso en la existencia del ser humano. Esta desmesura estibaría en que el ser humano es un ser social-cultural y produce objetos útiles (valores de uso), pero no solo valiosos por su funcionalidad, sino además por una necesidad o significación socialmente determinada, es decir en términos coloquiales, cultura. (Jardón y Gutierrez, 2015:130)

Entonces queda claro que la teoría de construcción de nicho, le da una posición activa e influyente al sujeto u organismo, de manera que sus propias acciones y consecuencias en el medio ambiente afectarán su supervivencia y la de sus descendientes. Es decir, las construcciones que haga, beneficiarán o perjudicarán a su especie, otras especies y al medio mismo, provocando una retroalimentación. Estas transformaciones en el entorno que permanece más allá de su tiempo de vida, puede llamarse herencia ecológica o cultural en el caso del hombre, sin embargo es innegable que este último tiene la capacidad de influir a mayor escala en el grado de transformación a la naturaleza, incluso llamándole por los propios autores mencionados anteriormente Construcción de Nicho Humana.

Jardón y Gutiérrez (2015) definen que la domesticación debe verse como un proceso social-natural, porque en el desarrollo de este, influye tanto la selección natural, como la selección artificial guiada por el hombre. El ser humano ¿cómo construye su nicho?, ¿cómo realiza esta transformación necesaria en la naturaleza? Según nos dice la teoría, para los autores antes mencionados, lo hacen llamando un concepto marxista, “El Trabajo”, la manera en que el hombre se apropia del medio ambiente, lo transforma, lo cambia. Lo domestica para él, lo cual es una forma de construir nicho. Es aquí donde coincido con ellos y su propuesta la tomo para esta investigación.

Entonces, si la forma de transformar el medio ambiente por parte del hombre de acuerdo a la Teoría de Construcción de Nicho y sumado al concepto marxista, es el trabajo, este será heredado a los descendientes que lo elaboren. Un ejemplo particular de construir nicho sería el proceso de domesticación de acuerdo a Jardón y Gutierrez (2015), pero quedaría otra pregunta no menos importante, ¿Qué guía

la domesticación? Por un lado sabemos que la selección natural influye, pero ¿qué más? Estos mismos autores proponen otro concepto marxista para explicarlo, El Valor de Uso, lo cual propone que el ser humano produce objetos, artefactos útiles, y estos no siempre satisfacen una necesidad en abstracto, sino que también una necesidad socialmente determinada, es decir que dependiendo de sus gustos, deseos, pensamientos particulares e imaginación puedan existir, será la variedad con la que esos objetos o artefactos serán creados (Jardón y Gutiérrez, 2015).

Hablando de la domesticación de plantas, Jardón (2015), comenta que si se realiza una revisión de todas las plantas que el ser humano ha aprovechado con distintos fines son cerca de 250,000 plantas (figura 19), pero de todas estas, solo aproximadamente 500 son las que fueron sometidas al proceso de domesticación: la pregunta siguiente sería, ¿Por qué los seres humanos se quedaron con un número relativamente pequeño de plantas domesticadas?

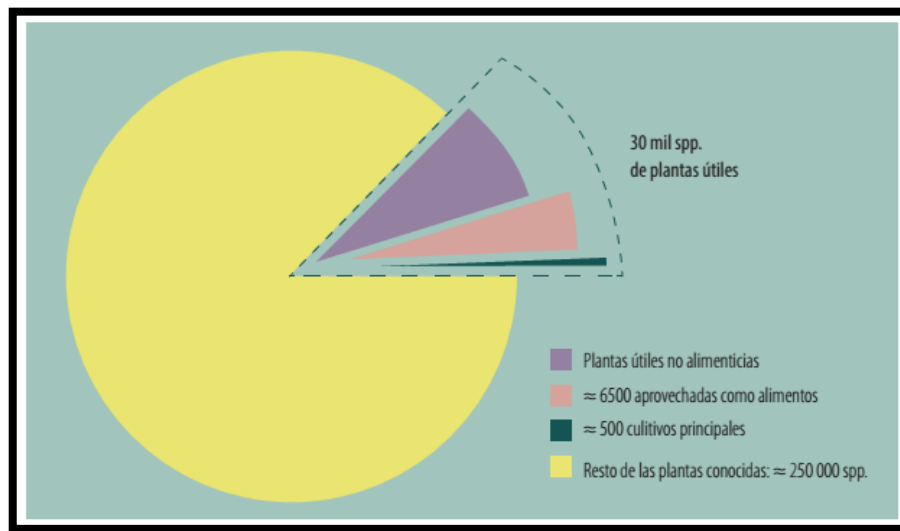


Figura 19. Gráfica tomada de Jardón y Gutierrez, (2018), donde muestra la poca proporción de plantas domesticadas en relación con las plantas reportadas con alguna utilidad

Vavilov (1950) había mostrado que una característica de algunas plantas domesticadas es la diversificación de las formas. Si bien él notaba que esto puede ocurrir también fuera de los centros de origen de las plantas domesticadas, es indudable la relevancia de la diversificación en los centros de origen de la agricultura, porque permite reconocer los procesos de cambio desde los parientes silvestres hacia las formas adaptadas al cultivo. Por otra parte, Jardón (2015:102) comenta que el hecho de que existan múltiples formas cultivadas, más de una variedad adaptada a un solo cultivo, introduce una dimensión adicional a la diversidad biológica, es decir que quizás se pudo perder diversidad de distintas especies, pero se gana en diversidad de una misma.

Resulta entonces interesante saber, ¿qué es lo que movió esas diversidades dentro de las especies domesticadas?, como es posible que esa diversidad morfológica, fenológica, fisiológica y genética se desarrolló en relativamente poco tiempo, en unos cuantos miles de años, en el caso del maíz cerca de 6000 años (figura 20), periodo de tiempo en el cual los seres humanos en su mayoría transitaron de ser nómadas a sedentarios. Muchos de estos cambios pueden explicarse conociendo la función de ciertos genes reguladores, que gracias al avance de la tecnología es posible, pero únicamente la incidencia de la selección natural no podría explicar por sí sola estos cambios tan rápidos y diversos (Jardón 2015:105).

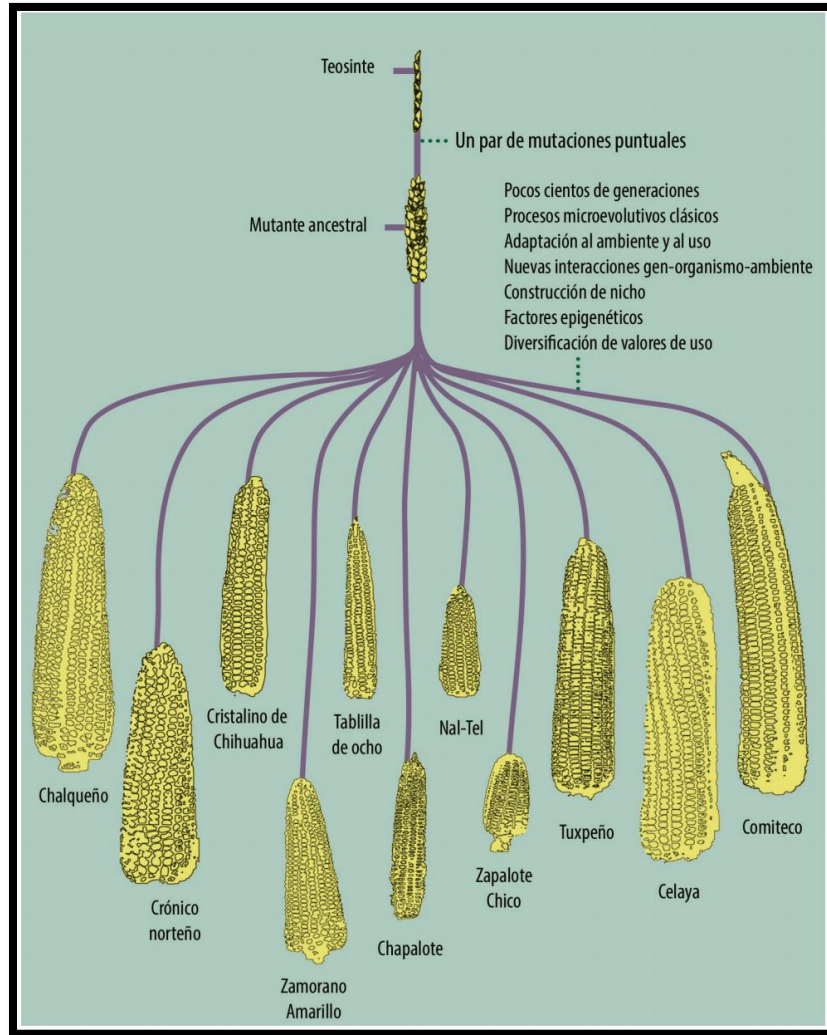


Figura 20. Tomado de Jardón (2015), en el esquema se ve que las cerca de 60 variedades provienen de al menos 2 especies de teocintle, mostrando como de una o dos especies, es posible obtener una gran variedad.

Resumiendo entonces, la variedad de especies domesticadas no puede explicarse únicamente desde la selección natural, porque el tiempo necesario para llevar a cabo el síndrome de domesticación (cambios fenotípicos radicales con respecto a la especie silvestre) es insuficiente, ya lo decían Mangelsdorf y Reeves (1939). La probable respuesta se encontraría en la selección artificial (selección humana

objetiva y subjetiva), pero no es tan sencillo, porque para algunos autores sería un caso particular de la selección natural en el que los seres humanos seleccionan en función de un criterio orientado hacia la eficiencia (el incremento en la cosecha, para que la planta pueda desarrollarse bien a una cierta altitud, condiciones de humedad, distintos ambientes, etc.) Si esto fuese así, la agro-biodiversidad sería un simple correlato de la diversidad de variables del medio físico (Jardón, 2015:113). La observación anterior de Jardón, complejiza las posibles respuestas ¿cuántas más variables naturales, son necesarias? para llegar a esa cantidad de variaciones en una planta

Entonces ¿si las plantas domesticadas se distinguen no solamente por evolucionar en ambientes manejados por los seres humanos, sino que además se someten a entornos naturales, la domesticación se da con una intención?, Jardón lo llama con un telos o propósito, estas intenciones dependen de una reproducción de vida social específica, es decir en sociedades productoras de valores de uso, distintas formas de consumirlas (Jardón, 2015), que en mi opinión estos propósitos son totalmente subjetivos.

Si damos explicación a la domesticación por las dos vías, tanto sociales como naturales y sus respectivas complejidades, entendemos de mejor manera a la diversidad dentro de una misma especie de planta domesticada. Como ejemplo el maíz, las cerca de 60 variedades existentes del maíz en México, no podían ser explicadas diciendo que existían 60 entornos naturales distintos donde se desarrollaron para ser domesticadas, sino que lo más probable es que haya sido sumando la creación de los distintos valores de uso de cada grupo humano o individuos, así junto a cada cultivo se diversificó la comida, el baile, la música, la

propia subjetiva vida humana, es decir la diversidad cultural, (Jardón, 2015:119).

Establecido entonces los modelos teóricos que usare en mi investigación, trataré de identificar el uso de los almidones de teocintle y/o maíz, en distintos ambientes naturales y relacionarlos con sus las distintas organizaciones sociales en las que fueron consumidos. Esto obviamente apoyándome de los contextos arqueológicos y las ventajas que la técnica de extracción de almidones permite inferir sobre la utilización de los recursos vegetales.

2.2 Metodología

2.2.1 Objetivos

- Comparar los almidones de teocinte y/o maíces del Holoceno temprano, Holoceno medio y Preclásico temprano, para evaluar algún rasgo diagnóstico que nos permita diferenciar la domesticación.
- Extraer e identificar los almidones obtenidos de los cálculos dentales procedentes de individuos precerámicos hallados en las cuevas de Tehuacán, Puebla para evaluar el consumo de alimentos de origen vegetal.
- Realizar las caracterizaciones morfológicas y estadísticas de las especies endémicas de teocintes y maíces de México para poder identificar con seguridad los almidones arqueológicos de teocinte o maíz.
- Comparar la base de datos de almidones de teocintes y/o maíces que se tiene en el Laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana de proyectos con temporalidades y regiones afines a esta investigación.

2.2.2 Objetivos Particulares

- Diferenciar gránulos de almidón de teocintes y de maíces en el contexto arqueológico para aportar información sobre el proceso de domesticación del maíz.
- Asegurar en base a la colección de referencia de las especies endémicas de teocintes y maíces en México, distinguir en esta y futuras investigaciones

para todo aquel que aplique la técnica de extracción de gránulos de almidón, los almidones de teocinte y/o maíz.

2.2.3 Hipótesis

- Si genéticamente hablando, la domesticación del maíz tiene alrededor de 7000 a 9000 años AP, y arqueológicamente no se han encontrado macrorestos de maíces anteriores a esta fecha, salvo los microrestos (gránulos de almidón) que Dolores Piperno identificó en piedras de molienda en el abrigo rocoso de Xihuatoxtla en la región del Balsas, Guerrero, México, entonces, al encontrar almidones de maíz anteriores a esta fecha, se podrá argumentar la posibilidad que la domesticación inició antes de la fecha propuesta.
- Si se identifican gránulos de almidón de teocinte en sitios arqueológicos en regiones donde no habite *Zea mays spp parviglumis*, entonces podríamos decir que el uso e interés en la domesticación del maíz no fue exclusiva del este teocinte sino también de otras variedades.
- Si el maíz fue domesticado a partir de varias especies de teocinte y distintos lugares (teoría multicéntrica) como los los estudios genéticos realizados en una mazorca arqueológica por Ramos-Madrigal (2016) en Tehuacán, Puebla con una temporalidad de 5310 AP, concluyendo en sus resultados que esta especie estudiada se encuentra en un camino intermedio hacia la domesticación, entonces, se identificarán gránulos de almidón de maíz y/o

teocintle en fechas iguales o más tempranas del 6000 AP, en otros sitios diferentes a la región del balsas (teoría unicéntrica).

2.2.4 Metodología para la evaluación de microrestos

Para evaluar las hipótesis propuestas y alcanzar los objetivos de esta investigación, se requiere de la evaluación de microrestos botánicos (almidones) y de la evaluación de las características sociales de los grupos que habitaron los sitios a estudiar. Así de esta manera evaluar que tanto influyeron las condiciones de organización y/o las condiciones ambientales.

Los microrestos para evaluar el proceso de domesticación del maíz, serán los gránulos de almidón, ya que han tenido un protagonismo en los estudios bioarqueológicos de la última década, por mencionar a algunos: (Pagán, 2005; Torrence y Barton 2006; Piperno et al., 2009; Cruz, 2012 y 2014) debido a dos características principales: la variabilidad morfológica y la perdurabilidad. Para poder identificar almidones arqueológicos, se requiere una base de comparación guiada por una serie de variables; nuestro análisis se basa en las propuestas de Pagán (2005), las cuales describen características físicas de los almidones, como:

- Forma
- Hilum
- Cruz de extinción
- Fisura
- Facetas de presión
- Anillos de crecimiento
- Bordes
- Dimensión

Además, es necesario la creación de una colección de referencia de almidones de las distintas especies endémicas de teocintes y maíces de México, a través de la obtención de semillas de estos últimos (Las cuales ya se tienen en el laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana) para realizar las caracterizaciones morfológicas (enlistadas anteriormente) y así poder identificar en muestras arqueológicas almidones de maíz y teocinte.

Después de establecer la colección de referencia con especies actuales, se hará una estadística descriptiva con la única variable cuantitativa de los almidones (tamaño) por cada una de las especies de teocintes y maíces. Finalmente las variables cualitativas resumidas por Pagan (2005), serán adaptadas para poder ser evaluadas estadísticamente con la función discriminante y de componentes principales, con la intención de observar si existe alguna diferencia significativa que nos permita diferenciarlos.

Debido a que la técnica de extracción puede ser aplicada a distintos contextos arqueológicos como: pisos de ocupación, artefactos y cálculos dentales, nos brindara información distinta del uso probable del maíz en los sitios a investigar.

La toma de muestras de almidones arqueológicos será realizada de cuatro regiones, así como también de distintos contextos arqueológicos (Tabla 3).

Sitios arqueológicos	Procedencia de almidones		
	Pisos de ocupación	Artefactos (vasijas y/o piedras de molienda)	Cálculos dentales en restos humanos
Cuenca de México	x	x	x
Valle de Tehuacán			x
Chiapas	x	x	

Tabla 3. Sitios, materiales y cálculos arqueológicos de donde se extrajeron los gránulos de almidón.

El sitio en Chiapas corresponde a Santa Marta, ubicado en el municipio de Ocozocoautla, el cual tiene ocupaciones con fechas del inicio y mediados del Holoceno. Para el caso de Oaxaca, son de un abrigo rocoso muy cercano a la zona de Guilá Naquitz, en el Valle de Tehuacán la muestra procede de un cálculo dental de un entierro de la cueva de Coxcatlan. Finalmente las muestras de la Cuenca de México, proceden del sitio de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, en donde

también hay ocupaciones del 6000 y 3000 ANE (Acosta et al., 2018), así como también de distintos cálculos dentales de distintos entierros precerámicos. En conjunto los sitios estudiados cubren un rango temporal desde fines del Pleistoceno hasta inicios del Formativo, permitiéndome evaluar los cambios morfológicos en los gránulos de almidón así como sus usos de manera diacrónica.

CAPÍTULO 3. ESTADÍSTICA EN ALMIDONES ARQUEOLÓGICOS Y CONTEMPORANEOS

3.1 Estudio estadístico del tamaño de gránulos de almidón de las distintas especies de teocinte y maíces endémicos de México y Guatemala.

Para el estudio estadístico se pidieron al Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo, (CIMMYT), semillas de las distintas especies de Teocintes y de maíces endémicos de México para garantizar su procedencia e identificación.

El maíz (*Zea mays* spp *mays*.) y sus parientes cercanos, los teocintles (*Zea* spp.), son miembros de la tribu Maydeae, de la Subtribu Tripsacinae y de la familia Poaceae. El teocintle podemos representarlo por especies anuales y especies perennes diploides y tetraploides. Las especies anuales tienen su ciclo de vida en un año (crecen de la semilla, se desarrollan, producen flores, producen frutos, semillas y mueren) las especies perennes tienen su ciclo de vida mayor a dos años (Sánchez G.J.J. 2011)

Doebley (1990) y Wilkes (2004) definieron a la variedad Huehuetenango como una subespecie independiente y no como una variante de *Zea mays* spp *parviglumis*. Otro aspecto importante en los estudios de Doebley es la gran variación de *Zea* spp. *parviglumis* (Balsas) indicando que si ssp. *Zea* spp *mexicana* se divide en las razas Chalco, Mesa Central y Nobogame, ssp. *parviglumis* debería dividirse en las razas Jalisco, sureste de Guerrero y Balsas Central. Finalmente me basare en la clasificación de Bedoya y Chavez (2010) para maíces y teocintes

En esta etapa se evaluó la propuesta de Dolores Piperno (2009:5020) y (Piperno, D., Ranere, A., Holst, I. *et al.*, 2000; Deborah M Pearsall, Karol Chandler-Ezell, James A Zeidler 2004; Holst, Irene & Moreno, J. Enrique & Piperno, D.R. 2007) quienes establecieron el tamaño promedio de almidones de maíz entre 12-17 μm como un rango confiable para descartar gránulos de almidón de teocintes.

Para determinar lo anterior utilizaremos la media aritmética³ de los gránulos de almidón de las distintas especies de teocintes y maíces de la colección de referencia del Laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana, descrita por Cruz (2012 y 2014).

Para la medición de los almidones, se utilizó el software “Motic Images Plus 3” (50 y/o 100 gránulos de almidón por especie, dependiendo la densidad de estos), así como también para la toma de fotografías, y finalmente los datos fueron procesados en los softwares estadísticos PSPP y SPSS.

Como nos dicen Izar, Juan & González, Jorge. (2004:87) Aún cuando los datos varían, tienden a mostrar tendencias, sesgos, es decir una “distribución de la muestra”, para interpretar este comportamiento son útiles los histogramas, el cual es una herramienta para evidenciar la tendencia de los datos, de echo puede definirse como un diagrama de frecuencias de un lote, muestra o población dada.

Para la visualización final de los datos utilizare la gráfica de caja, perfecto para hacer comparaciones utilizando cinco medidas estadísticas: el valor mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil y el valor máximo. Un gráfico de este tipo consiste en un rectángulo o caja donde sus extremos definen el recorrido intercuartílico

³ Es la medida de posición de tendencia central más utilizada, se define, como el cociente entre la suma de los valores de la variable y el número total de datos (Rey y Ramil, 2007)

(RIC), este rectángulo está dividido por un segmento vertical (la mediana estadística), por lo tanto su relación con el primer y cuarto cuartil, fuera de los límites de la caja, están valores mínimo y máximo de la muestra analizada (Bigotes), siendo esta representación muy útil para la comparación de distintas muestras estadísticas.

(INEGI, 2005)

3.2 Teocintes

Los teocintes tienen 7 taxas, divididos en dos secciones y cinco especies (Bedoya y Sánchez: 2010). Primero presento los resultados de la sección luxuriantes y aunque según la teoría más aceptada, mencionada anteriormente, no estuvo involucrado en el proceso de domesticación, sin embargo decidí que era importante incluirla en el estudio para tener una comparación de su tamaño ya que podría encontrarse en el registro arqueológico en forma de pastos. Posteriormente se exponen los resultados de la sección Zea, la cual contiene a las dos especies que tanto genéticamente como físicamente tienen mayor relación con el maíz.

La sección de los teocintes se divide en dos: sección *Luxuriantes* y sección *Zea*. A continuación se harán los análisis estadísticos para la sección Luxuriantes.

3.2.1 Sección luxuriantes

- *Zea perennis*
- *Zea diploperennis*
- *Zea luxurians*
- *Zea nicaraguensis*

La siguiente tabla 4 muestra los resultados de los análisis estadísticos del tamaño de gránulos de almidón para la sección de Zea Luxuriantes.

Estadísticos

		<i>Zea diploperennis</i>	<i>Zea diploperennis</i>	<i>Zea luxurians</i>	<i>Zea perennis</i>	<i>Zea perennis</i>	<i>Zea nicaraguensis</i>	<i>Zea luxurians</i>
N	Válido	50	50	50	50	100	100	100
	Perdidos	151	151	151	151	101	101	101
Media		8.5540	9.3220	6.3860	10.9160	14.7310	9.8980	13.4150
Mediana		8.2000	9.2500	5.8500	10.8000	13.9500	9.9500	13.3500
Moda		7.40	9.30	12.00	9.60 ^a	13.00	11.60	10.40 ^a
Desv. Desviación		1.66724	1.56326	2.66428	1.18207	3.26749	2.64724	3.02416
Varianza		2.780	2.444	7.098	1.397	10.677	7.008	9.146
Asimetría		1.445	.246	.762	.341	.637	-.084	.109
Error estándar de asimetría		.337	.337	.337	.337	.241	.241	.241
Curtosis		2.366	.057	-.440	-.701	.291	-.389	-.361
Error estándar de curtosis		.662	.662	.662	.662	.478	.478	.478
Rango		8.10	7.80	8.60	4.90	17.90	12.20	14.70
Mínimo		5.80	5.80	3.40	8.50	7.90	3.50	6.80
Máximo		13.90	13.60	12.00	13.40	25.80	15.70	21.50
Suma		427.70	466.10	319.30	545.80	1473.10	989.80	1341.50
Percentiles	25	7.4000	8.2750	4.0750	10.0000	12.3250	8.1000	10.9250
	50	8.2000	9.2500	5.8500	10.8000	13.9500	9.9500	13.3500
	75	9.2250	10.5000	8.4000	11.8000	17.0750	11.7750	15.7250

Tabla 4. Parámetros de tendencia central y de dispersión para *Zea luxurians* (medidas en micras).

A continuación se muestran los histogramas y gráficos de caja de la sección de *Zea luxurians* (Figuras 21 y 22).

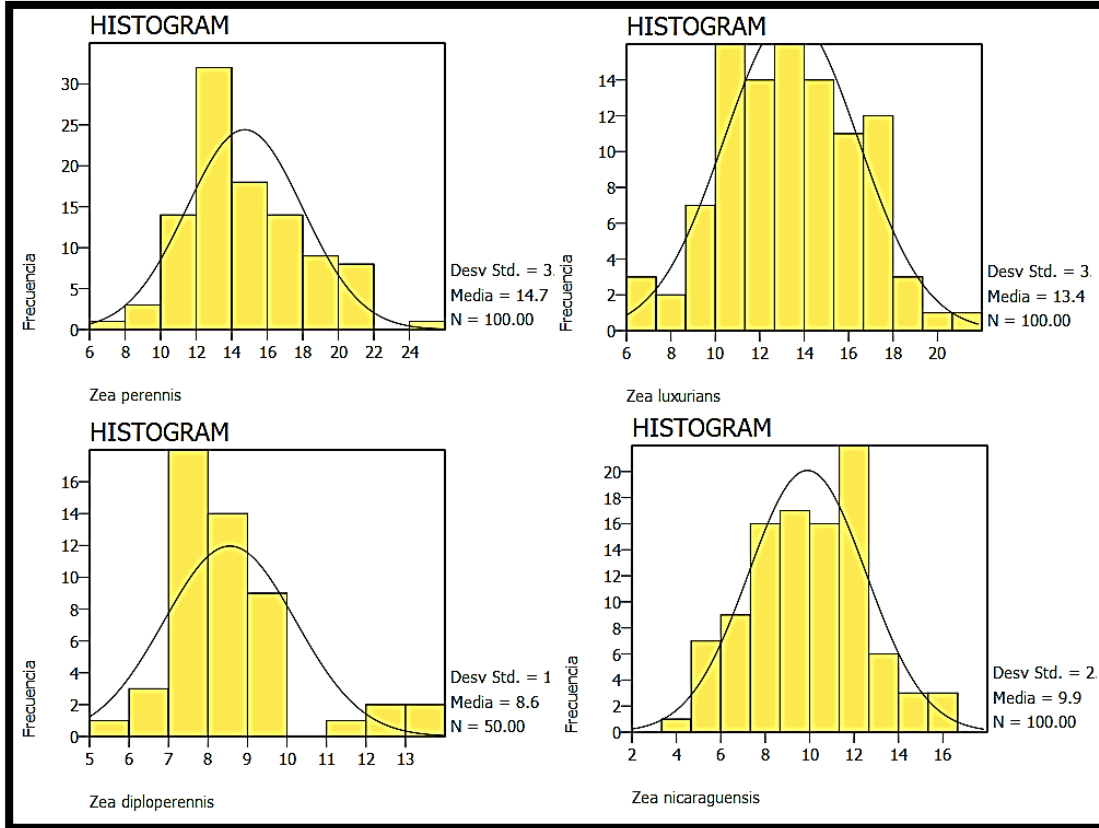


Figura 21. Histogramas de Zea luxuriantes

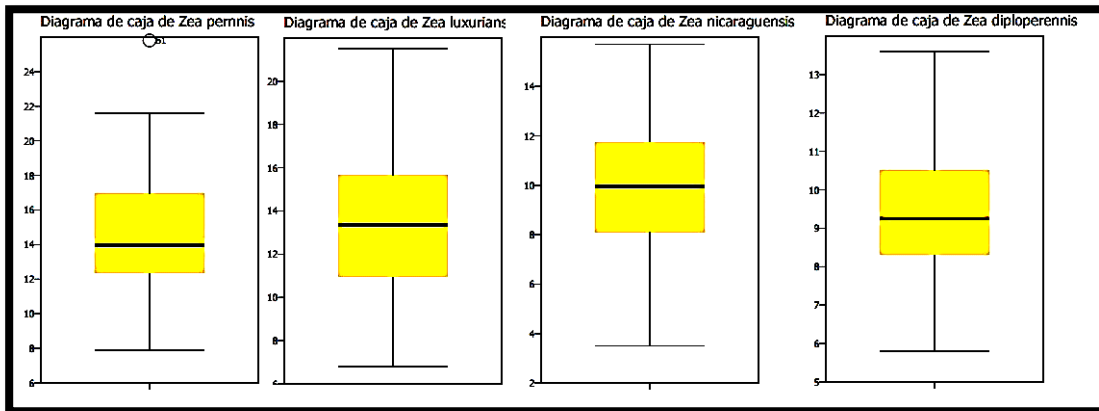


Figura 22. Gráficos de caja de la sección de Zea luxuriantes

La sección *Zea luxuriantes* (figuras 3 y 4) presenta un comportamiento que no coincide con la distribución de la función Normal, lo que el valor de tendencia central Media, no lo hace confiable para una comparación. El tamaño promedio máximo de estas variedades de teocintes de acuerdo a su desviación estándar es de 16 y el menor de 6 micras.

3.2.2 Sección *Zea*

- *Zea mays* spp. *parviglumis* (Balsas)
- *Zea mays* spp. *mexicana* (Chalco)
- *Zea mays* spp. *huehuetenangensis* (Huehuetenango)

La siguiente tabla 5 muestra los resultados de los análisis estadísticos para la sección de *Zea*.

Estadísticos

		<i>Zea mays spp. parviglumis</i>	<i>Zea mays spp. mexicana</i>	<i>Zea mays spp. huehuetenange nsis</i>	<i>Zea parviglumis</i>
N	Válido	100	100	50	50
	Perdidos	101	101	151	151
Media		11.3500	8.5500	10.0000	8.0900
Mediana		11.3000	7.7000	9.7500	6.7000
Moda		10.30	5.00	9.10 ^a	4.70
Dev. Desviación		1.99071	3.97315	1.65727	3.53647
Varianza		3.963	15.786	2.747	12.507
Asimetría		.308	1.206	1.066	.655
Error estándar de asimetría		.241	.241	.337	.337
Curtosis		.271	.999	1.781	-.576
Error estándar de curtosis		.478	.478	.662	.662
Rango		11.00	18.10	8.20	14.20
Mínimo		6.90	3.80	7.10	3.00
Máximo		17.90	21.90	15.30	17.20
Suma		1135.00	855.00	500.00	404.50
Percentiles	25	10.0250	5.4500	9.0750	4.9000
	50	11.3000	7.7000	9.7500	6.7000
	75	12.5750	9.9000	10.8250	10.6500

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequ

Tabla 5. Parámetros de tendencia central y de dispersión para Zea (Medidas en micras).

En la figura 23 se muestran los histogramas de las muestras de la sección *Zea* y también sus gráficos de caja (figura 24)

Histogramas y Gráficos de caja

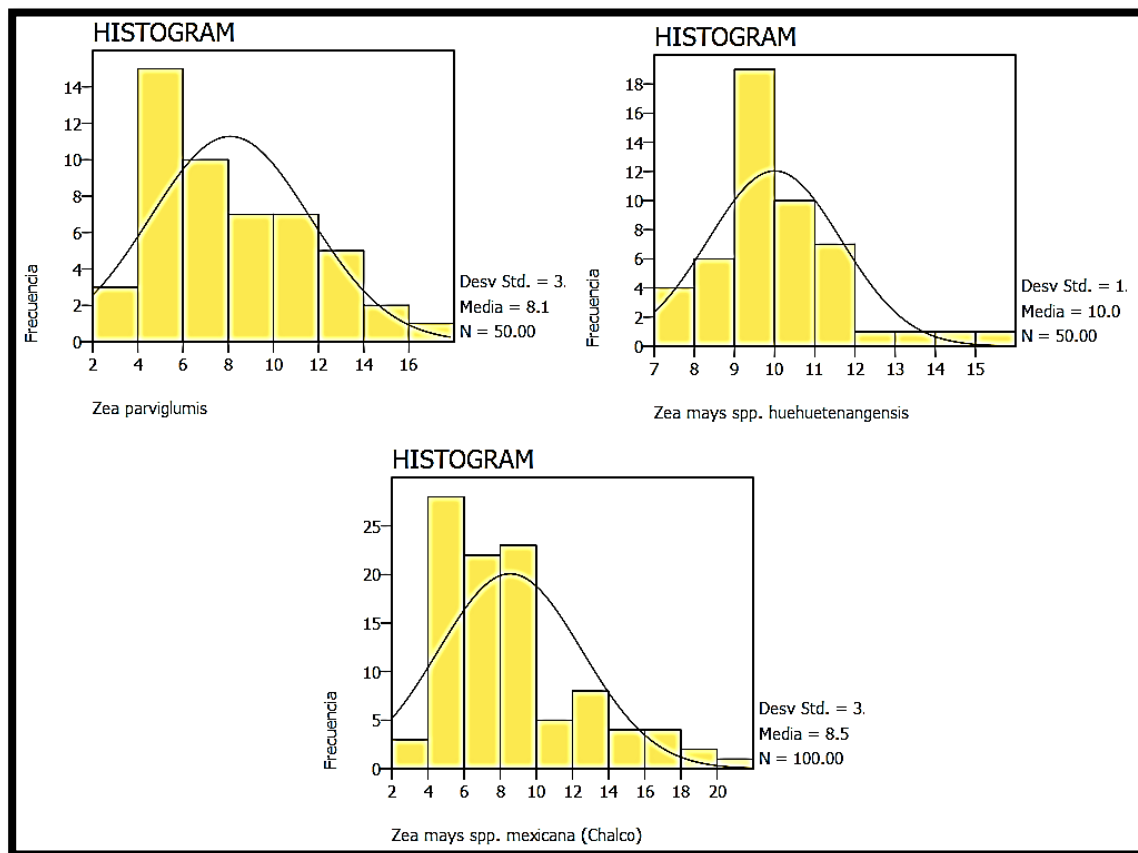


Figura 23. Histogramas de la sección Zea

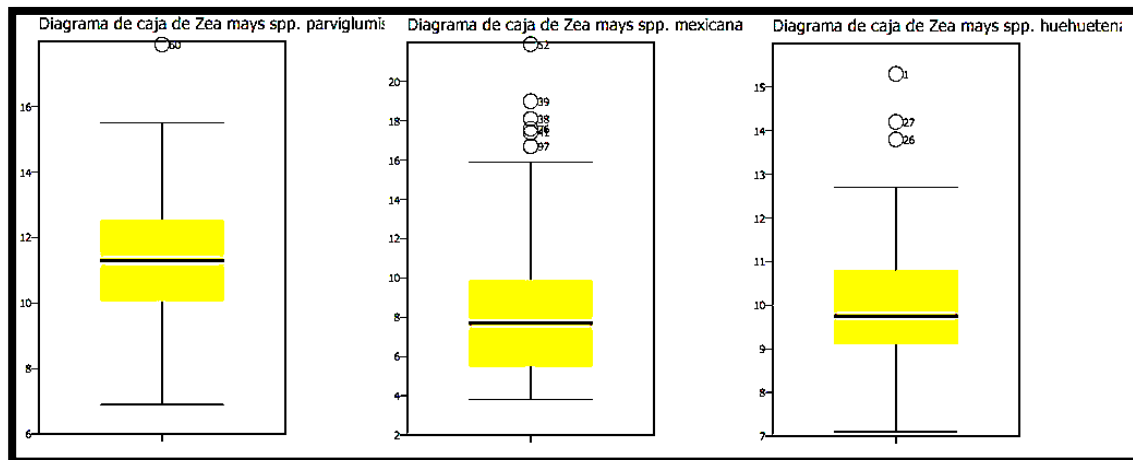


Figura 24. Gráficos de caja de la sección Zea.

Las medias de la sección Zea tienen un promedio por debajo de 12 micras, tomando en cuenta su desviación estándar, el promedio podría elevarse hasta casi 13.3 y el más pequeño de 5 micras. Si observamos la distribución muestral en los histogramas, se ve que su sesgo es hacia valores inferiores a la media, por lo que hace improbable pensar en una media mayor a las presentadas.

3.3 Variedades de maíces Indígenas Antiguas

- Palomero Toluqueño
- Arrocillo Amarillo
- Chapalote
- Nal-Tel

La siguiente tabla 6 muestra los resultados de los análisis estadísticos para las variedades de maíces Indígenas Antiguas.

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desv Std</i>	<i>Varianza</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Err.Est.Curt.</i>
Nal-Tel	100	12.15	3.37	11.37	-.20	.48
Chapalote	100	12.56	3.49	12.16	-.35	.48
Palomero	100	11.51	3.60	12.93	-.73	.48
Toluqueño						
Arrocillo	100	12.20	3.15	9.90	.63	.48
Amarillo						
<i>Variable</i>	<i>Asimetría</i>	<i>Err.Est.Asim.</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	
Nal-Tel	-.38	.24	16.20	2.80	19.00	
Chapalote	-.32	.24	16.80	4.20	21.00	
Palomero	-.34	.24	15.20	2.80	18.00	
Toluqueño						
Arrocillo	-.05	.24	17.40	4.60	22.00	
Amarillo						

Tabla 6. Parámetros de tendencia central y de dispersión para las variedades de maíces Indígenas Antiguas (Medidas en micras).

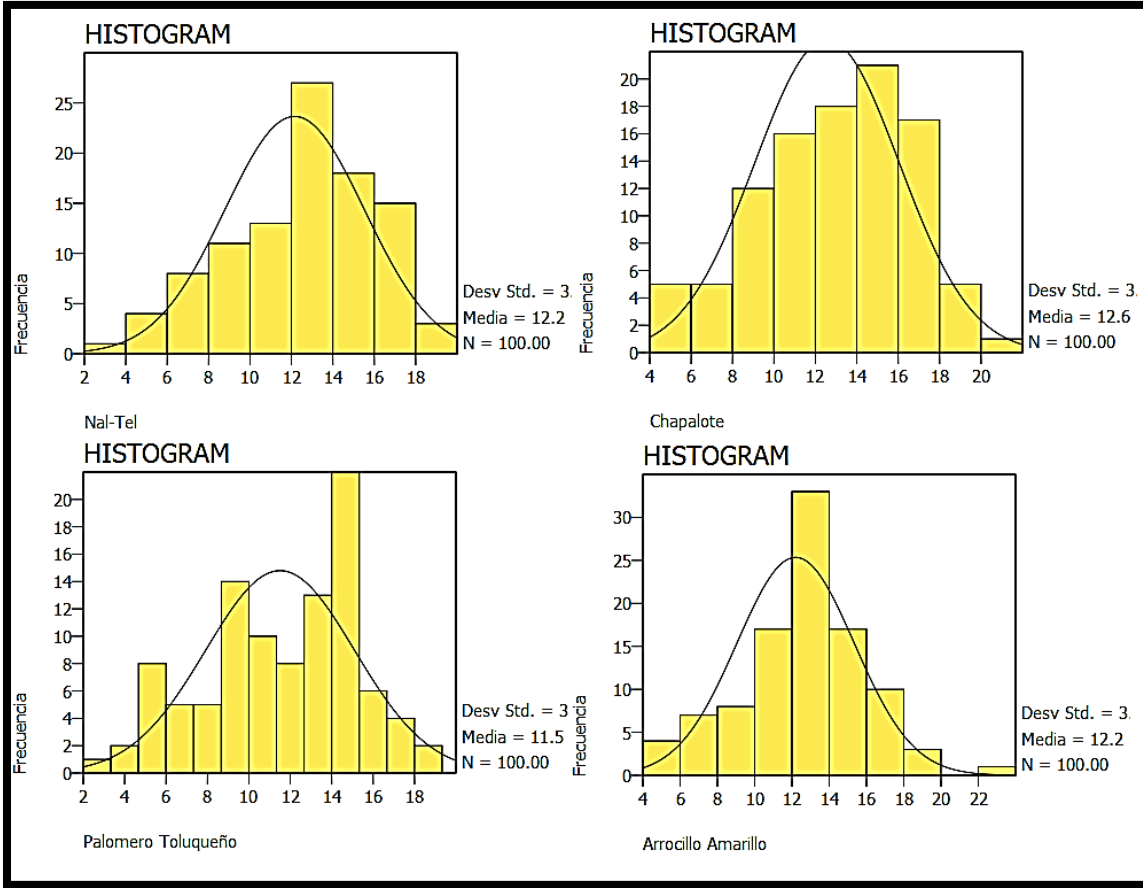


Figura 25. Histogramas para las variedades de maíces Indígenas Antiguas

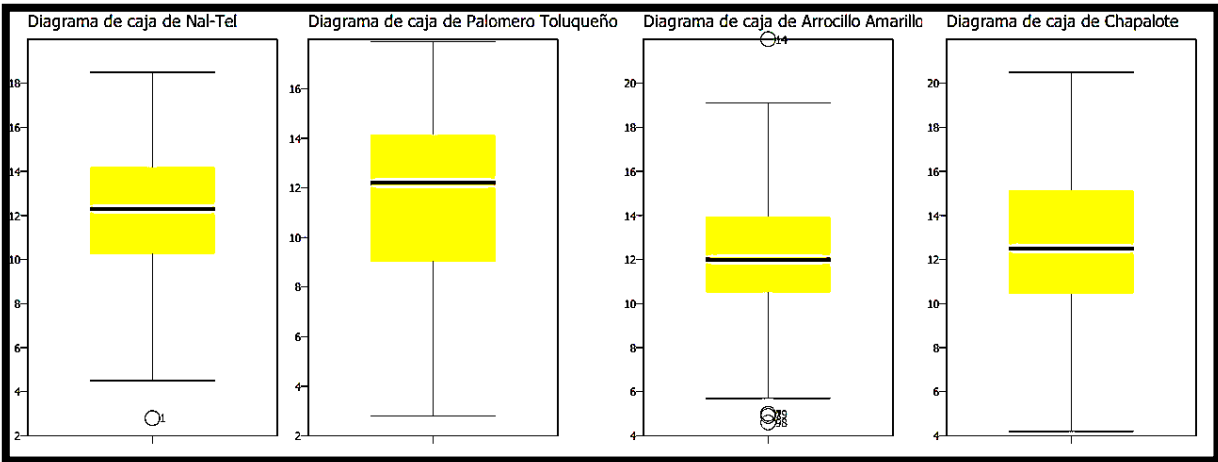


Figura 26. Gráficos de caja para las variedades de maíces Indígenas Antiguas

Si observamos el comportamiento de las muestras en los histogramas, estos tienen un sesgo hacia valores mayores de la media, por lo que la mayoría de datos predominan por arriba de la media, lo anterior hace confiable la media y su desviación estándar de estas variedades como valor discriminatorio con respecto a valores inferiores al promedio. La media de tamaño de acuerdo a la desviación estándar de estas variedades sería de 16 micras y el menor de 8 micras. (Figuras 25 y 26)

3.4 Variedades Exóticas Precolombinas

- Cacahuacintle
- Harinoso de Ocho
- Olotón
- Maíz Dulce

La siguiente tabla 7 muestra los resultados de los análisis estadísticos para las variedades de maíces Exóticas Precolombinas.

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desv Std</i>	<i>Varianza</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Err.Est.Curt.</i>
Cacahuacintle	100	13.14	3.71	13.73	-.32	.48
Harinoso de ocho	100	9.38	2.53	6.39	2.23	.48
Olotón	100	13.18	3.92	15.36	-.02	.48
Maíz Dulce	100	12.59	3.13	9.79	-.24	.48
<i>Variable</i>	<i>Asimetría</i>	<i>Err.Est.Asim.</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	
Cacahuacintle	.38	.24	16.80	5.20	22.00	
Harinoso de ocho	.58	.24	15.60	3.40	19.00	
Olotón	-.34	.24	19.20	2.80	22.00	
Maíz Dulce	.50	.24	13.85	7.15	21.00	

Tabla 7. Parámetros de tendencia central y de dispersión para las variedades de maíces Exóticas Precolombinas (medidas en micras)

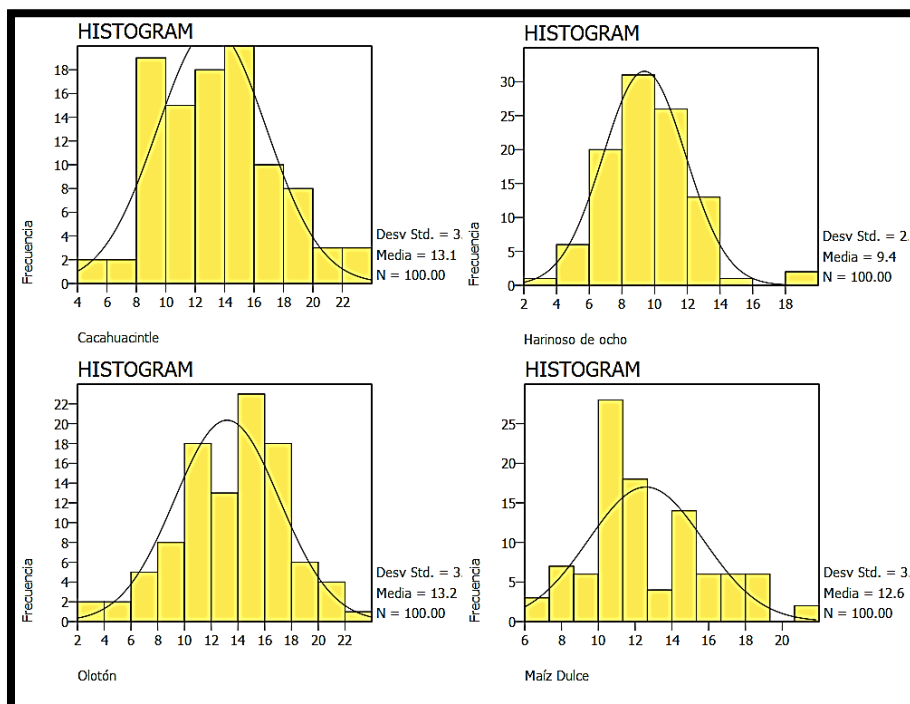


Figura 27. Histogramas de las variedades de maíces Exóticas Precolombinas

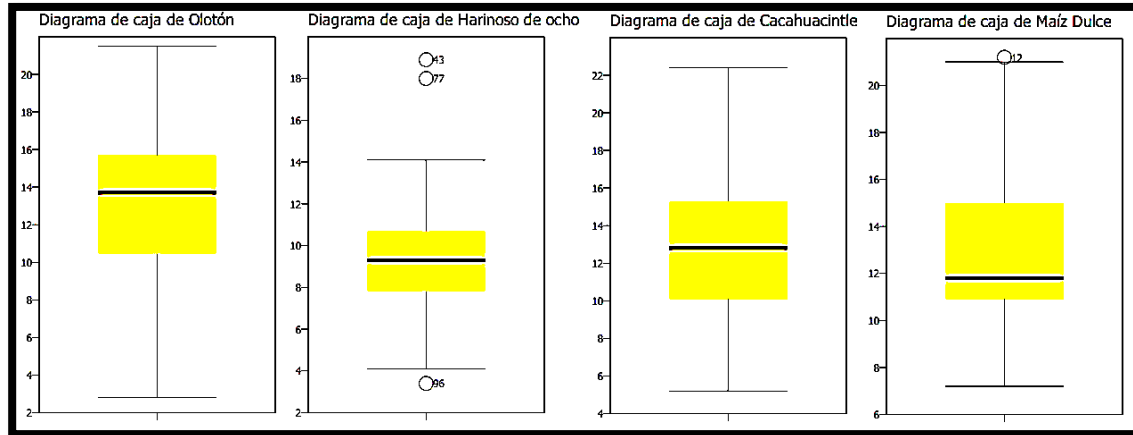


Figura 28. Gráficos de caja de las variedades de maíces Exóticas Precolombinas

Las medias de tres variedades Exóticas Precolombinas, están por arriba de 12 micras, a excepción de la Harinoso de Ocho, la cual tiene 9.38 micras. Solo Cacahuacintle y Olotón con una dispersión muestral muy cercana a la función normal, hace robusto el parámetro del promedio. Maíz dulce tiene en su distribución un sesgo hacia valores inferiores. (Figuras 27 y 28)

3.5 Variedades de maíces Mestizos Prehispánicos

- Vandeño
- Tepecintle
- Olotillo
- Tehua
- Tehua
- Negchi
- Tabloncillo
- Pepitilla
- Reventador
- Jala

- Zapalote Chico
- Tuxpeño
- Dzitba

La siguiente tabla 7 muestra los resultados de los análisis estadísticos para las variedades de maíces Mestizos Prehispánicos. (Tabla 8)

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desv Std</i>	<i>Varianza</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Err.Est.Curt.</i>
Vandeño	100	12.74	3.87	14.97	.99	.48
Tepecintle	100	12.18	3.90	15.18	-.23	.48
Olotillo	100	9.77	3.53	12.46	-.75	.48
Tehua	100	10.99	3.01	9.05	-.37	.48
Tehua	100	11.63	3.54	12.53	.62	.48
Negchi	100	12.29	2.93	8.58	-.06	.48
Tabloncillo	100	10.43	3.34	11.16	1.25	.48
Pepitilla	100	10.88	3.67	13.44	-.64	.48
Reventador	100	11.70	4.16	17.33	-.86	.48
Jala	100	10.79	4.57	20.85	.92	.48
Zapalote Chico	100	11.23	3.51	12.31	.94	.48
Tuxpeño	100	13.02	3.67	13.48	.53	.48
Dzitba	100	8.76	3.22	10.37	-.89	.48

<i>Variable</i>	<i>Asimetría</i>	<i>Err.Est.Asim.</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Vandeño	.27	.24	22.90	3.00	25.90
Tepecintle	.03	.24	17.10	3.90	21.00
Olotillo	.26	.24	14.50	3.30	17.80
Tehua	.10	.24	13.90	5.10	19.00
Tehua	.35	.24	18.50	4.70	23.20
Negchi	-.23	.24	14.70	4.30	19.00
Tabloncillo	.81	.24	17.00	3.70	20.70
Pepitilla	.31	.24	15.30	4.40	19.70
Reventador	.04	.24	16.70	3.50	20.20
Jala	.65	.24	24.50	3.70	28.20
Zapalote Chico	-.44	.24	20.20	4.40	24.60
Tuxpeño	.36	.24	20.00	4.70	24.70
Dzitba	.12	.24	12.00	3.10	15.10

Tabla 8. Parámetros de tendencia central y de dispersión para las variedades de maíces Mestizos Prehispánicos (medidas en micras)

Histogramas y gráficos de caja

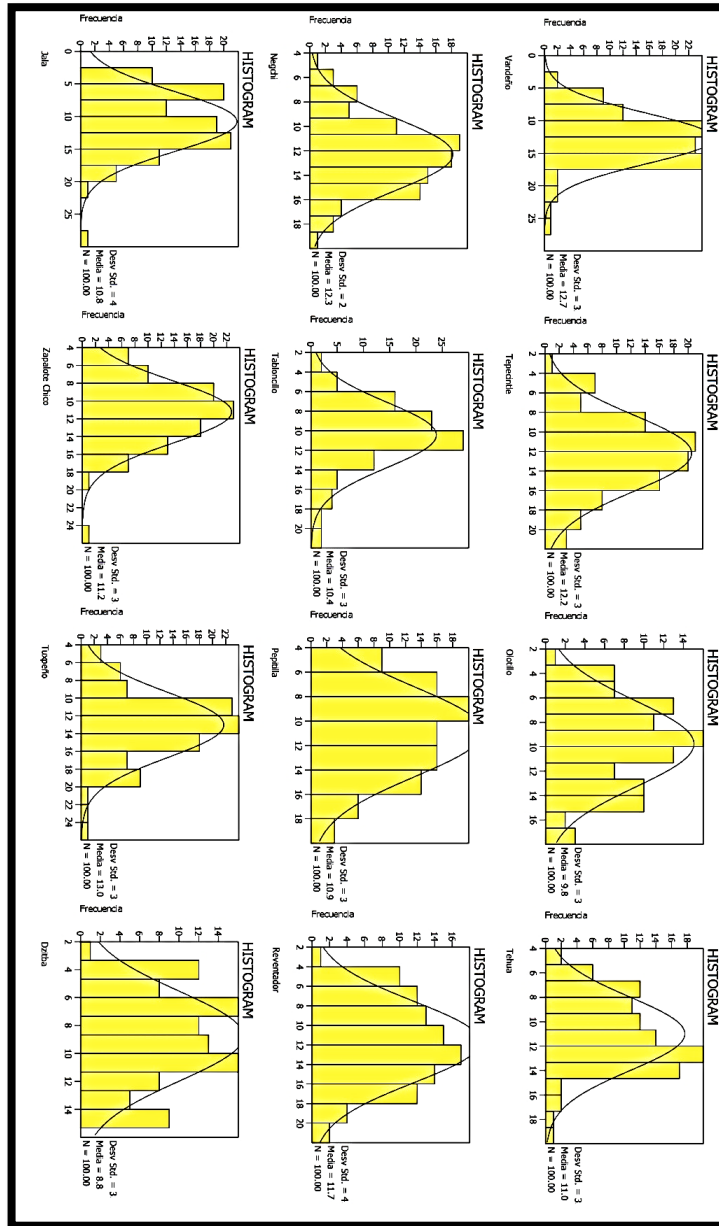


Figura 29. Histogramas de las variedades de maíces Mestizos Prehispánicos

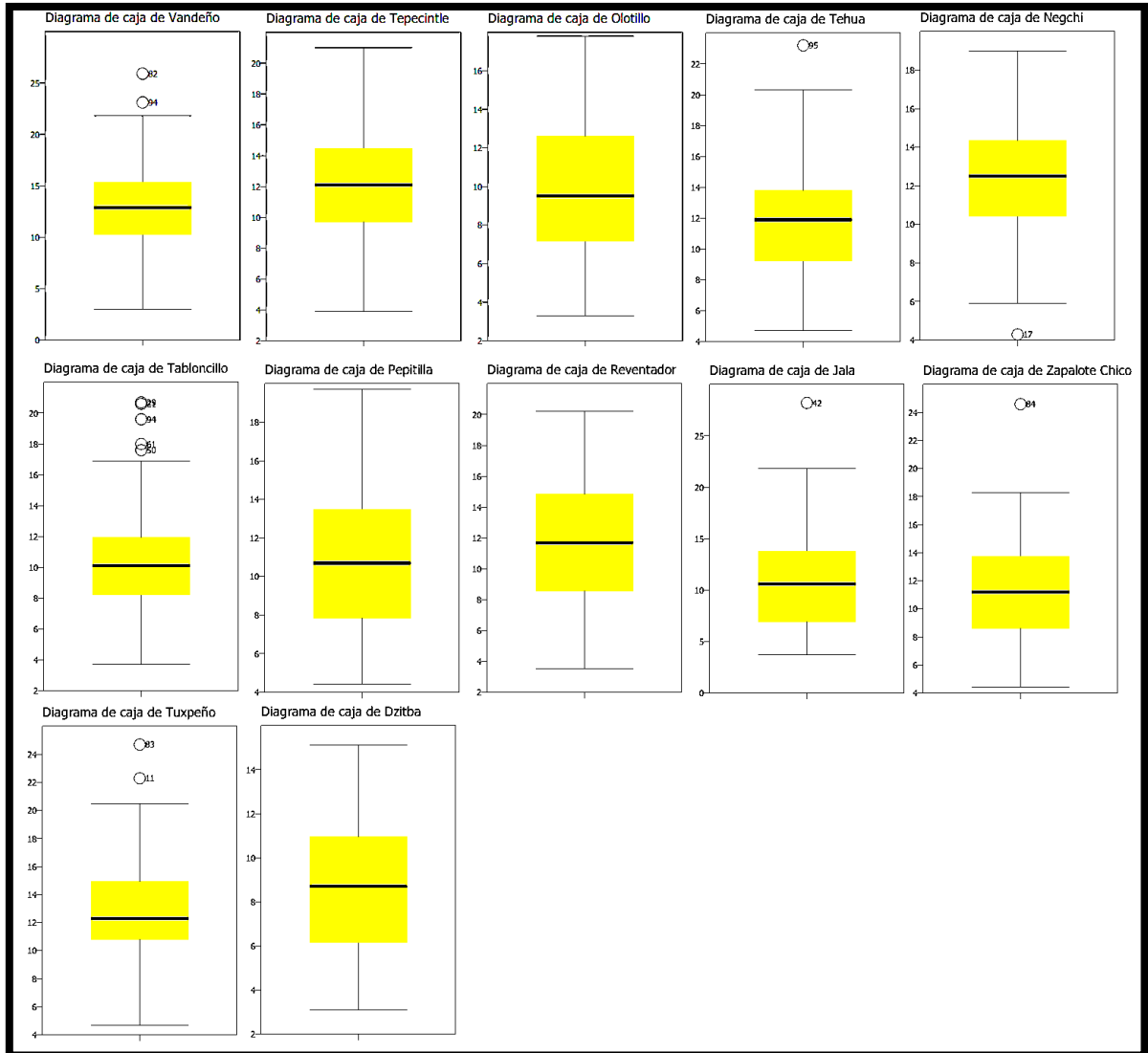


Figura 30. Gráficos de caja de las variedades de maíces Mestizos Prehispánicos.

De las doce variedades analizadas sólo cuatro tienen una media de tamaño igual o mayor a 12 micras, seis entre 10 y 11, y dos menores a 10. La distribución de las muestras, presenta una forma cercana a la función normal, por lo que hace confiable el uso de sus medias como valor de comparación. El mayor tamaño promedio que

pueden alcanzar estas variedades sería de 16 micras y el menor de 5 micras de acuerdo a sus desviaciones estándar. (Figuras 29 y 30)

3.6 Maíces y teocintes arqueológicos de Tehuacán (precerámicos y prehispánicos)

Los maíces arqueológicos que a continuación fueron analizados son procedentes de la zona de Tehuacán, Puebla, provenientes de cuevas cercanas a Coxcatlán, las muestras TC, son del sitio El Riego. El total de muestras son ocho, que a continuación se muestran (fotografía 1).



Fotografía 1. Granos de maíces arqueológicos, TC 35 (Cueva de El Riego). Tehuacán Puebla (Gracias a la Dra. Isabel Casar, investigadora del Instituto de Física de la UNAM).

Los maíces fueron procesados para la técnica de extracción de almidones según Cruz (2012 y 2014), y así realizar la colección de referencia de gránulos de almidón,

con la finalidad de poder comparar medidas cuantitativas de tamaño de estos últimos, con los de maíces y teocintes.

La cantidad de almidones medidos para cada muestra fue de doscientos. Los resultados de las mediciones del tamaño de los gránulos de almidón (tabla 9) de los maíces arqueológicos son los siguientes:

Estadísticos

		ht243	ht244	ht245	ht246	ht247	Tc35	tc23521i	th242
N	Válido	200	200	200	200	100	200	200	200
	Perdidos	1	1	1	1	101	1	1	1
Media		14.0842	13.7743	11.1530	14.1035	10.7540	14.0545	11.3785	13.8225
Mediana		14.2200	13.7000	11.5000	14.0000	10.3500	14.0000	11.0000	13.8000
Moda		17.74	11.89 ^a	12.10 ^a	10.40 ^a	8.80	12.40	9.10	12.50
Desv. Desviación		3.17304	3.00878	3.22456	4.08002	3.14127	2.54515	2.49518	3.55661
Varianza		10.068	9.053	10.398	16.647	9.868	6.478	6.226	12.649
Asimetría		.029	.124	-.134	.467	.312	-.485	.889	-.050
Error estándar de asimetría		.172	.172	.172	.172	.241	.172	.172	.172
Curtosis		-.284	-.519	-.646	-.183	-.431	3.176	1.363	-.327
Error estándar de curtosis		.342	.342	.342	.342	.478	.342	.342	.342
Rango		16.08	13.99	16.00	20.00	14.90	20.20	15.40	18.40
Mínimo		6.79	7.10	3.90	6.40	3.70	.60	5.70	4.70
Máximo		22.87	21.09	19.90	26.40	18.60	20.80	21.10	23.10

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Tabla 9. Medidas de tendencia central de los gránulos de almidón de las muestras arqueológicas provenientes de Tehuacán, Puebla (medidas en micras)

Si tomamos la Media de las muestras analizadas, el rango de mayor a menor tamaño es de: 14.1 micras con la HT 246 al de menor con 10.7 micras de HT247,

este último también de menor tamaño de semilla, como se aprecia en la fotografía 1.

También se realizaron los histogramas de cada muestra arqueológica con las medidas obtenidas para observar su tendencia o comportamiento con respecto a la Normal y poder inferir e interpretar de manera precisa los resultados (tabla 8).

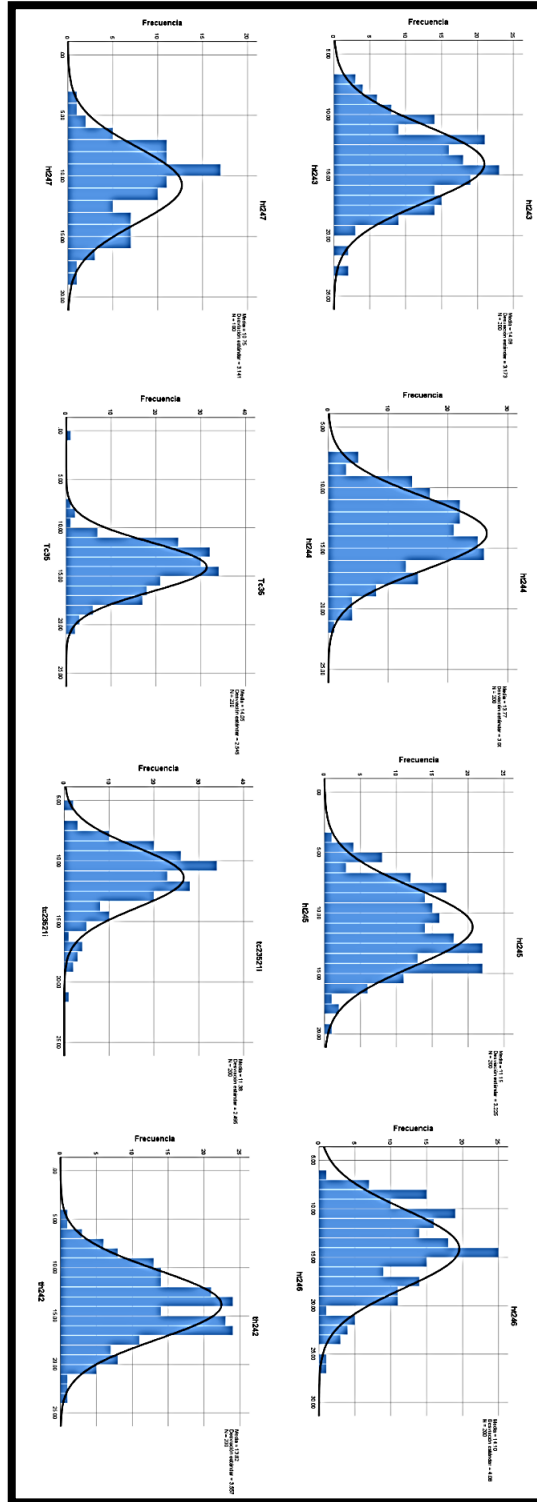


Figura 31. Histogramas con las medidas en micras de los gránulos de almidón de muestras arqueológicas, procedentes de Tehuacán, Puebla.

3.7 Análisis de los gránulos de almidón de Zea híbridos (Teocinte con maíz)

Es común que teocintes y maíces compartan el mismo entorno ambiental donde crecen y desarrollan, por lo que la hibridación⁴ entre estas dos especies se da comúnmente. Por lo anterior consideramos adecuado incluir en el análisis estadístico de tamaño, gránulos de almidón híbridos de teocinte con maíz⁵ (Tabla 10) para observar si había una diferenciación o semejanza en el tamaño con los que no son híbridos.

Descriptivos			Estadístico	Desv. Error
F53M	Media		4.4130	.09119
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4.2320	
		Límite superior	4.5940	
	Media recortada al 5%		4.3722	
	Mediana		4.2000	
	Varianza		.832	
	Desv. Desviación		.91195	
	Mínimo		2.80	
	Máximo		6.90	
	Rango		4.10	
	Rango intercuartil		1.28	
	Asimetría		.691	.241
	Curtosis		.072	.478
Sinnombre	Media		3.0550	.04576
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2.9642	
		Límite superior	3.1458	
	Media recortada al 5%		3.0533	
	Mediana		3.1000	
	Varianza		.209	
	Desv. Desviación		.45757	
	Mínimo		2.10	
	Máximo		4.10	
	Rango		2.00	
	Rango intercuartil		.60	
	Asimetría		-.074	.241
	Curtosis		-.497	.478

Tabla 10. Tabla con los estadísticos descriptivos de tendencia central de los híbridos de teocinte con maíz.

⁴ Cruce de dos organismos por reproducción sexual de dos especies distintas, Pierce, Benjamin A. (2009-07).

⁵ Los híbridos proceden del sur de la Ciudad de México en zonas de cultivo de la alcaldía Milpa Alta.

En el histograma del híbrido F53M se observa que los tamaños frecuentes están entre 3.5 a 5 micras (Figura 32)

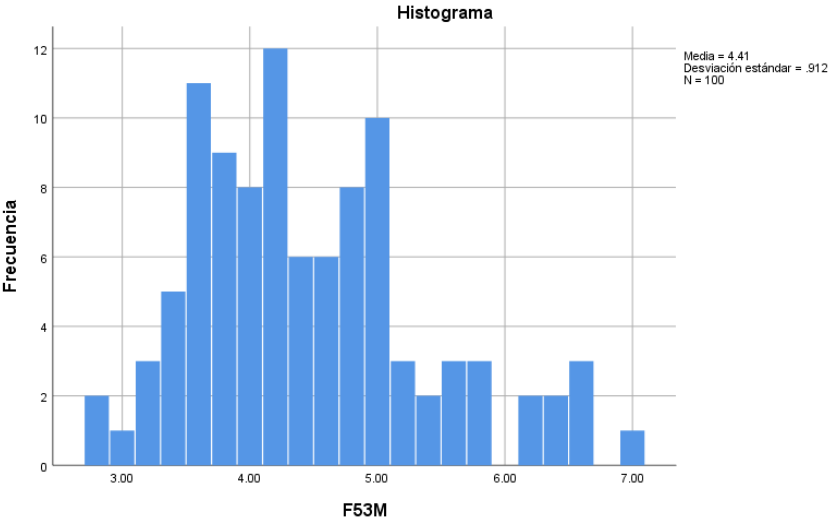


Figura 32. Histograma del híbrido F53M (Teocinte y maíz) de Milpa Alta, Ciudad de México.

En la gráfica de caja del híbrido F53M, se observa que su asimetría tiende hacia valores menores de 5 micras, dicha descripción reforzada por su mediana que es 4.2 micras (Figura 33).

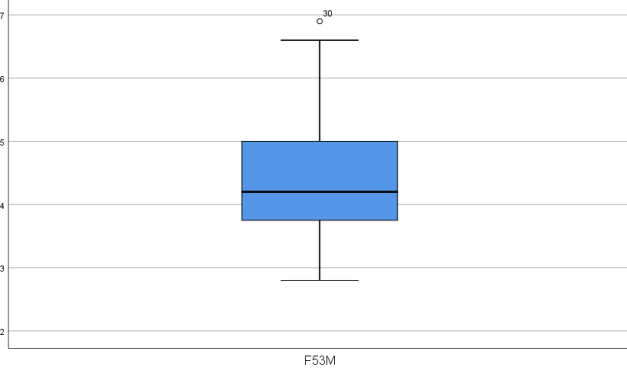


Figura 33. Gráfico de caja del híbrido F53M.

En el histograma del híbrido Sinnombre, se observa que el máximo valor no pasa de un tamaño de 4.10 micras (Figura 34)

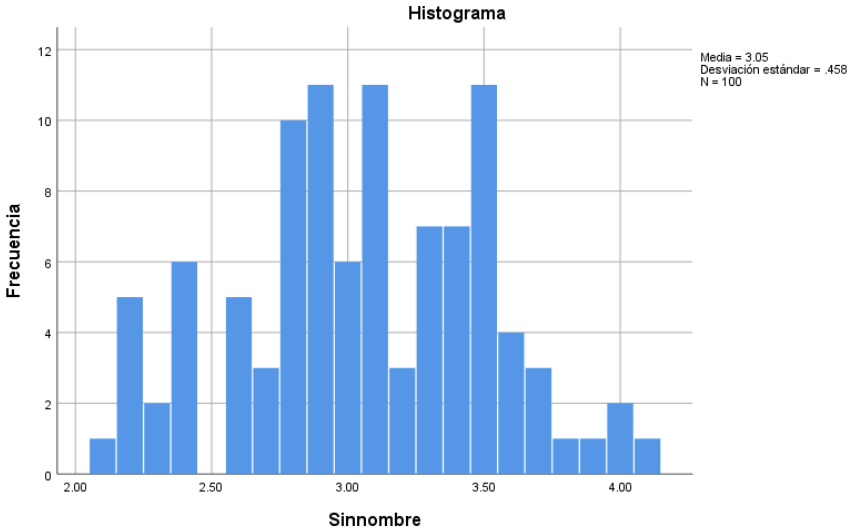


Figura 34. Histograma del híbrido (Teocinte con maíz) Sinnombre de Milpa Alta

En la gráfica de caja del híbrido Sinnombre (figura 35), se observa una simetría mayor en comparación con F53M, ya que se observa una equidistancia entre su mediana y sus valores extremos (mínimos y máximos).

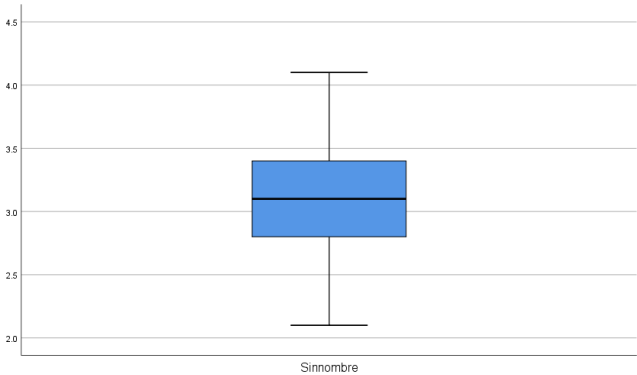


Figura 35. Gráfica de caja del híbrido Sinnombre

Para poder realizar una comparación gráfica sobre cada muestra tanto arqueológica, como contemporánea de maíces y teocintes e híbridos, decidí hacerlo por medio de la de “caja con bigotes”, ya que visualmente da toda la información de las medidas de tendencia central, así como de los valores extremos, el resultado se observa en el figura 36.

Lo interesante de la gráfica es la línea de las diez micras, los únicos que están por debajo de ella, son los teocintes, los maíces arqueológicos así como los contemporáneos, la mayoría están por encima, a excepción de tres; Olotillo, Harinoso de Ocho y Dzitba.

Otro punto muy importante, es que por encima de las quince micras, únicamente se encuentra el teocinte *perennis*, lo que resulta sumamente útil para la identificación de gránulos de almidón, ya que si identificamos algún almidón con un tamaño mayor al mencionado, es muy preciso decir que se trata de un maíz domesticado o en proceso. Dicho de otra manera, si encontramos un almidón arqueológico por arriba de las 15 micras, podríamos argumentar con seguridad de que no se trata de un granulo de algún teocinte, sino de por lo menos uno que está en proceso de domesticación.

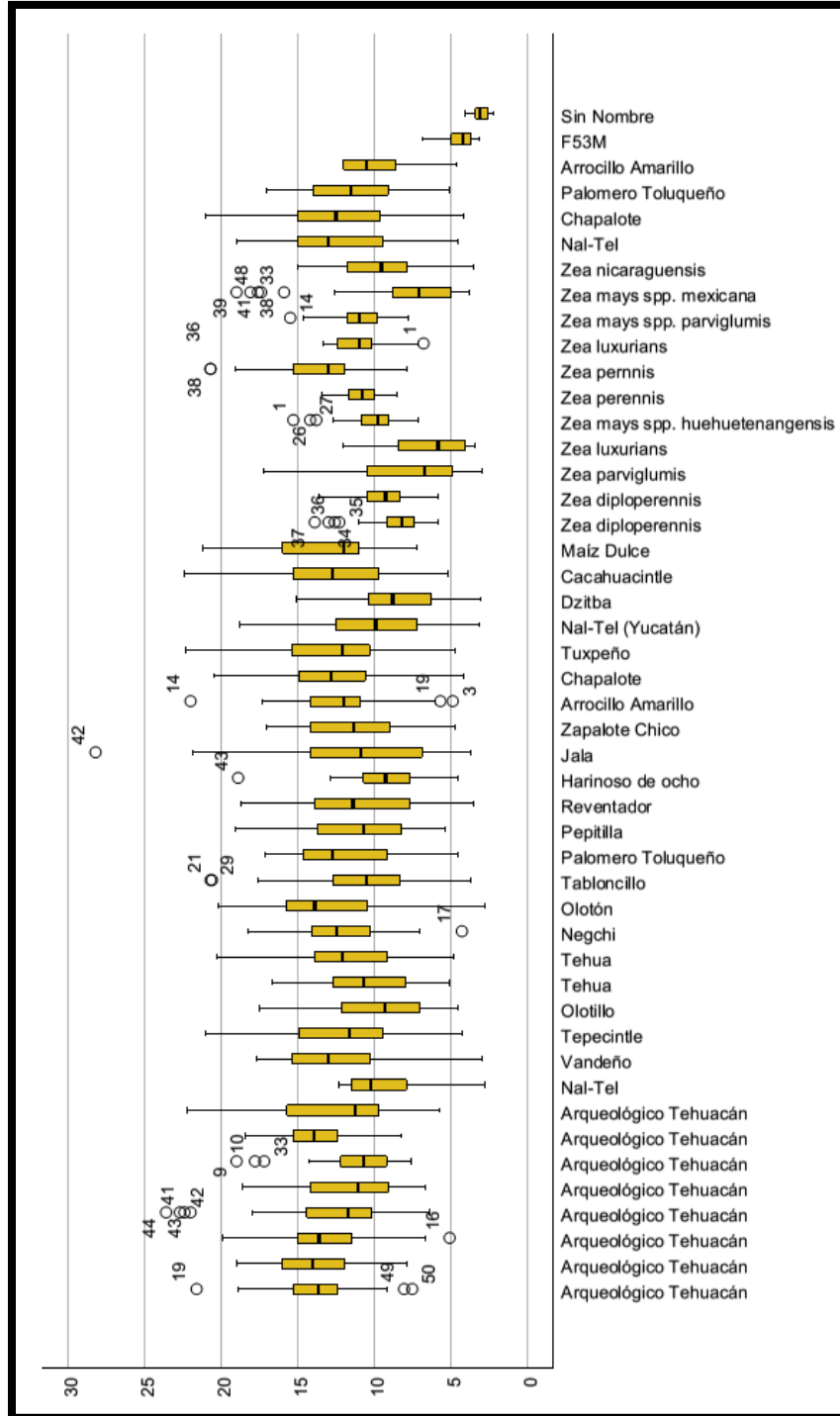


Figura 36. Gráfica con distintos gráficos de caja de las muestras de maíces, teocintes contemporáneos y maíces arqueológicos.

3.7 Análisis de los resultados estadísticos

De acuerdo a los resultados del presente estudio, el intervalo de tamaño de entre 12 y 17 micras, propuesto por Piperno (2009:5020) y (Piperno, D., Ranere, A., Holst, I. *et al.*, 2000; Deborah M Pearsall, Karol Chandler-Ezell, James A Zeidler 2004; Holst, Irene & Moreno, J. Enrique & Piperno, D.R. 2007), para diferenciar almidones de maíces y teocintes es impreciso, ya que menciona que los teocintes están fuera de este promedio, pero no toma en cuenta su desviación estándar ni los números extremos de la función de cada especie. Si consideramos estos datos, para eliminar ese traslape entre las dos especies, podemos hablar de una media de entre 15 y 20 micras como un intervalo más confiable para descartar un traslape de tamaño con los teocintes.

Lo anterior también puede argumentarse si observamos los histogramas de los teocintes y las variedades de maíces Indígenas Antiguas y Exóticas Precolombinas, donde se aprecia en el caso de los primeros que la mayor concentración de la muestra está por debajo del promedio y en los maíces es por arriba de la media.

El tema en los maíces Mestizos Prehispánicos, es diferente, ya que la media de tamaño oscila entre 8 y 12 micras. Si tomamos en cuenta sus desviaciones estándar podría haber un intervalo entre 5 y 16 micras, lo cual muestra un gran traslape con el tamaño promedio de los teocintes.

Las fechas propuestas por los estudios genéticos para los inicios de la domesticación del maíz, son alrededor de hace 9,000 años, según Kato *et al.*, (2009) y Vielle (2014). La teoría unicéntrica como la multicéntrica, proponen que el maíz evolucionó a partir del *Z. mays* spp. *parviglumis* y posteriormente una introgresión

con *Zea mays* spp. *mexicana*, para su adaptación a mayores alturas, como la Cuenca de México. Sin embargo, la diferencia entre estas dos propuestas reside según Kato, en que la unicéntrica se basa en un tamaño de muestra pequeña, lo que la deja con argumentos frágiles, y la teoría multicéntrica además de tener una magnitud de muestra confiable, explicaría mejor la diversidad de variedades.

Moreno et al., (2018) y Moreno-Letelier (2020), demuestran que la zona poniente del actual estado de Jalisco tiene en sus especies de teocintle tanto de parviglumis como de mexicana, una mayor cercanía genéticamente hablando con los maíces actuales. Finalmente Ramos-Madrigal (2016) en su estudio de ejemplares de Tehuacán, demuestra que la mazorca analizada, carece de un gen que el teocintle si tiene, el cual es el encargado de ramificar el tallo, pero no ha perdido el que da la capacidad de que la semilla caiga al suelo, por lo que se encuentra en una etapa intermedia en el proceso de domesticación.

La estadística realizada en almidones para diferenciar el teocintle del maíz nos permite descartar la propuesta cualitativa de Dolores Piperno, al constatar la diferencia cuantitativa en nuestro estudio de aumentar a partir de 15 micras el rango confiable. Los análisis de almidones así como su identificación, en los cálculos dentales, artefactos y pisos de ocupación de los distintos sitios arqueológicos, coinciden en general con las fechas y zonas propuestas por los estudios genéticos, a excepción del dato de La mujer del Peñón III, ya que es 3000 años antes.

Los análisis estadísticos de tendencia central aplicados a los gránulos de almidón de granos híbridos entre teocintes y maíces, no alteran las propuestas de tamaño

para diferenciar entre las dos especies, ya que no pasan de 6.90 micras en su valor máximo.

Con las estadísticas tanto de maíces y teocintes contemporáneos, así como las muestras arqueológicas, podemos establecer tres puntualizaciones importantes para la identificación de gránulos de almidón de maíz y teocinte.

- La mayoría de las medias de las distintas especies de teocintes muestreados están por debajo de las 10 micras. Solo cuatro están por encima, *Zea perennis*, *Zea huehuetenangensis*, *Zea luxurians* y una variedad de *Zea mays* spp. *parviglumis*
- Ninguna media de los teocintes pasa la magnitud de 15 micras, así como solo una muestra, *Zea perennis*, roza ese límite pero solo en algunos datos extremos.
- Ninguna media de las muestras arqueológicas, está por debajo de las 10 micras

Es importante señalar que se intentó realizar la extracción de gránulos de almidón en tallos tanto de teocintes como de maíces, pero no se encontraron almidones en dicha parte de estas especies vegetales.

CAPÍTULO 4. LA TÉCNICA DE EXTRACCIÓN DE ALMIDONES EN ARQUEOLOGÍA

Los gránulos de almidón han adquirido protagonismo en los estudios bioarqueológicos durante las últimas dos décadas, por mencionar a algunos: Pagan, 2005; Torrence y Barton 2006; Piperno et al., 2009; Cruz, 2012 y 2014 y Vera, 2019; debido a dos características principales: la variabilidad morfológica y la perdurabilidad.

Para poder identificar almidones arqueológicos, se requiere una base de comparación (colección de referencia), guiada por una serie de variables. En este estudio nos hemos basado en las propuestas de Pagan (2005), las cuales describen características físicas. Debido a que la técnica de extracción puede ser aplicada a distintos contextos arqueológicos como: pisos de ocupación, artefactos y cálculos dentales, podremos obtener información diversa sobre los distintos usos y consumos de los recursos vegetales, así como los procesos de domesticación.

4.1 Técnica de extracción de almidones

El almidón es el principal polisacárido de reserva de la mayoría de los vegetales, y una de las principales fuentes de calorías de la humanidad. Aunque su estudio científico, principalmente con fines industriales, se ha efectuado desde el siglo XIX (Reichert 1913), hace aproximadamente dos décadas se ha empezado a establecer

como una metodología en la técnicas paleoetnobotánicas de la arqueología (Torrence 2006a).

Los almidones o gránulos de almidón son compuestos semi-cristalinos insolubles y son una mezcla, en distintas proporciones según sea la fuente biológica, de dos polisacáridos: amilosa y amilopectina. La polimerización es producida por moléculas de glucosa, las que a su vez son producto de la fotosíntesis. Debido a que los almidones son reserva de energía de las plantas, estos se localizan en casi cualquier parte de las plantas como: tallo, hojas, raíces y semillas. (Pagán 2005:2),

Los almidones son microrestos que pueden usarse como materiales arqueológicos gracias a que tienen perdurabilidad y resistencia a variables como; temperatura, humedad, acidez o alcalinidad en pisos (pH), que a diferencia de los macrorestos, los valores extremos de las condiciones anteriores, les impiden la permanencia en el contexto. La resistencia al cambio morfológico de los gránulos de almidón a estas variantes físicas depende de las especies, (un estudio de esto fue realizado por Rodríguez, Cruz y Acosta, (2016)) el caso por ejemplo de *Ipomoea batatas*, mejor conocido como camote, se degradan sus gránulos a 40°C y el caso de *Phaseolus vulgaris* o frijoles resisten hasta 90 °C.

Cuando los almidones son degradados, se le conoce como gelatinización, las estructuras y/o enlaces de las moléculas se rompen y se vuelve difícil identificarlo.

Los tamaños de los gránulos van desde las 2 micras la más pequeña, hasta 100 micras la más grande, dependiendo la fuente biológica y especie de la que proceda (BeMiller-Whistler 2009).

Los gránulos de almidón tienen en la mayoría de los casos una morfología diferenciable y rasgos compartidos, estas características físicas las podemos dividir en variables cualitativas y cuantitativas. Es posible incluso identificar especies en algunos casos y en otros solo el género, dado que no todos son diagnósticos. (Torrence y Barton, 2006)

4.2 Características morfológicas de los gránulos de almidón

Una vez obtenidos y montados al microscopio, los almidones tienen características morfológicas muy particulares, que permiten su identificación a nivel de especie si se han preservado correctamente los elementos diagnósticos (Pagán 2002):

1. *Forma*: Cada granulo de almidón tiene diferente forma y es característica de cada especie, aunque a veces pueden existir múltiples variantes (por la posición variada en que se pueden encontrar éstos). Se retomaron una serie de variantes combinando estándares de formas geométricas no angulares y angulares utilizadas en el análisis de polen, de fitolitos y almidones.
2. *Hilum*: El hilum (Hylum) o *centre* (centro) ha sido definido por varios investigadores como el punto de donde da inicio el crecimiento de los gránulos de almidón (Loy 1992) y la forma que presenta es de igual importancia para su identificación en los almidones. (ya que hay plantas que no producen almidones con hilum visible, una variante que muchos investigadores toman en cuenta como un rasgo diagnóstico).

3. Puntos de Flexión: Son los planos que se observan en ciertos gránulos principalmente cuando son poligonales. En los gránulos irregulares existe la posibilidad de observar líneas en las vistas céntricas o excéntricas que no representan el filum o fisuras, sino puntos de flexión de las distintas facetas de los cuerpos analizados. Esta variable puede de ser un elemento de interés en la descripción y caracterización de determinadas especies analizadas, ya que no todos los gránulos muestran esta variable, pero cuando se les realiza un análisis y se les registra resulta ser bastante homogénea en la observación.
4. Posición del hilum y de puntos de flexión: esta variable señala la ubicación del hilum y punto de flexión con respecto al centro del plano observado en el granulo analizado, y se describe únicamente la posición del hilum y el punto de flexión si este se encuentra en el centro del plano visible del granulo o fuera de él, alejado del centro del plano del cuerpo observado en el microscopio.
5. Laminado: Con esta variable y sus variantes se caracteriza el patrón de los anillos de crecimiento de las moléculas de amilosa y amilopectina en los gránulos. Se debe tomar en cuenta que no todas las especies botánicas que se analicen van a presentar laminado visible, además debido a que los almidones de las distintas especies de planta cuentan con características moleculares distintas, el arreglo de sus anillos o círculos de crecimiento se puede proyectar de manera desigual entre ellos.
6. Tonalidad: Esta variable consiste en resaltar las diferentes tonalidades que se presentan en los gránulos de almidón. No obstante de menor peso, esta

variante puede reflejar diferencias reflejadas con el contenido de agua en las moléculas que componen el almidón, Aunque los gránulos de la misma especie puede tener prácticamente la misma tonalidad, se observan en las diferencias en distintas especies o subespecies de un mismo género (e.g., *Zea mays*: variedad Cacahuacintle vs. maíz blando de Sonora) por medio de microscopía óptica con luz blanca normal y polarizador.

7. Largo, ancho y/o diámetro: Provee de información importante ya que algunas especies de un mismo género parecen diferenciarse de otras únicamente por las dimensiones de los gránulos. Esta variable se reporta con la unidad micras (=um o una millonésima parte de un metro). Los gránulos esféricos son documentados por la medida de su diámetro mientras que el resto de formas se miden en largo y ancho. Por ejemplo, en un gránulo truncado, elíptico u ovalado el largo es la medida comprendida entre los extremos más angostos, es decir, entre las curvas comprimidas del cuerpo, mientras que el ancho será la medida comprendida entre los extremos más abiertos, esto es, entre las curvas con mayor apertura.
8. Estructura: Son dos variantes: la estructura individual o estructura compuesta. En la observación de los gránulos de almidón de cada especie vegetal, puede poseer formas más o menos regulares dentro de cada especie o puede bien ser estructuras que unidas conforman un granulo compuesto.
9. Cavidad o fisura: Es aquella característica que la mayoría de las especies de gránulos pueden presentar y puede resultar diagnostica en algunos casos, esta se ubica generalmente donde se observa el hilum, aunque no todos los

granos presentan este elemento, si puede ser frecuente en algunas especies, suelen ser marcadamente homogéneas en ciertos especímenes pero en otros puede haber cierta variabilidad.

10. Margen: en esta variable se busca registrar las facetas de presión observadas en los márgenes de algunos gránulos, cuando estos gránulos son cuerpos individuales que pueden constituirse en segmentos de gránulos compuestos. Para poder registrar la mayor cantidad de variantes que estén presentes a la hora de realizar los análisis.

11. Borde: esta variable fue creada para registrar diferencias en las líneas que delimitan los gránulos, es decir el contorno, principalmente entre especies de un mismo género o variedades y variedades dentro de una misma especie.

4.3 Aplicaciones en arqueología de la técnica de extracción de almidones

Después de mencionar las propiedades físicas y biológicas de los gránulos de almidón, mencionaremos donde puede aplicarse la técnica de extracción de almidones, está dependiendo de los objetivos y/o preguntas, puede realizarse en distintos contextos y materiales arqueológicos como son: artefactos líticos, cerámica, cálculos dentales, pisos y/o suelos con evidencia de ocupación humana (figura 37).

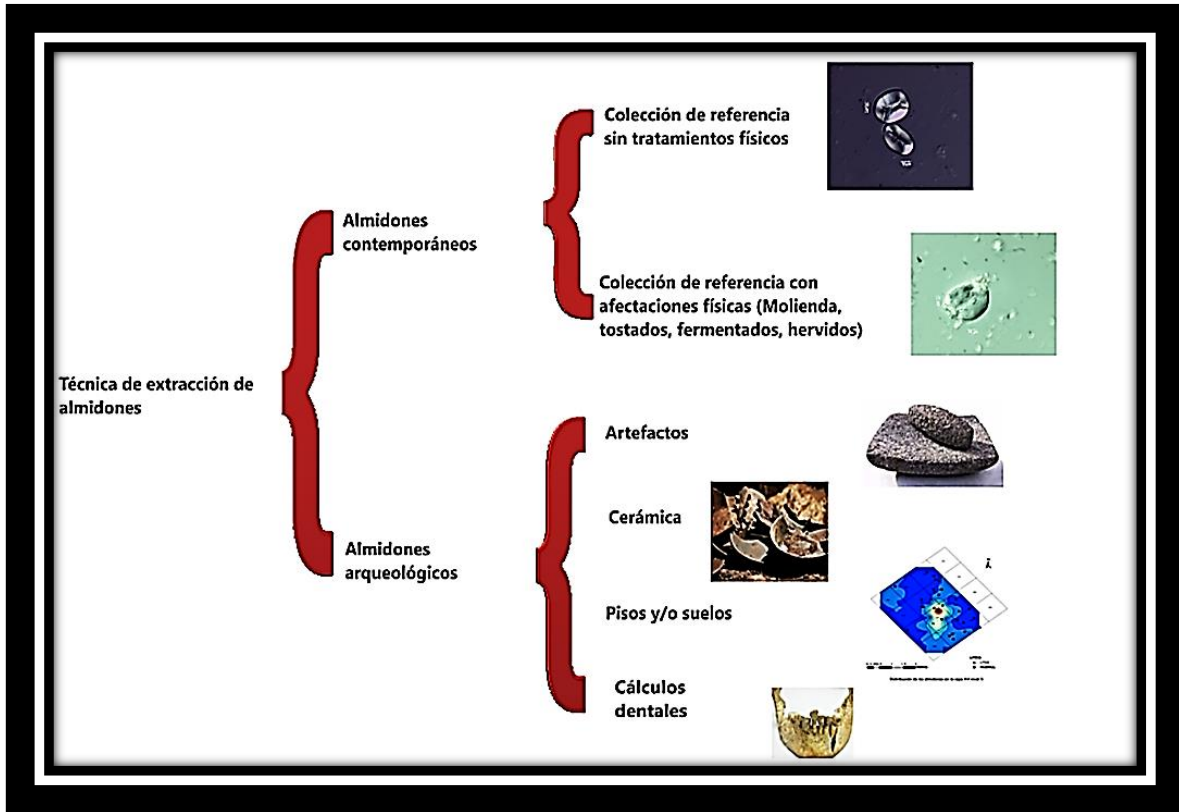


Figura 37. Esquema gráfico de la aplicación de la técnica de extracción de almidones en arqueología

Para realizar una identificación precisa y adecuada de los gránulos de almidón es necesario contar con colecciones de referencia por lo menos de dos tipos:

- Colección de referencia sin tratamientos físicos a los gránulos de almidón (es decir sin someterlos a distintos procesos humanos), obtenemos tal cual de su fuente de extracción en condiciones naturales.
- Colección de referencia en actividades culturales físicas sometiendo a los gránulos de almidón como: calentamiento, macerado y triturado, hervidos, fermentación, deja huellas específicas permiten relacionarlas con estos procesos.

Actualmente se cuenta con numerosos de protocolos de extracción de almidones y elaboración de colecciones de referencia para su estudio (Piperno 1998, Field 2006, Lentfer 2006, Torrence 2006b:152). El principio básico, en el caso de las extracciones de almidones arqueológicos es la separación por diferencia de densidades. Los almidones en promedio tienen una densidad por debajo de 1.8 g/cm³, por lo que se utiliza una solución de CsCl (cloruro de cesio) con densidad mayor a esta última. En el Laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM (LPEH), se emplea la metodología propuesta por Pagán (2005) y modificada por Cruz (2014).

La formación de la colección de referencia contemporánea utilizada para la identificación de almidones existente del LPEH se basa en las propuestas por Pagán (2005) y Torrence (2006). Para la extracción de los almidones arqueológicos, nos apoyamos en las técnicas establecidas por Pagán (2005), Torrence (2006) y Cruz (2012, 2014)

4.4 Técnicas para la extracción de almidones en cálculos dentales.

Para la extracción de los almidones arqueológicos en cálculos dentales, modificado por Cruz, empleamos el protocolo del informe técnico del proyecto de investigación “Almidones arqueológicos en cálculos dentales de restos óseos: implicaciones en la dieta teotihuacana” (Acosta et al., 2018). Lo anterior está basado en la técnica para

la obtención de granos de almidón en sedimentos de implementos líticos descrito por Jaime Pagán (2005).

4.5 Protocolo para el muestreo en cálculos dentales para la extracción de almidones arqueológicos en campo o laboratorio de procedencia

- Se deben registrar todos los datos del contexto arqueológico de procedencia del ejemplar en una cédula (Sitio de procedencia, contexto, cronología y observaciones particulares)
- Se tomarán fotos, tanto del ejemplar en general, como de las zonas particulares de donde se localicen cálculos. Se numeran de manera consecutiva las áreas de interés para muestrear.
- Para manipular cada ejemplar, utilizar en todo momento guantes de látex o nitrilo libres de talco; reemplazarlos con cada individuo estudiado.
- Limpiar con un paño húmedo en alcohol la superficie de trabajo; dejar secar;
- Determinar y registrar, la(s) pieza(s) dentales viables con el fin de sustraer muestras de cada sección de manera separada; cabe señalar que en algunas ocasiones se pueden confundir los restos de sedimentos con verdaderos cálculos dentales, los cuales se caracterizan por desprenderse como láminas y no de manera disgregada. En caso de duda, recuperar la muestra para que en laboratorio se efectúe un análisis con HCl al 0.6% para distinguirlos. El cálculo no efervesce, mientras que los sedimentos sí lo harán.

- Evaluar, registrar características y estado de conservación de las piezas dentales, para tener información complementaria sobre salud y actividades del individuo que complementen las interpretaciones de la dieta vegetal.
- Colocar papel de impresión blanco (nuevo) sobre la superficie de trabajo y cuidadosamente poner sobre dicha superficie el ejemplar que será auscultado (reemplazar el papel con cada ejemplar y con cada pieza)
- Raspar las piezas o áreas de interés con instrumentos odontológicos (esterilizados, no desinfectados) en dirección hacia las raíces, para no dañar la posición del diente o muela, depositar el residuo o sedimento extraído en el papel impresión, y traspasarlo a un envase estéril debidamente rotulado (vial de 1.5 ml o Frasco de 10 ml, según sea el caso).
- En el caso de piezas sueltas, identificar la pieza dental a la que corresponde y transportar la pieza completa a laboratorio para su limpieza mediante ultrasonido, debido a que las piezas sueltas son más susceptibles a contaminación.
- No mezclar las muestras de las distintas secciones auscultadas. Mantenerlas siempre en envases separados y especificando con las características particulares de cada sección, la parte del ejemplar a la cual corresponde la muestra.

4.6 Análisis de almidones para el procesamiento en laboratorio

- Las muestras previamente obtenidas en tubos viales (1.5mL) serán trituradas en el mismo envase con un instrumento odontológico (esterilizar para cada tubo vial) hasta tener un polvo fino.
- Agregar una solución CsCl con una densidad de 1.9 g/cm^3 hasta cubrir el doble del volumen ocupado por la muestra.
- En el caso de las piezas sueltas con cálculos dentales, colocar la muestra individual en un frasco de 10 mL con agua bidestilada y limpiar en baño ultrasónico hasta que los sedimentos sean liberados del cálculo. Es importante que este procedimiento no lleve demasiado tiempo pues el cálculo corre el riesgo de comenzar a disgregarse. En caso de que las concreciones de sedimento persistan, limpiarlas manualmente con equipo de dentista, trasvasar a un tubo vial de 1.5 mL y repetir los pasos 1 y 2.
- Centrifugar las muestras con la solución de CsCl con la densidad de 1.9 g/cm^3 a 3000 rpm por 15 minutos para que los gránulos de almidón floten.
- Trasvasar el sobrenadante a otro tubo de 1.5 mL rotulado de igual forma, agregar agua bidestilada hasta la marca de 1.5 mL y centrifugar a 4000 rpm.
- Con una punta de pipeta esterilizada retirar el exceso de agua bidestilada hasta la marca de 0.5 mL.
- Agregar nuevamente agua bidestilada hasta 1.5 mL y centrifugar a 400 rpm

- Con una punta de pipeta esterilizada, retirar el exceso de agua bidestilada hasta la marca de 0.3 mL, posteriormente con esa misma punta de pipeta tomar el sedimento mezclado del fondo del vial.
- Montar en el centro de un portaobjetos (Rotulado) la muestra del sedimento tomada con la punta de pipeta, posteriormente con un palillo de madera mezclarla con glicerol en proporción 50/50 y colocar un cubreobjetos.
- Sellar las orillas del cubreobjetos con un barniz transparente.
- Observar al microscopio con los polarizadores adecuados para identificar los gránulos de almidón.

CAPÍTULO 5. GRÁNULOS DE ALMIDÓN EN CÁLCULOS DENTALES DE RESTOS HUMANOS EN SITIOS PRECERÁMICOS, DE LA CUENCA DE MÉXICO Y EL VALLE DE TEHUACÁN

5.1 Muestras de cálculos dentales procesados para el análisis de almidones

Se tomaron muestras de sarro de piezas dentales de quince individuos⁶ procedentes de contextos fúnebres precerámicos de la Cuenca de México y Valle de Tehuacán, con la técnica de extracción de almidones, con la finalidad de conocer parte de la de la dieta de origen vegetal que consumían. Para el procesamiento de muestras, se obtuvieron primero los cálculos dentales de cada uno de los especímenes seleccionados en el Museo Nacional de Antropología, según metodología de Cruz (2012), las muestras de sarro fueron trasladadas al LPEH del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM

La lista de los individuos seleccionados es la siguiente:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1. Hombre de Texcoco | 9. Peñón del Márquez |
| 2. Hombre de Chimalhuacán | 10. Valsequillo |
| 3. Hombre de Tepexpan | 11. Aztahuacan, Entierro 1 |
| 4. Hombre de Balderas | 12. Aztahuacán, Entierro 2 |
| 5. Hombre de Tehuacán | 13. Aztahuacán, Entierro 3 |
| 6. Hombre de Cuenca de México | 14. Cueva del Tecolote |
| 7. Texcal, Entierro 3 | 15. Peñón de los Baños, Entierro 4 |
| 8. Mujer del Peñón | |

⁶ Los restos humanos fueron prestados por José Concepción Jiménez López, se tomaron las muestras de sarro en la Osteoteca del Museo Nacional de Antropología en enero de 2018.

5.2 Resultados de los análisis

La mayoría dio positivo a la identificación de almidones en los cálculos dentales; solo en dos de ellos no se encontraron. La tabla 11 muestra los gránulos de almidón identificados y no identificados.

	<i>Aff</i>	<i>Zea mays</i> <i>(teocinte)</i>	<i>Phaseo</i> <i>lus</i> <i>vulgaris</i>	<i>Capsicu</i> <i>m sp</i>	<i>Dioscore</i> <i>a sp</i>	<i>Ipomoe</i> <i>a sp</i>	<i>Graminea</i> <i>s</i>	<i>No</i> <i>identificad</i> <i>os</i>
Hombre de Texcoco		1					2	
Hombre de Chimalhuacá n				2	1			1
Hombre de Tepexpan	1	1		2		2		
Hombre de Balderas					1			
Hombre de Tehuacán	2		1	1			2	
Hombre de Cuenca de México			1					2
Texcal entierro 3	1			2	1			
Mujer del Peñón III		3		5		2		

Peñón del Márquez	+50		8	3	2	1		
Valsequillo				2	1			
Aztahuacán entierro 2				2			1	
Aztahuacán entierro 3				1				

Tabla 11. Conteo de almidones totales extraídos de los cálculos dentales de los entierros precerámicos.

A continuación, se muestran los almidones representativos de cada especie por entierro analizado.

5.3 Hombre de Texcoco

En el Hombre de Texcoco se extrajeron e identificaron tres almidones: teocinte (*Zea mays*), y dos posibles pastos (gramíneas) (Figura38).

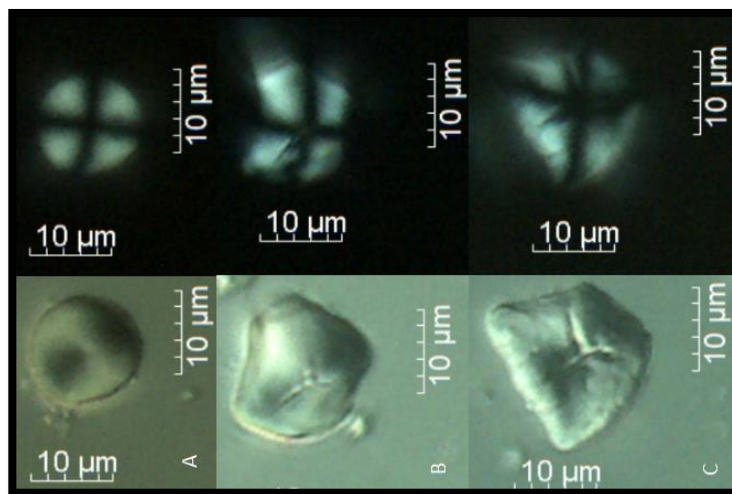


Figura 38. Almidones extraídos de los cálculos dentales del Hombre de Texcoco: A, *Zea mays* (teocinte), B, algún tipo de pasto, lo mismo para el C. (fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.4 Hombre de Chimalhuacán

En el Hombre de Chimalhuacán, se extrajeron e identificaron tres almidones: Dos de chile (*Capsicum sp* y uno de tubérculo (*Ipomoea sp*), lo importante es que uno de los gránulos de picante tiene afectación termina, es decir fue calentado (Figura 39).

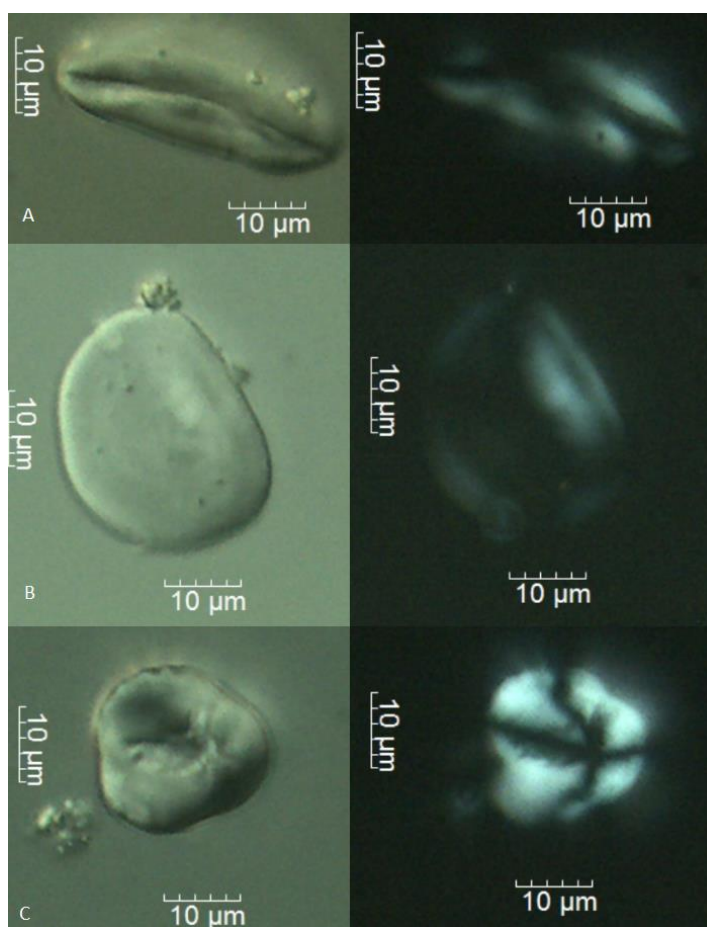


Figura 39. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre de Chimalhuacán. A, B. *Capsicum sp* (Chile); C. almidón de *Dioscórrea* (tubérculo). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.5 Hombre de Tepexpan

Seis almidones se identificaron y extrajeron de el Hombre de Tepexpan (figura 40): Uno con característica de maíz (*Zea mays* spp. *mays*), uno de teocinte (*Zea mays* spp *mexicana*), dos de chile (*Capsicum* sp.) y dos de camote (*Ipomoea batatas*).

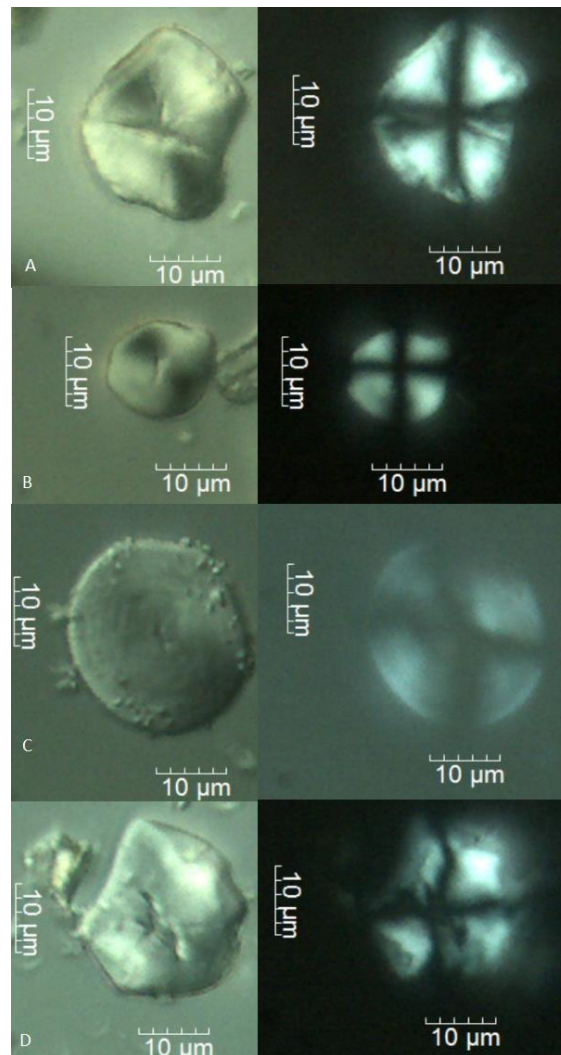


Figura 40. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre de Tepexpan. A. granulo con afinidad *Zea mays* spp. *mays* (maíz). B. *Zea mays* spp *mexicana* (teocinte). C. *Capsicum* sp. (Chile). D. *Ipomoea batatas* (camote). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.6 Hombre de Balderas

El Hombre de Balderas solo dio positivo a un granulo de almidón (Figura 41), identificado como *Dioscorea* sp. (tubérculo).

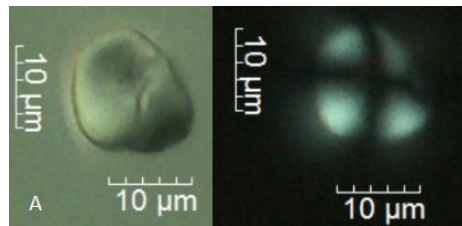


Figura 41. Almidón extraído de cálculos dentales del Hombre de Balderas. Granulo de *Dioscórrea* sp. (Tubérculo). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.7 Hombre de Tehuacán

En el Hombre de Tehuacán se extrajeron e identificaron seis almidones en total dos con afinidad a *Zea mays* spp. *mays* (maíz), uno de chile (*Capsicum* sp.), uno de frijol (*Phaseolus* sp.) y dos no identificados (figuras 42 y 43).

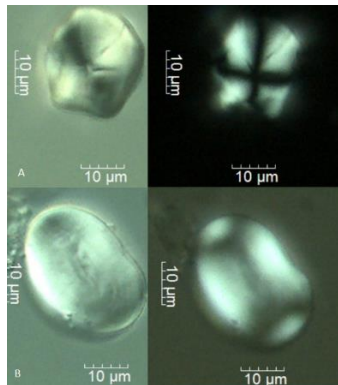


Figura 42. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre de Tehuacán. A. almidón identificado como *Zea mays* spp. *mays* (Maíz). B. almidón identificado como *Phaseolus vulgaris* (frijol). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

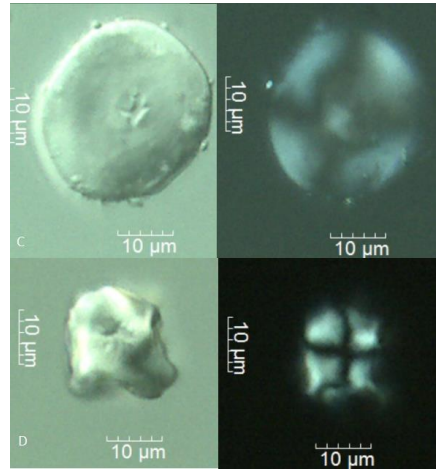


Figura 43. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre de Tehuacán. C. almidón identificado como *Capsicum* sp. (Chile). D. almidón no identificado. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.8 Hombre Cuenca de México

Se identificaron 3 almidones en el Hombre de la Cuenca de México, dos de ellos no se pudieron identificar y uno se relaciona con *Phaseolus vulgaris* (frijol), figura 44.

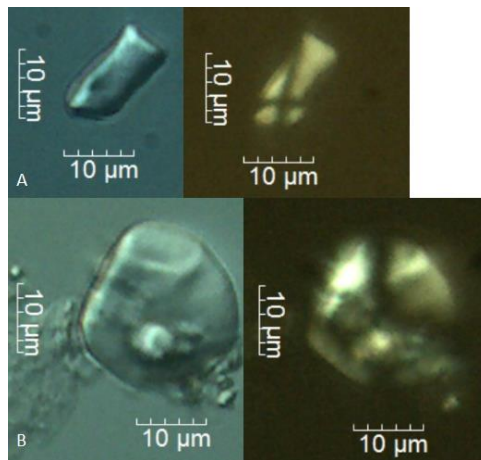


Figura 44. Almidones extraídos de cálculos dentales del Hombre Cuenca de México. A. almidón identificado como *Phaseolus* sp (frijol). B. almidones no identificados. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.9 Texcal, Entierro 3

En los restos humanos del entierro 3 de Texcal se encontraron 4 almidones en total, uno de *Zea mays* spp. *mays* (maíz), dos de *Capsicum* sp. (Chile), y uno de *Dioscórea* sp. (tubérculos). En la Figura 45 solo se presentan los representativos de cada especie.

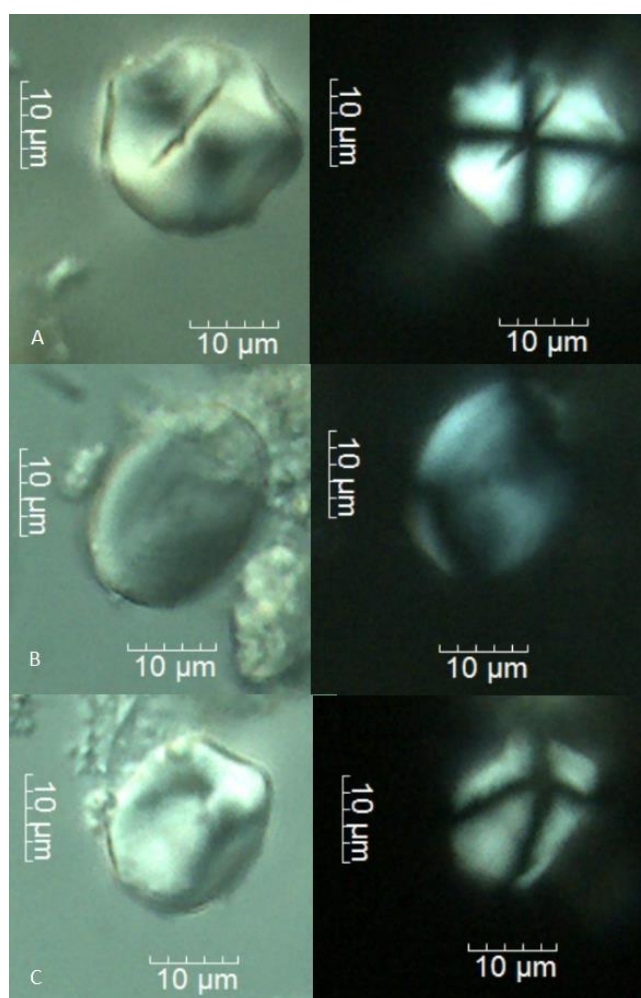


Figura 45. Almidones extraídos de cálculos dentales del Entierro Texcal 3. A. almidón de *Zea mays* spp. *mays* (maíz). B. almidón identificado como *Capsicum* sp. (Chile). C. almidón identificado como *Dioscórea* sp. (Tubérculo). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.10 Mujer del Peñón III

Los restos de La mujer del Peñón, resultan interesantes ya que es la que tiene mayor antigüedad, cerca de 12, 561-12 761 cal. AP (González S. *et al.*, 2006:69) Se extrajeron e identificaron tres gránulos de almidón de *Zea mays* (teocinte), cinco de *Capsicum sp* (chile), uno de *Ipomoea sp* (tubérculo) y uno no identificado (figuras 46, 47 y 48).

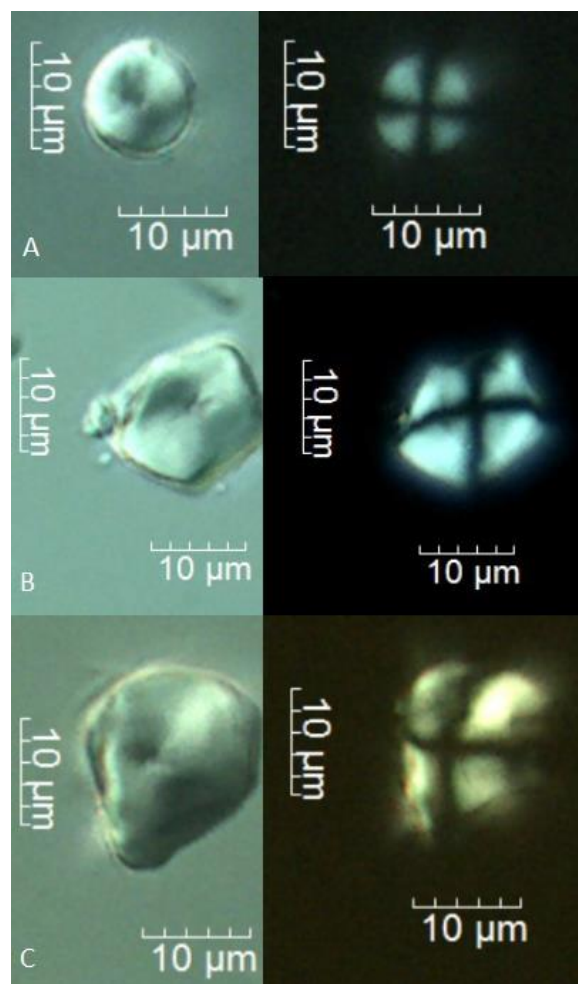


Figura 46. Almidones extraídos de cálculos dentales de La Mujer del Peñón III. A- C. Gránulos identificados como *Zea mays* (teocinte). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

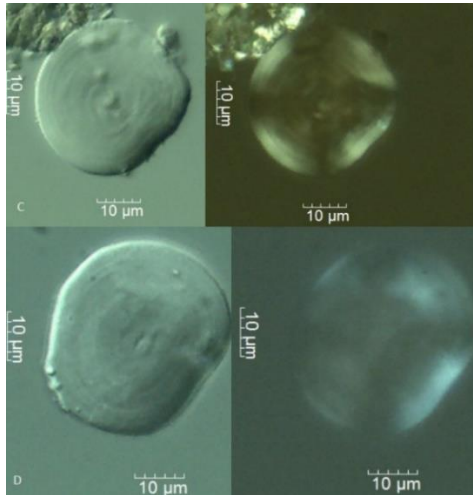


Figura 47. Almidones extraídos de cálculos dentales de La Mujer del Peñón III. A y B, gránulos identificados como *Capsicum* sp. (Chile). El granulo D, presenta alteración térmica, indicando que fue sometido a una fuente de calor. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

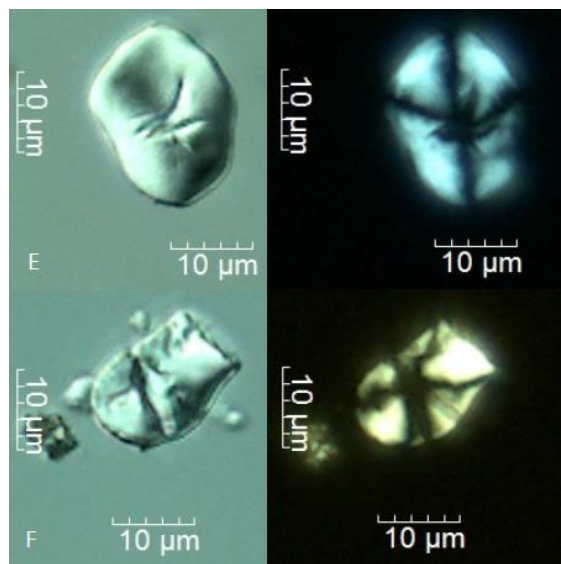


Figura 48. Almidones extraídos de cálculos dentales de La Mujer del Peñón III. E - F, gránulos identificados como *aff. Ipomoea* sp. (Camote). F presenta las características particulares de un almidón de camote. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.11 Peñón del Márquez

Los restos humanos del Peñón del Márquez o Peñón de los Baños con una antigüedad de 4247 ± 29 años AP (Jiménez et al., 2016), interesante porque estaría ubicado entre fines del Precerámico e inicios del Formativo, se identificó un conglomerado de gránulos de almidón de maíz con evidencia de gelatinización (hervido en agua), permitiéndonos inferir el consumo para la preparación de masas, quizás tamales. También tiene almidones de *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Capsicum* sp. (chile), *Ipomoea batatas* (camote) y *Dioscorea* sp. (tubérculos). Esta muestra presenta la mayor diversidad en cuanto a vegetales y tubérculos con respecto a los demás entierros analizados (figuras 49, 50, 51 y 52).

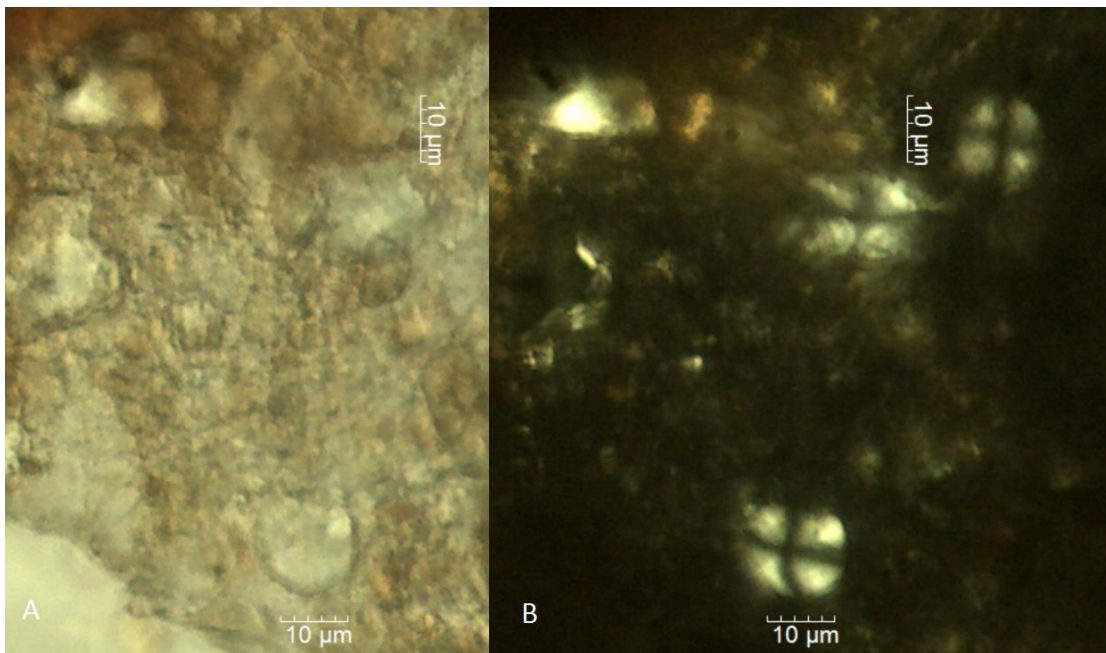


Figura 49. Conglomerado de almidones de *Zea mays* spp. *mays* (maíz), (fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

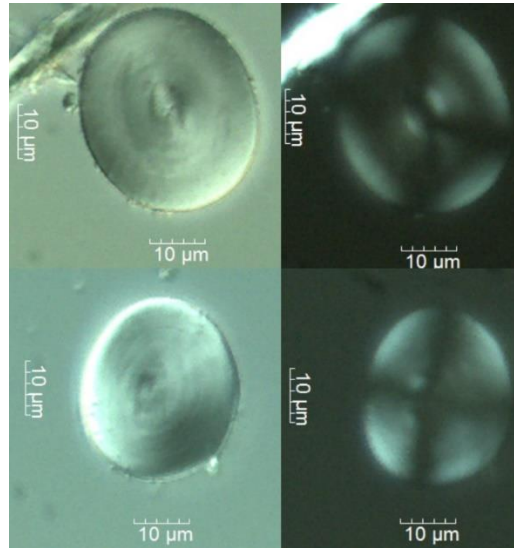


Figura 50. Almidones extraídos de cálculos dentales de los restos humanos Peñón del Márquez. Dos ejemplos de *Capsicum* sp. (Chile). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

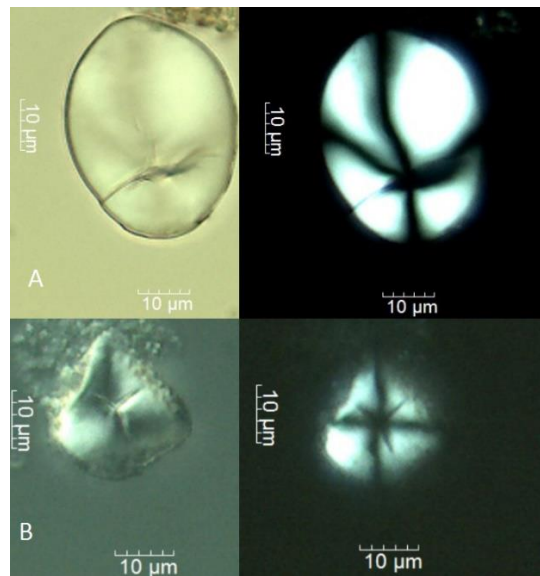


Figura 51. Almidones extraídos de cálculos dentales de los restos humanos Peñón del Márquez. Almidón A. *Dioscorea* sp., muy afín con *Canna* sp. B. relacionado con *Ipomoea* sp. (Camote). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

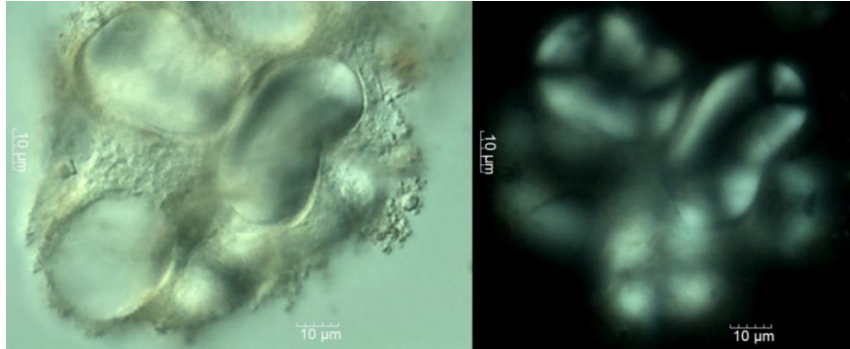


Figura 52. Almidones extraídos de cálculos dentales del Peñón del Márquez, identificados como *Phaseolus vulgaris* (frijol). Presentar evidencia de daño térmico, es decir, fueron expuestos a fuentes de calor. (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.12 Valsequillo

En los cálculos dentales procedentes de los restos humanos de Valsequillo, se extrajeron tres almidones, dos de chile (*Capsicum* sp.) y uno de *Dioscórea* sp. (tubérculo). (Figura 53)

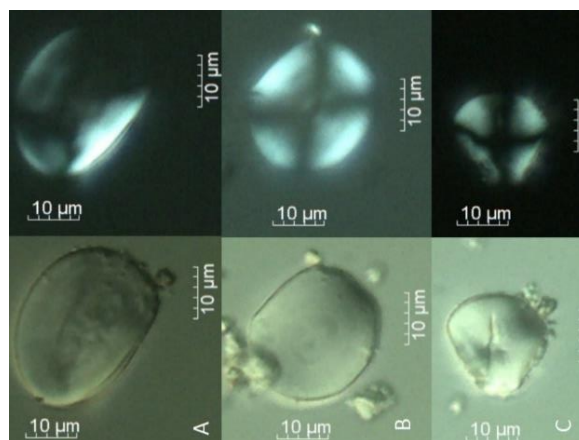


Figura 53. Almidones extraídos de cálculos dentales de Valsequillo. A- B. *Capsicum* sp. (Chile). C. *Dioscórea* sp. (Tubérculo). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.13 Aztahuacán, Entierro 2

Los restos humanos del entierro 2 de Aztahuacán se encontraron tres almidones, dos de chile (*Capsicum* sp.), y uno no identificado, probablemente algún tipo de pasto (figura 54)

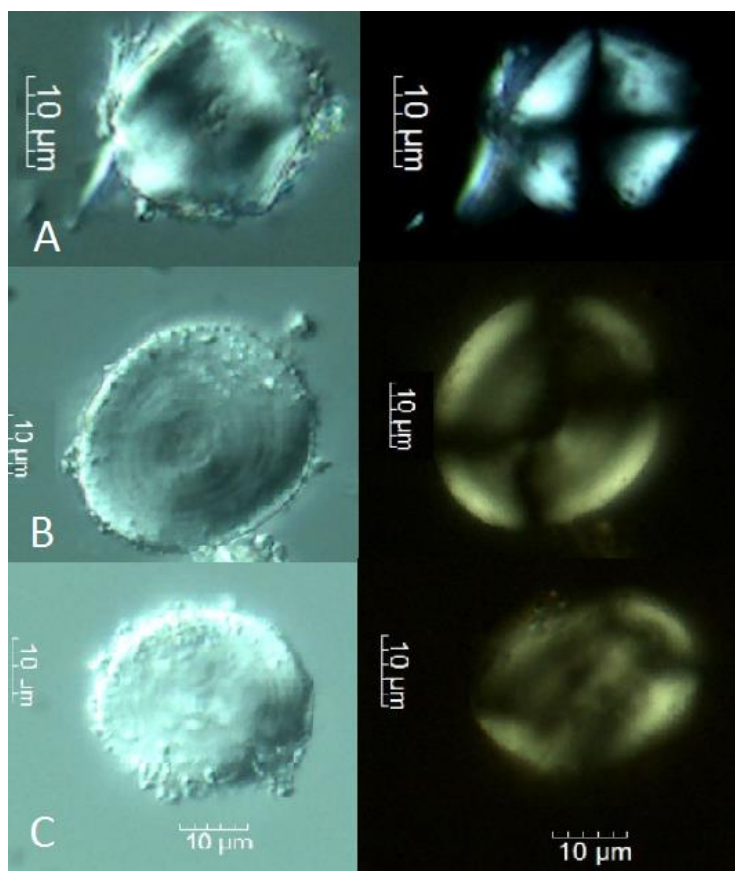


Figura 54. Almidones extraídos de cálculos dentales de Aztahuacán Entierro 2. A. Gramínea. B – C. *Capsicum* sp. (Chile). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

5.14 Aztahuacán entierro 3

En el Entierro 3 de Aztahuacán, solo se extrajo un gránulo de chile (*Capsicum* sp.), se muestra en la figura 55.

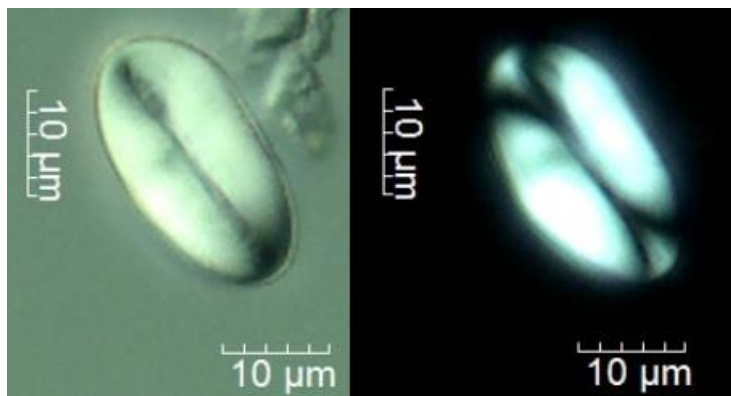


Figura 55. Almidón extraído de cálculos dentales de Aztahuacán, Entierro 3, identificado como *Capsicum* sp. (Chile). (Fotografías tomadas en 400 aumentos, izquierda con el polarizador DIC y derecha polarizador en campo oscuro).

En la tabla 12 se indica la distribución de los almidones de *Zea mays* identificados en los cálculos dentales de los restos humanos, artefactos y pisos de ocupación precerámicos de las zonas mencionadas anteriormente. Con la finalidad de ilustrar en forma diacrónica los resultados positivos en la extracción e identificación de almidones.

Sitio Arqueológico	Tipo de muestra	Antigüedad (AP) Calibradas	Almidones afines a <i>Zea mays</i>
Mujer del Peñón III	Cálculo	12700 años	SI
Hombre de Balderas	Cálculo	10500 años	NO
Hombre de Chimalhuacán	Cálculo	10500 años	NO
Hombre de Balderas	Cálculo	10500 años	NO
Hombre de Valsequillo	Cálculo	7400 años	NO
Texcal entierro III	Cálculo	7400 años	SI
Hombre de Tepexpan	Cálculo	5000 años	SI
Entierro Tehuacán	Cálculo	6513 años	SI
Capa XVI, Santa Marta	Piso de ocupación	11170 años	SI
Capa IV, San Gregorio Atlapulco	Artefacto (Piedra de molienda)	5300 años	SI

Tabla 12. Fechas en años antes del presente, según Johnson y McNeish, 1972, Del Olmo y Montes (2011), Cruz (2014) y Acosta et al., (2017).

Lo que resalta la tabla 12 es la presencia los almidones de teocinte en el cálculo dental de La Mujer del Peñón III, ya que su fecha es de 12700 AP, y también en el piso de ocupación del abrigo rocoso en Chiapas, Santa Marta. Cabe notar que sus fechas están alrededor de 3000 años antes de la propuesta por los genetistas como probable inicio de la domesticación del maíz, que es de 9000 AP. Obligando nuevas preguntas, ¿El teocinte que importancia tuvo antes de ser domesticado?, ¿Cuáles fueron los usos y formas de consumo del teocinte antes de ser domesticado? Con base en los resultados de esta investigación, solo podríamos decir que el encontrar el cálculo dental en la mujer sugiere el consumo de alguna forma. Los gránulos de almidón de teocinte no presentan alteración térmica, ni huella de molienda, por lo que no nos da tampoco información sobre su probable procesamiento. Sin embargo si lo analizamos en conjunto con los otros almidones identificados que son de camote y chile (este último presenta clara evidencia de calentamiento), podría decirse que no el teocinte no fue sometido al calentamiento.

En los pisos de ocupación del abrigo rocoso en Santa Marta, el gránulo de almidón de teocinte identificado se encontró en una piedra de molienda. Cabe señalar que esta piedra de molienda es pequeña (alrededor de 10 cm), sin embargo en la zona claramente identificada como área de procesamiento vegetal, el conteo de otros almidones es numeroso.

En resumen, la utilización del teocinte antes del 9000 AP, en el Altiplano Central y en la Depresión Central de Chiapas, no se puede negar, pero es incierta todavía la forma de consumirlo y procesarlo.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO SOCIAL DE LOS SITIOS ARQUEOLÓGICOS ESTUDIADOS

6.1 Conceptos de organización social de acuerdo a la Arqueología Social

Es importante entender los distintos conceptos de organización social, para analizar de qué manera pueden influir las formas de interactuar de las personas con el medio ambiente. Acosta (2016) comenta que los conceptos de “Cazadores recolectores” y/o “Sociedades Agrarias” son limitadas para explicar y caracterizar la Formación Económico-Social (FES), porque están basadas únicamente en la “Tecnología económica”, no indican el grado de desarrollo histórico, sino solo formas particulares de subsistencia. Por lo anterior, el concepto de modo de producción por si solo, tampoco se usa como sinónimo de desarrollo de las sociedades humanas.

El concepto de Formación Económico-Social caracteriza el grado de desarrollo histórico, ya que integra el “modo de producción” con el “modo de reproducción”, juntos con la superestructura, forman la base material de una FES. La Arqueología Social niega la secuencia lineal de comunidad primitiva-esclavismo, feudalismo-capitalismo-Socialismo como universal, considera tomar en cuenta los desarrollos históricos con base a las formas particulares que cada sociedad enfrentó localmente. Ya que al parecer la secuencia de desarrollo no es la misma en América que en otros continentes, donde el sedentarismo antecede a la agricultura y donde

en el área mesoamericana pueden observarse al menos cuatro formaciones sociales:

1. Comunidad Primitiva de Cazadores-Recolectores
2. Sociedades Tribales Igualitarias
3. Sociedades Tribales Jerarquizadas
4. Sociedades Clasistas iniciales

Si el objetivo es hablar sobre el proceso de domesticación del maíz, es importante conocer que es probablemente en este tipo de sociedades (Comunidad Primitiva de Cazadores y Sociedades Tribales Igualitarias) donde inicia el desarrollo histórico de la agricultura, ya que Acosta (2016:136) menciona que hablar de esta última significa que la base de los cultivos son plantas domesticadas, es decir que estas dependen para su desarrollo en su totalidad del cuidado y protección de los seres humanos.

La Comunidad Primitiva de Cazadores se caracteriza por ser apropiadora de alimentos, es decir solo puede obtenerlos del medio ambiente y depende de la capacidad que este último tenga para desarrollarlos. (Acosta, 2016:135). Así como también por tener un modo de producción “sin almacenamiento”, las relaciones de producción se basan por la ausencia de la propiedad privada del territorio, (Acosta, 2016), los alimentos se obtienen y dependen de la capacidad del medio ambiente (Bate, 1998), es decir dependerá si el entorno natural es un bosque de pinos, una selva con alta temperatura-humedad, Esta variedad de escenarios quizás influya en la forma de explotarlos y prepararlos. Las estrategias de obtención implicaban tener

un conocimiento profundo, para así tener un equilibrio sustentable y mantener la diversidad de especies (Bate, 1998).

Las Sociedades Tribales Igualitarias pueden tener o no producción de alimentos, ya sea en la forma de pastoralismo, cultivo y/o agricultura (Acosta, 2016:135). La revolución tribal sucedió cuando las relaciones de reciprocidad y la organización social no permitieron resolver desigualdades con las necesidades de mantenimiento y la obtención de recursos, según Hernández y Serrano (2017), provocando que las estrategias y modos de trabajo que influyeron sobre el proceso productivo cambiaran para dar paso a una nueva economía, las formas de producir alimentos como: la domesticación de plantas o animales, o los sistemas de preservación y almacenaje. La propiedad sobre el territorio es también un distintivo, esto conlleva a un aumento en la inversión de fuerza de trabajo en las áreas cultivadas o en bien, en los rebaños, el sedentarismo y aumento demográfico (Bate, 1998; Flores, 2006; Acosta, 2016, Hernández y Serrano, 2017).

La agricultura es un sistema agrícola basado en su mayoría de plantas domesticadas, lo que implica un largo tiempo de selección sobre las distintas especies vegetales, (miles de años), este nuevo procedimiento puede separarse en dos tipos: Extensiva e intensiva, la extensiva requiere un área relativamente grande de tierra para su "cultivo" con quema y barbecho, el tiempo de utilización depende de las características morfológicas y de los nutrientes de los suelos es decir el tiempo que se necesita para recuperar los nutrientes. La intensiva consiste en la intensificación de la producción, aumentar la eficiencia, con desarrollos técnicos,

como por ejemplo: irrigación, uso de abonos, diseño de sistema de retención de humedad como las terrazas, entre otros. (Acosta, 2016:136)

Cultivo es una palabra que los arqueólogos solemos utilizar con frecuencia de formas diversas, suele relacionarse como un sinónimo de agricultura o la siembra de plantas domesticadas, sin embargo cultivo puede ser desde la simple propagación intencional de semillas, esquejes o raíces, así como también el cuidado de plantas y/o vegetales silvestres de su competencia natural o depredadores. Por lo que estas distintas formas de manejo y protección anteceden a la domesticación (Acosta, 2018). Es importante señalar que el proceso de domesticación no termina aunque la reproducción dependa totalmente del hombre como es el caso del maíz, este último aún en el presente sigue en desarrollo y seguimos buscando cambios fenotípicos que responden tanto a necesidades ambientales como culturales, es decir no solo se busca una eficiencia económica, se busca también una solución a un deseo personal y/o social, que puede ser culinario, estético o significativo simbólico.

Como se señaló en el capítulo de antecedentes genéticos y arqueológicos, de acuerdo con la hipótesis vigente, la domesticación del maíz es un proceso que empezó hace cerca de 9000 años. La selección de rasgos físicos a lo largo de ese tiempo, provocó un cambio radical, si lo comparamos con los casos del arroz, el trigo o la cebada, donde los parientes silvestres no son tan diferentes.

La sedentarización es importante hablar de ella, porque para la Arqueología Social no es un desarrollo lineal, como lo menciona Acosta (2016), en el continente americano, parece que la agricultura no antecede a la sedentarización, como son

casos en el viejo mundo, y si en La Cuenca de México, como: Zohapilco (Niederberger, 1976), San Vicente Chicoloapan (Romano, 1963) y San Gregorio Atlapulco en la Cuenca de México (Acosta, 2015), estas que parecen ser una sociedades aldeanas sedentarias, lo cual se logró debido a la diversidad de recursos que le brindaba el medio ambiente lacustre. Y todavía no tenían un sistema agrícola desarrollado con base en plantas domesticadas, aunque se empieza a notar en el registro de microrestos la aparición en mayor medida de vegetales en proceso de domesticación incluyendo el maíz (Rivera, 2019 y Vera, 2019). Piperno (2011) comenta que a diferencia del Medio Oriente y China, la producción de alimentos Neotropicales en América no se originó y afianzó en contextos de grandes aldeas permanentes nucleadas situadas en los principales valles de los ríos, sino como lo muestran los sitios investigados en la región del Balsas en el suroeste de México, centro y oeste de Panamá, el suroeste de Ecuador, las regiones de Cauca en Colombia y Porce en el norte de Perú indican que entre 11000 y 7000 AP, son lugares en abrigos rocosos y pequeñas ocupaciones al aire libre que se encontraban junto a los cursos de agua dulce secundarios y arroyos estacionales, cuyas áreas de aluvión probablemente fueron utilizadas para el aprovechamiento agrícola con especies vegetales silvestres o en proceso de domesticación, iniciando quizás procesos de sedentarización.

6.2 Clasificación de los sitios precerámicos de la Cuenca de México, el Valle de Tehuacán y el sureste de México:

A continuación se mostrará la clasificación de las organizaciones sociales de los sitios arqueológicos de acuerdo a la Arqueología Social de donde se realizaron los análisis para la extracción de almidones, y evaluar si las FES influyeron en el proceso de domesticación del maíz (Figura 56). Las regiones en las que se localizan son las siguientes:

- La Cuenca de México
- Tehuacán, Puebla
- Depresión Central de Chiapas

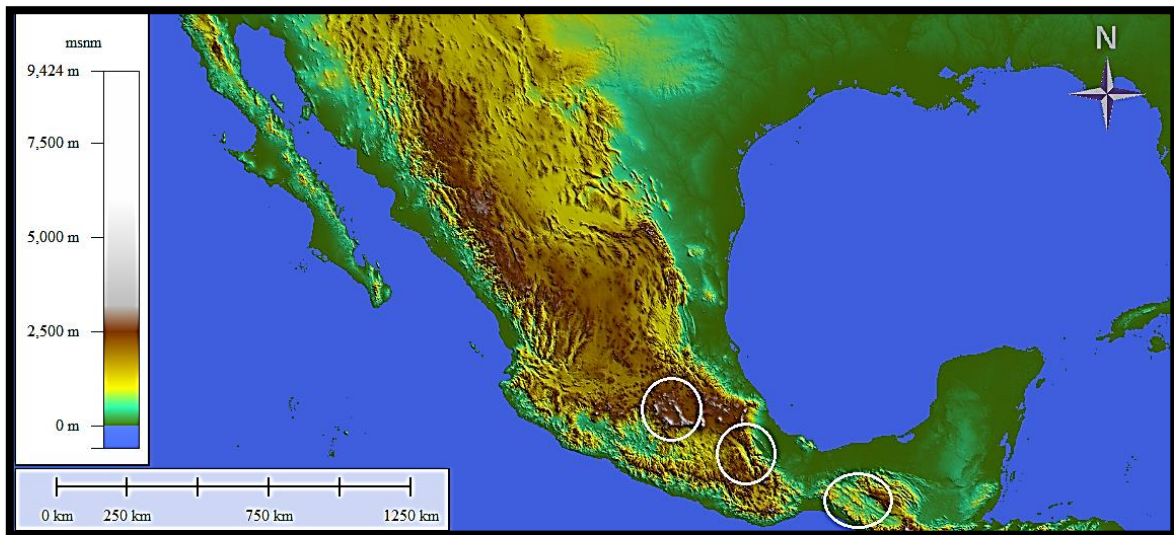


Figura 56. Mapa de las zonas de estudio de domesticación de maíz para esta tesis.

En la Cuenca de México tenemos analizados pisos con áreas de actividad, piedras de molienda el sitio de San Gregorio Atlapulco (Acosta, 2017), en Xochimilco, y los cálculos dentales de los restos humanos siguientes: Hombre de Texcoco, Hombre de Chimalhuacán, Hombre de Tepexpan, Hombre de Balderas, Hombre de Cuenca de México, Mujer del Peñón III, Peñón del Márquez, Aztahuacan, Entierro 1, Aztahuacán, Entierro 2, Aztahuacán, Entierro 3 (Tabla 13)

Restos humanos	Periodo	Fecha	Referencia
Mujer del Peñón III	Pleistoceno tardío	10755±75 AP	González S. <i>et al.</i> , 2006
Hombre de Balderas	Pleistoceno tardío	10500 AP	González S. <i>et al.</i> , 2006
Hombre de Chimalhuacán	Pleistoceno tardío	10500 AP	González S. <i>et al.</i> , 2006
Aztahuacán, Entierro 1	Pleistoceno tardío	10300±600 AP	Berger y Protsch, 1989
Aztahuacán, Entierro 2	Pleistoceno tardío	10300±600 AP	Berger y Protsch, 1989
Aztahuacán, Entierro 3	Pleistoceno tardío	10300±600 AP	Berger y Protsch, 1989
Hombre de Texcoco	Pleistoceno tardío	10000-6000 AP	Moret, 2004
Hombre de Tepexpan	Holoceno tardío	4700±200 AP	Lamb <i>et al.</i> , 2009
Peñón del Márquez	Holoceno tardío	4247±29 AP	Jiménez <i>et al.</i> , 2016

Tabla 13. Tomado y modificado de Hernández, (2018)

En la cuenca de México existen más restos humanos (aunque escasos), que al igual que los de Tlapacoya, se ubican en la transición Pleistoceno tardío-Holoceno temprano. Y aunque no todos dieron positivo a la identificación de gránulos de almidón de *Zea mays*, son interesantes porque se identificaron almidones de chile, frijoles silvestres y tubérculos, sin embargo la mayoría de estos restos como: la Mujer del Peñón III, los sujetos de Santa María Aztahuacán, los hombres de Balderas y Chimalhuacán, y quizá el de Texcoco, son producto de hallazgos

fortuitos, de manera que no hay un claro vínculo entre éstos y algún contexto cultural que pudiera permitirnos profundizar y analizarlos (Hernandez y Serrano, 2017).

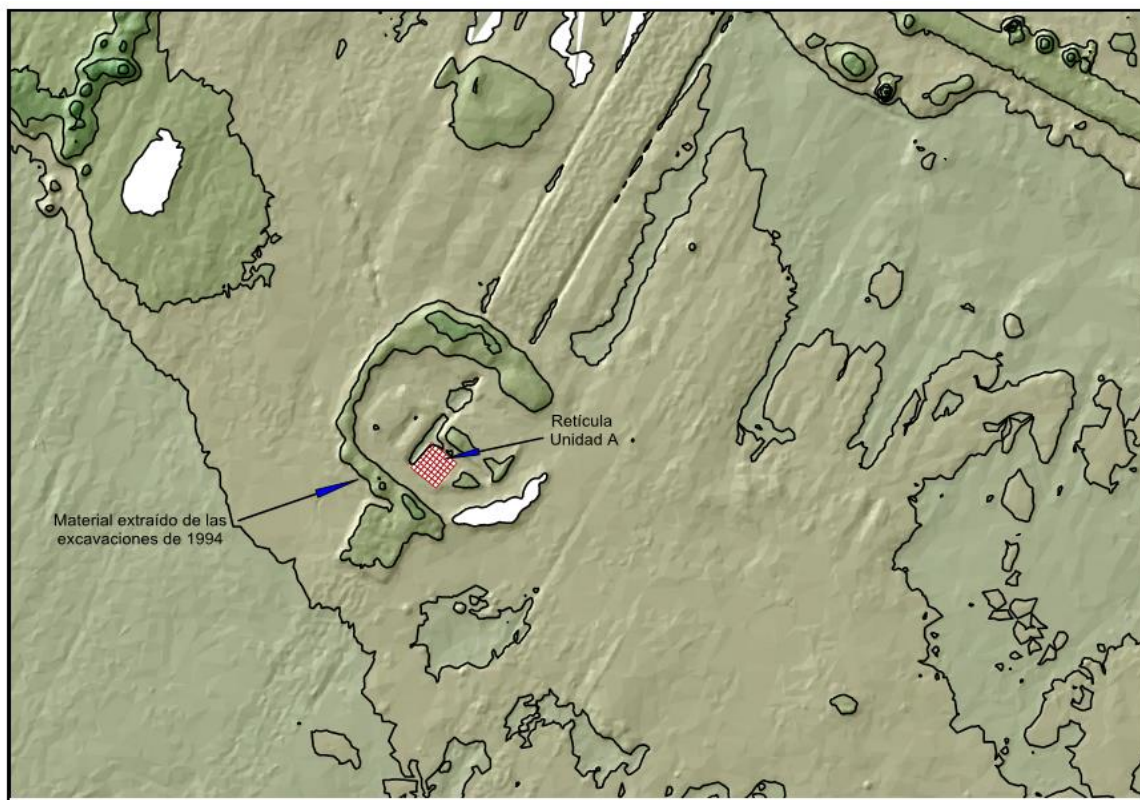


Figura 57. Tomado de Acosta (2015), mapa con estudio fotogramétrico del sitio San Gregorio Atlapulco

Los materiales analizados de los sitios arqueológicos de la Cuenca de México tienen distintas temporalidades, la más temprana siendo La Mujer del Peñón III, con una antigüedad de $10\ 755 \pm 75$ AP (Hernández, 2018) hasta 6000 AP en la capa IVB de la unidad A (Figura 57) del San Gregorio Atlapulco (Acosta, 2017).

En la región de Tehuacán los cálculos dentales de los restos humanos del Hombre de Tehuacán (Ent. 2 TC 272), el cual es de sexo masculino entre 25 y 35 años, y

dio positivo a gránulos de *Zea mays* procede de la Cueva de Purron (Figura 58) cerca de Coxcatlán, con una antigüedad de 4121 + 96 AP (Johnson y MacNeish, 1972) “Las fechas que se tomaron como referencia, son indirectas y corresponden a las capas XI (fase Coxcatlán) y XVIII (fase El Riego)” Hernandez y Serrano (2017).



Figura 58. Tomado de Arqueología Mexicana, Sanchez (2019)

La cuenca de México, es la zona que más recursos naturales ofrece por su ambiente lacustre. En cambio, el valle de Tehuacán, con un ambiente más árido, dependió de los ciclos estacionales, por lo que sus estrategias de adaptación eran diferentes. (Hernández y Serrano, 2017)

El Patrón Climático que se localiza en Tehuacán y Guila Naquitz, son evidencias de un clima predominantemente seco, con alguna áreas que pueden ser explotadas para recursos. Las estrategias de subsistencia se asientan en la caza y la recolección por temporal. A finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno, se vieron reducidos en ambos casos, Tehuacán y Guila Naquitz, las actividades de colecta de vegetación y algunos primeros intentos de domesticación (*Cucurbita moshata* y *Lagenaria siceraria*) fueron actividades secundarias (Flannery, 1967).

En el sitio de Santa Marta (Figura 59), ubicado en la Depresión Central de Chiapas, México, se analizaron piedras de molienda y pisos de ocupación de la capa XVI, con una antigüedad de 11000 AP, el análisis de polen en asociación con los macrorestos botánicos indica que, junto con especies de entornos alterados (*Chenopodium*, *Physalis*), se localizan especies de bosques diversos como bosque de niebla (*Alnus*), bosque tropical (*Theobroma*), y bosque decíduo (*Ficus*, *Byrsonima*), además de especies probablemente cultivadas (*Zea*); con esto se podría interpretar una alteración de áreas específicas de los ecosistemas tropicales para la conformación de una incipiente horticultura, (Acosta, Pérez y Rivera 2013).

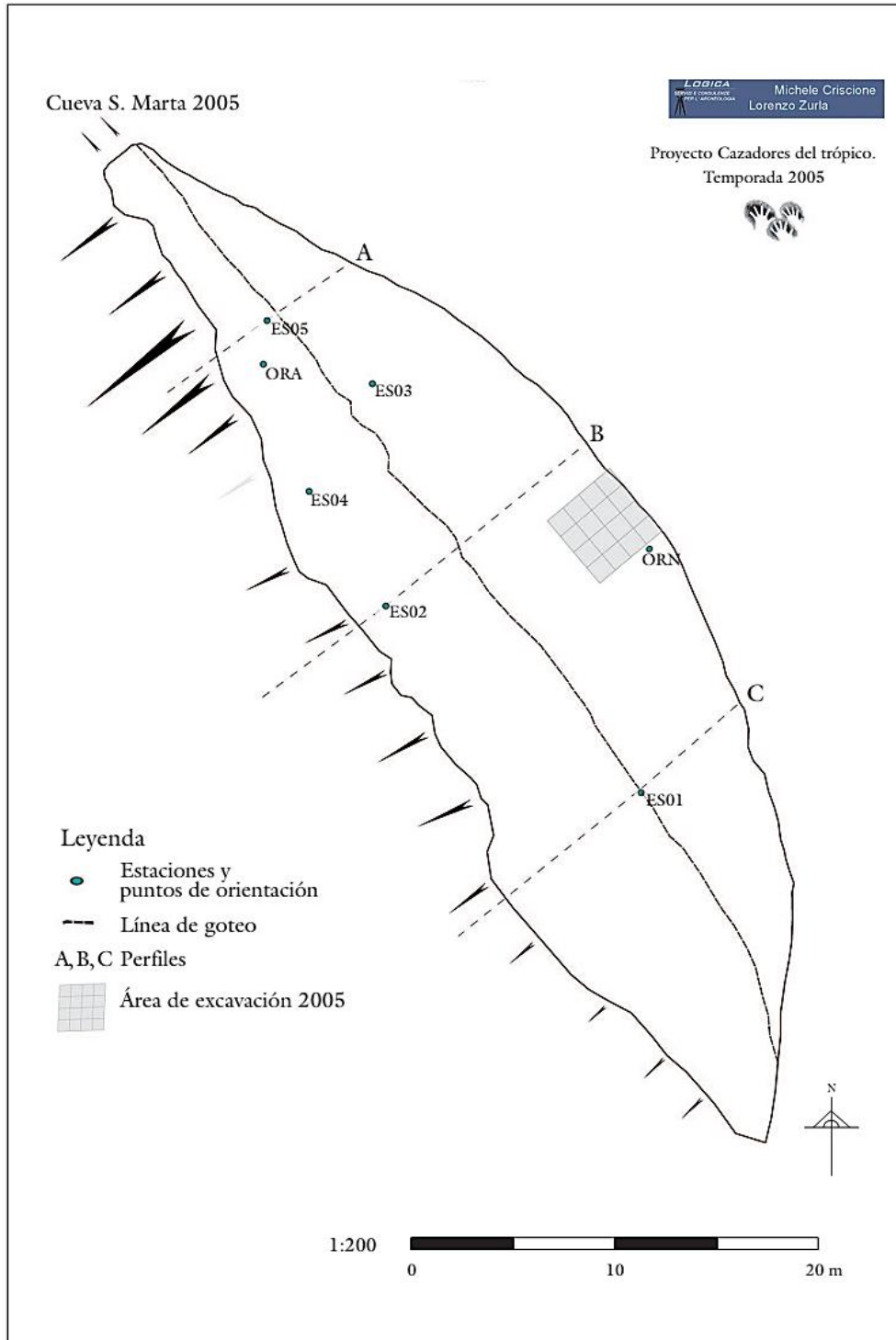


Figura 59. Croquis del sitio de Santa Marta, tomado de Acosta (2012)

De acuerdo a las investigaciones que se realizaron de los restos humanos hechos por González S. *et al.*, 2006, Jimenez *et al.*, 2016 y Hernández (2018) figura 60, podemos dividir en dos formaciones sociales a los contextos arqueológicos de estudio de la Cuenca de México y Tehuacán como: Comunidad primitiva de Cazadores-Recolectores y Sociedades tribales igualitarias

Comunidad primitiva de Cazadores-Recolectores:

- La mujer del Peñón III
- Hombre de Texcoco
- Santa Marta

Sociedad Tribal igualitaria:

- Texcal entierro III
- Tehuacán
- Tepexpan

Sociedades Tribales Jerarquizadas

- Peñón del Márquez
- San Gregorio Atlapulco

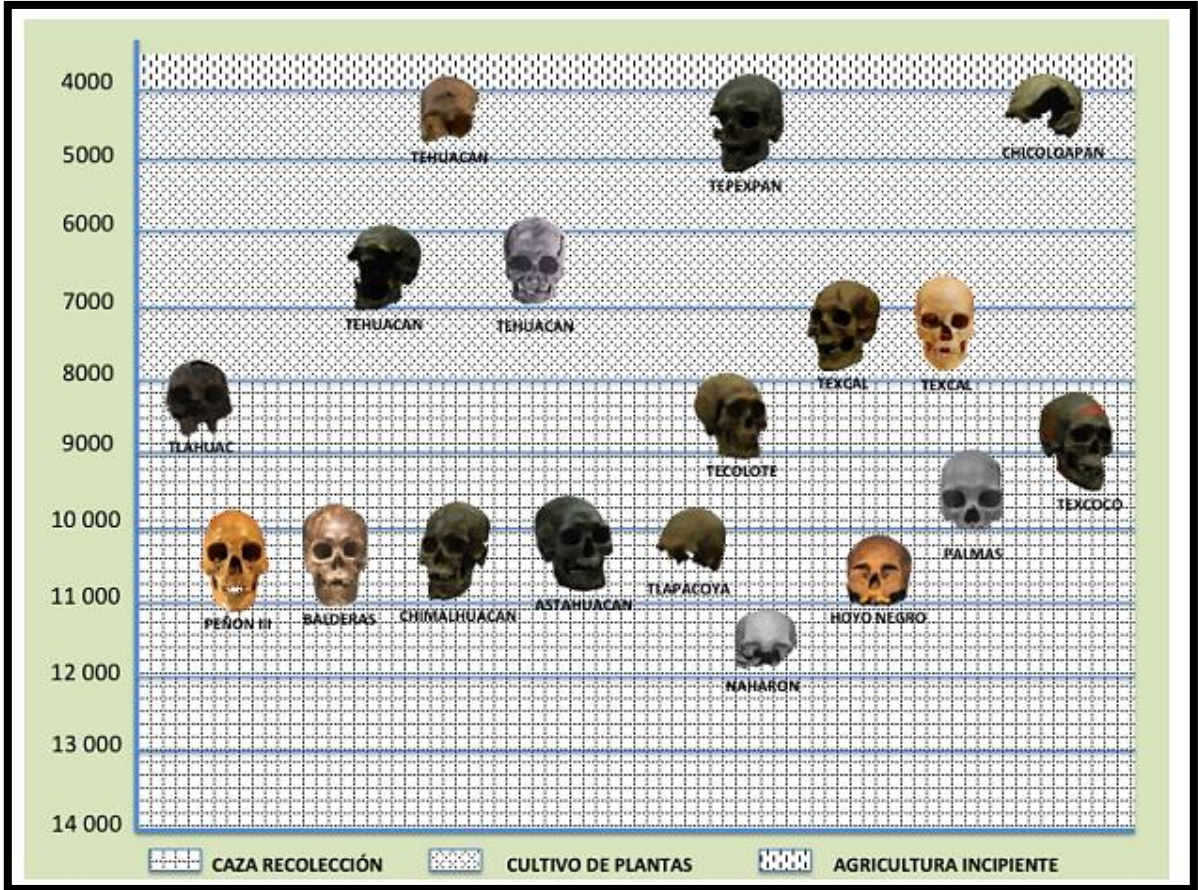


Figura 60. Restos óseos clasificados por Hernández (2018) cronológicamente AP y por modo de producción. (Tomado de Hernández, 2018)

La extracción de almidones en los cálculos dentales de seis cráneos dieron positivo a la identificación de *Zea mays*, en cuatro de ellos se observa un maíz en proceso de domesticación por las características morfológicas de los gránulos de almidón, pero sobre todo por el tamaño (mayor a la media estadística de los almidones de teocintles). Y en dos restos humanos son afines a almidones de teocintes. Hombre de Texcoco, Hombre de Tepexpan, Hombre de Tehuacán, Texcal entierro 3, Mujer del Peñón III y Peñón del Márquez (Tabla 14)

	Aff Zea mays, mays (Maiz)	Zea mays (teocinte)	Phaseolus vulgaris (frijol)	Capiscium sp (chile)	Dioscorea sp (tubérculos)	Ipomoea sp (Camote)	Poaceas (pastos)	No identificados	Bibliografía	Formación Económica Social
Mujer del Peñón III		3		5		2			10755±AP, González et al, 2006	Comunidad primitiva de Cazadores Recolectores
Hombre de Texcoco		1					2		10000-6000 ±AP Moret, et al, 2004	Comunidad primitiva de Cazadores Recolectores
Teocot enterro 3	1			2	1				7480±55 AP, González et al, 2006	Sociedades Tribales Iguallitarias
Hombre de Tehuacán	2		1	1			2		6513±186 AP, Johnson y McNeish, 1972	Comunidad Tribal Iguallitaria
Hombre de Tepeaxpan	1	1		2		2			4700±200 AP, Lamb et al, 2009	Sociedad Tribal Jerarquizada
Peñón del Mátrquez	+50		8	3	2	1			4247±29 AP, Jiménez et al, 2016	Sociedad Tribal Jerarquizada

Tabla 14. Tabla con los cráneos positivos a almidones afines a maíz y teocinte de La Cuenca de México y Valle de Tehuacán Puebla y sus clasificaciones de Formación Social (Tabla hecha en conjunto con datos de esta investigación y de Hernández (2018))

El sitio arqueológico de Santa Marta en la Depresión Central de Chiapas aunque tiene una ocupación amplia (12000 a 6000 AP), la que nos interesa está en la capa XVI, porque en ella se realizaron los estudios de extracción de almidones de *Zea mays* y tiene alrededor de 11000 años AP (Acosta, Pérez y Rivera, 2013), la organización social de esta población podría ser considerada una formación social de Comunidad Primitiva sin capacidad de almacenamiento, alta movilidad, cazadora y sin cultivos por la temporalidad, sin embargo después de las investigaciones de microrestos y análisis funcional de Rivera (2013), Cruz (2014) y Pérez (2018), se observa que tienen un modo de vida con un patrón “Arcaico”, es decir con tendencia hacia una Sociedad Tribal (Acosta 2016:139), ya que se localizan e identifican piedras de molienda asociadas a la recolección y procesamiento de plantas como: *Theobroma cacao*, *Zea mays*, *Ipomoea batatas*, *Phaseolus* sp., *Physalis* sp. Según este último autor, ni *Zea mays* o *Theobroma* sp., son endémicos de la región, por lo que pudiera sugerir un probable cultivo de plantas silvestres.

San Gregorio Atlapulco, se ubica como un sitio con la mayor ocupación a mediados del Holoceno con cerca del 6000 AP (Acosta, 2016). Se menciona que en la Cuenca de México, para estas fechas la formación social se hace más compleja, es decir se deja de observar la comunidad primitiva y empiezan a aparecer variedades de Sociedades tribales igualitarias y jerarquizadas. A diferencia de las comunidades pretribales, las tribales ya no limitan su demografía, lo que produce una constante segmentación de comunidades y una creciente competencia por los recursos (Tabla 13). Para el caso de San Gregorio, con un aparente “sedentarismo”, así como los sitios de Zohapilco (Niederberger, 1976, 1979 y 1987) y San Vicente Chicoloapan

(Romano, 1963), el factor común del sistema lacustre de la Cuenca de México, les permitió acceso a una gran diversidad de recursos lacustres, combinados con la caza de animales, recolección de semillas y plantas silvestres así como probables cultivos de plantas en proceso de domesticación.

Sitio Arqueológico	Material o contexto analizado	Gránulos de almidón identificados	Datación	Formación Económica Social
Santa Marta	Pisos de ocupación (capa XVI) y piedras de molienda.	Teocinte (<i>Zea mays</i>), Frijol silvestre (<i>Phaseolus sp</i>), Tubérculos (<i>Dioscórea sp</i>) Cacao (<i>Theobroma cacao</i>) y Chile (<i>Capsicum sp</i>).	12,206–12,655 cal AP (Solís-Torres, Óscar R. & Acosta Ochoa, Guillermo & Arroyo-Cabrales, Joaquin & Flores-Granados, Fabio & Roberts, Patrick. 2021)	Comunidad Primitiva de Cazadores-Recolectores)
San Gregorio Atlapulco	Pisos de ocupación (Capa III nivel 2) y piedras de molienda	Teocinte (<i>Zea mays</i>), Maíz en proceso de domesticación (<i>Zea mays spp mays</i>) Frijol silvestre (<i>Phaseolus sp</i>), Tubérculos (<i>Dioscórea sp</i>), Camote (<i>Ipomoea batatas</i>) Tomate verde (<i>Physalis sp</i>), Chile (<i>Capsicum sp</i>).	6000 AP (Acosta, 2017)	Sociedades Tribales

Tabla 15. Caracterización de la Formación Económica Social de San Gregorio Atlapulco y gránulos de almidón identificados.

Los pobladores de San Gregorio Atlapulco entre el 6900 a 6000 AP, comienzan a tener primeros signos de una estrategia elaborada para obtener mejores

condiciones de vida. El cambio de relación del grupo humano con la flora, la fauna y el medio ambiente, con tendencia hacia el sedentarismo, un ejemplo, son la elaboración de antrosoles (pisos antrópicos), ya que necesitan invertir una fuerza de trabajo con un conocimiento experiencial profundo del entorno natural. La tecnología para la creación de estos pisos es visible, consiste en el acarreo de sedimento lacustre, aparejamiento del terreno, y distribución de áreas de actividad, trayendo como consecuencia un aumento de la conciencia territorial (Rivera, 2019).

Acosta et al., (2017) y Vera (2019) reportan granos de almidón de distintas especies en San Gregorio, tanto de plantas como de raíces: *Zea mays*, *Ipomoea batatas*, *Phaseolus vulgaris*, *Physalis* sp., *Capsicum* sp., *Manihot* sp., *Dioscorea* sp. (Figura 61) y, a diferencia de Santa Marta, la cantidad de piedras de molienda es mayor. Además, el tamaño de estas sugiere que los recursos vegetales tenían un lugar importante dentro de la dieta de los pobladores del sitio. Otro punto interesante es que de los almidones reportados de *Zea mays*, algunos parecen estar por arriba del tamaño de los de teocinte, de acuerdo a la estadística presentada anteriormente de la presente tesis, permitiendo inferir que algunos teocintes ya estaban en un proceso de domesticación.

Por la diversidad de recursos manejados e identificados en el sitio, en conjunto con la evidencia lítica y el registro de una incipiente construcción, San Gregorio representa una clara muestra de una etapa intermedia de una sociedad con sedentarización, sin necesidad de tener como base tecnológica la agricultura.

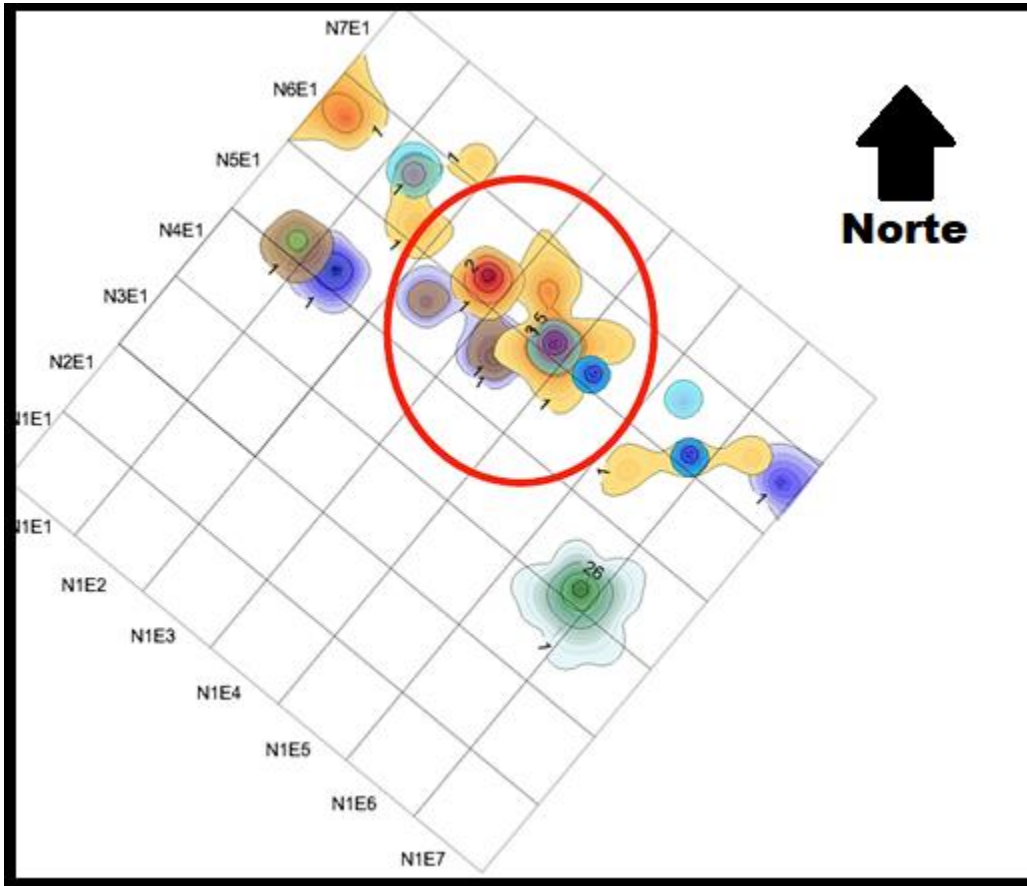


Figura 61. Mapa de localización de los distintos gránulos de almidón de *Zea mays*, en color rojo de la Unidad A de San Gregorio Capa III. (Tomado y modificado de Vera, 2019)

Tenemos una síntesis de los distintos modos de organización social de acuerdo a la Arqueología Social de los sitios arqueológicos analizados para esta investigación, La mujer del Peñón es nuestra evidencia más temprana de la utilización del *Zea mays*, teocinte en este caso, cerca de fines del Pleistoceno, y dado que fue un hallazgo fortuito no hay detalle del contexto que nos permitiera inferir con mayor certeza su organización social, nos basamos en la temporalidad, así como en las características de los gránulos de almidón identificados, además de la investigación de Hernández (2018) nos permite ubicarla como Comunidad Primitiva de

Cazadores-Recolectores, es el mismo caso para el Hombre de Texcoco, aunque el detalle de la datación con el rango amplio de Moret (2004), lo deja en una situación ambigua.

Como sociedades Tribales, tenemos a los restos humanos de Texcal, Tehuacán y Tepexpan y finalmente sociedades complejas con una sociedad tribal jerarquizada, sedentaria con plantas en vías de domesticación, gracias a la variedad de recursos lacustres en combinación con la caza y recolección de semillas silvestres como es el caso de San Gregorio Atlapulco (Acosta, 2017 y Rivera 2019).

CAPÍTULO 7. DIALOGO DE SABERES GENÉTICO Y ARQUEOLÓGICO PARA ENTENDER EL PROCESO DE DOMESTICACIÓN DEL MAÍZ DEL PRECERÁMICO AL FORMATIVO EN MÉXICO BASADO EN LOS ESTUDIOS DE GRÁNULOS DE ALMIDÓN ARQUEOLÓGICOS.

No olvidemos que el objetivo principal de esta tesis es aportar información sobre el proceso de domesticación del maíz, tomando en cuenta la genética y la arqueología, por lo que intentaré resumir comparando los avances y aportes de ambas disciplinas, para finalmente insertar en este diálogo, los resultados de esta tesis obtenidos a través de los análisis de los gránulos de almidón en los contextos y materiales arqueológicos. Como se dijo en los capítulos correspondientes la genética tiene principalmente dos posturas:

1. Teoría Multicéntrica
2. Teoría Unicéntrica

La primera nos habla de la posibilidad de que el maíz (*Zea mays* spp. *mays*) se domesticó en varias regiones (Figura 62 y 63) a partir del teocinte, pero este, son tres especies: *Zea mays* spp. *parviglumis*, *Zea mays* spp. *mexicana* y *Zea mays* spp. *huehuetenanguensis*. Lo particular de cada una de estas variedades es que crecen en distintas regiones y altitudes. En resumen los teocintes tienen en sus cromosomas, ciertos nudos cromosómicos en lugares fijos que comparten con todos los maíces, esta parte en común resultaría imposible si fueran especies con orígenes distintos (Kato, 2016).

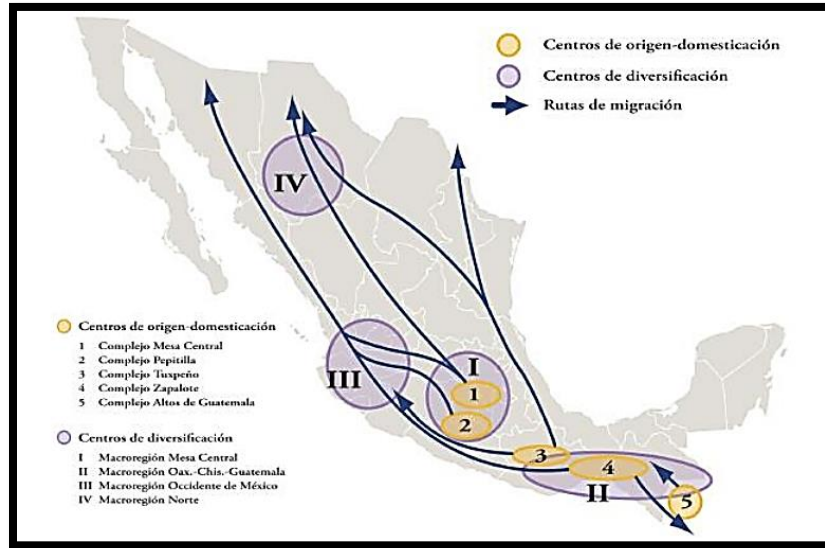


Figura 62. Regiones propuestas por Kato para el origen del maíz. Tomado de Kato et al., 2016

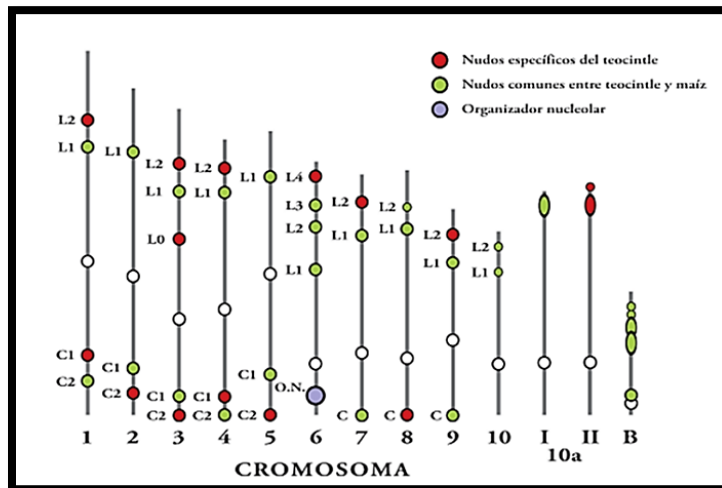


Figura 63. Nudos cromosómicos de los teocintes compartidos con el maíz. Tomado de Kato, 2016.

La aportación de Kato con su teoría multicéntrica fue reforzar los argumentos de que el maíz proviene del teocinte y no de un maíz primitivo (Beadle 1939, 1980; Galinat 1995; Doebley et al., 1987; Dorweiller y Doebley 1997; Sundberg y Orr, 1990;

Matsuoka et al., 2002, Kato *et al.*, 2009; Kato 2016; Ramos- Madrigal 2016; Moreno *et al.*, 2018)

A pesar de que la teoría multicéntrica refuerza la hipótesis de que el ancestro del maíz es el teocinte, por la capacidad y límites de la técnica empleada por Kato (2016), resulta imposible establecer si proviene de alguna especie de teocinte particular. Sin embargo la limitante anterior “si” pudo ser explicada por la teoría unicéntrica (en parte por avances tecnológicos), los estudios genéticos mostraron que los árboles filogenéticos⁷ realizados por Doebley (2002), Matsuoka et al., (2002) y Hufford et al., (2012), (Figura 64) dan como resultado que a partir del teocinte *Zea mays* spp. *parviglumis* es de donde se desprenden todas las variedades del maíz.

Las aproximaciones filogenéticas con base en datos moleculares y genómicos indican que el teocintle del Balsas es el ancestro del maíz.

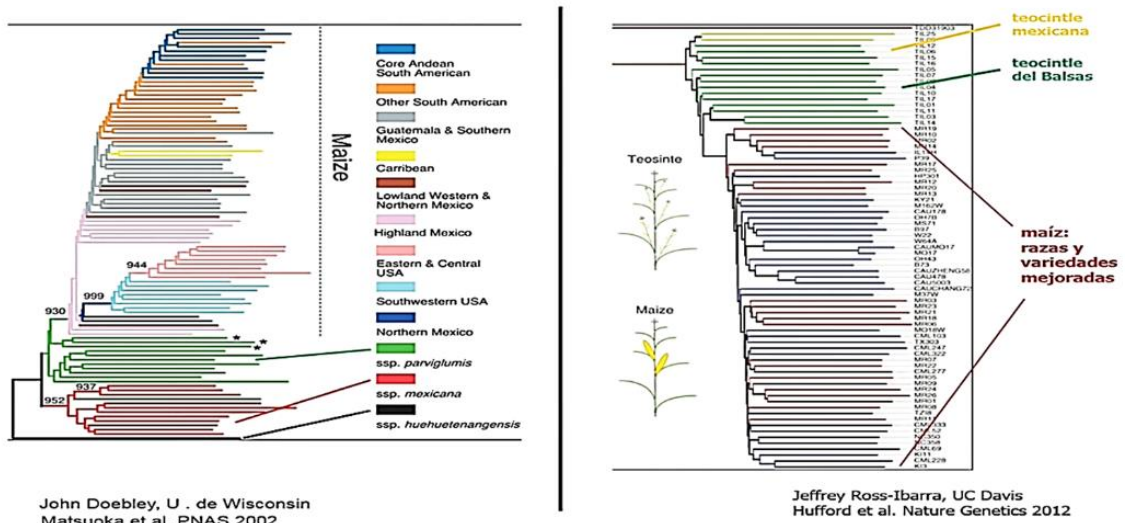


Figura 64. Mapa con árboles filogenéticos de teocintes y maíces. Un único brazo verde del cual se desprenden todas las variedades de maíz. (Tomados de Vielle, 2014)

⁷ Un **árbol filogenético** es un diagrama que representa las relaciones evolutivas entre organismos, sin embargo los árboles filogenéticos son hipótesis.

Además de apoyar la hipótesis anterior, Vielle-Calzada *et al.*, (2014) tienen la propuesta de que el inicio de la domesticación sucedió probablemente en un “solo evento”, ya que el teocintle *parviglumis* de la zona del Río Balsas, tiene en sus genes la información que le da la capacidad de desarrollarse y resistir en suelos con concentración de metales pesados, pero ¿cómo explicar lo anterior? Vielle comenta que puede deberse a una selección natural, provocada por la explosión del Volcán, El Nevado de Toluca, (arrojando cenizas constituidas con metales pesados) la cual sucedió aproximadamente hace 10000 años, fecha que propone como inicio probable de la domesticación del maíz, el área que abarcó la erupción es la zona que coincide con los estados de Guerrero, Michoacán y una parte del Estado de México, llamada región del Balsas. Benz e Iltis, (1992) ya habían mencionado desde entonces que la característica bisexual moderna de la mazorca de *parviglumis* ancestral del maíz (originalmente masculina) se debió a una provocación ambiental. Aunque los factores genéticos sean los determinantes, debe existir un umbral de cambio que lo genere, debe darse una alteración de fotoperiodo (disminución en la intensidad de la luz) y de *temperatura*. La hipótesis de ellos es que debido a que la Región del Balsas había sido sometida durante milenios a erupciones volcánicas predominantemente del Nevado de Toluca, fue seguramente en una de esas, que provocó el escenario necesario, entre los últimos 20,000 años, probablemente hace 8,000.

Ramos-Madrigal (2016) encuentra que hace aproximadamente 5310 años, en Tehuacán, Puebla, (cinco mil años después de la propuesta de inicio de domesticación), los resultados genéticos demuestran que hay dos genes

importantes fenotípicamente hablando, es decir que se observa un cambio en la estructura física de la planta, cambios en el maíz que estaban manipulando los pobladores de esa época y región. Ya tenía un solo tallo, a diferencia de su progenitor el teocinte que puede tener más de dos, y la gluma, que en el teocinte es rígida, en esa especie analizada, ya está incompleta, dejando semidesnuda a la semilla, lo que le permite inferir como resultado que la mazorca analizada se encontraría en un momento intermedio (con respecto a las características físicas actuales) de domesticación (figura 65).

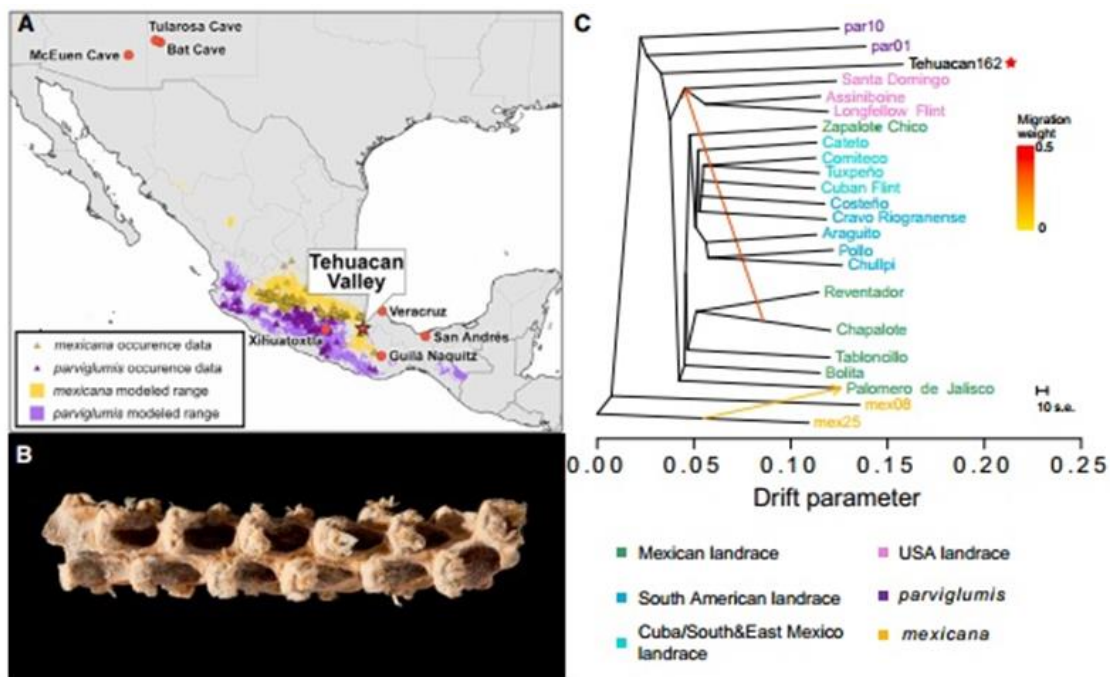


Figura 65. Árbol filogenético que muestra la etapa intermedia en el proceso de domesticación de la mazorca analizada por Ramos-Madrigal (2016)

Logan Kistler *et al.*, (2018) con su estudio de análisis filogenético a nivel continental de maíces tanto arqueológicos como contemporáneos, propone que existen dos

regiones de domesticación del maíz, primario y secundario. El primero coincide con la región de Mesoamérica, y el segundo con la parte centro norte de Sudamérica.

El maíz en una etapa intermedia de domesticación, salió del centro primario hacia Sudamérica entre 5000 y 6000 AP, este al estar alejado de su progenitor teocintle (porque allá no hay) puede sufrir el síndrome de domesticación⁸ más rápidamente, dado que no hay introgresión ni hibridación con su pariente silvestre. Esto explicaría porque hay en el sur del continente mazorcas de mayor tamaño en comparación con Mesoamérica *Kistler et al.*, (2018).

Qiuye Chen *et al.*, (2020), proponen que hay regiones de genes en el genoma (QTL) que provocan cambios físicos en corto tiempo del teocinte hacia sus descendientes (pero estos se dan de manera poco frecuente por los mecanismos de control replicativos del ADN), pero también otras zonas que para observar cambios morfológicos necesitan tiempos muy largos, es en estos últimos donde creen que se dieron las mayores diferencias morfológicas del maíz. Es decir que aunque la humanidad seleccionara ciertos rasgos que quisiera obtener y multiplicar en sus cultivos, había mecanismos biológicos que impedían que sucedieran rápidamente. Lo anterior sumado a lo dicho por *Kistler et al.*, (2018), en donde el maíz en constante interacción con el teocintle, tiene hibridaciones e introgresiones, explicaría quizás que del inicio de domesticación 10000 AP, hasta los 6000 AP, el síndrome de domesticación fuera lento.

⁸ AL conjunto de diferencias entre plantas domesticadas y sus progenitores silvestres, se les conoce como síndromes de domesticación.

Moreno-Letelier *et al.*, (2020), complejizaron el escenario genético que explica la domesticación del maíz, porque realizaron estudios filogenéticos para especies de *Zea mays* spp *parviglumis* y, *Zea mays* spp *mexicana* de la región de Jalisco demostrando que la especie de *parviglumis* de esa zona es más cercana genéticamente que los de la parte del Balsas en el estado de Guerrero, también que el teocinte *mexicana* de esos lugares contribuyó compartiendo genes en distintas ocasiones temporales, comentan finalmente que “el modelo simple de una sola domesticación, seguida de un cuello de botella”, es paradigma muy limitado para tratar de explicar un escenario complejo con introgresión en curso y contribuciones de diferentes parientes silvestres. Para ellos el proceso de domesticación debió ser probablemente en distintos eventos, en varios lugares, distintos tiempos y con por lo menos dos especies predominantes de teocintes.

La información y modelos genéticos tienen resuelto algunas preguntas como: las zonas de domesticación (Región del Balsas, Edo de Jalisco), centro primario y secundario (Mesoamérica y centro norte de Sudamérica) del ancestro del maíz, el “teocinte”, tanto *Zea mays* spp *parviglumis*, como *Zea mays* spp *mexicana*, que sucedió aproximadamente hace diez mil años, el proceso se dio en distintos eventos, distintos lugares, varios cuellos de botella (selección natural y/o artificial), introgresiones e hibridaciones genéticas. Pero las investigaciones arqueológicas ¿tienen resultados diferentes o complementarios?

Richard McNeish y Kent Flannery arqueólogos estadounidenses, realizaron lo que hasta el momento siguen siendo investigaciones clave dentro de la arqueología en México en temas como: asentamientos precerámicos, desarrollo social,

domesticación de plantas, animales y desarrollo de agricultura en las décadas de los 70's y 80's respectivamente. Los datos arqueológicos en los que se basaron para generar sus propuestas en agricultura y domesticación son macrorestos orgánicos, como por ejemplo: mazorcas completas o restos, tallos, semillas, frutos secos, etc. Las fechas tempranas con la evidencia del manejo o uso del maíz es de hace cerca de 5500 años con respecto al presente, la figura 66 resume muy bien las distintas fechas.

<i>Planta/Región</i>	<i>Oaxaca</i>	<i>Tehuacán</i>	<i>Tamatlipas</i>
Maíz	5410±40 ¹	Cueva San Marcos ²	Cueva de Romero ³
(<i>Zea mays</i>)	5420±60	4680±50	3930±50
		4700±60	2560±60
		4150±50	Cueva de Valenzuela ⁴
		4600±60	3890±60
		4700±110	1380±60
		1560±45	
		Cueva Coxcatlán ²	
		4090±50	
		4040±100	
		3740±60	
		1900±60	
		1860±45	
		450±40	

Figura 66. Fechas de los macrorestos de maíz, tomado de McClung de Tapia et al., 2001

Es importante recalcar fechas, los estudios genéticos proponen como fecha de inicio de domesticación alrededor de los 9000 AP, y hace 5300 AP Ramos-Madrigal (2016) propone la fase "intermedia" en el proceso. Los fechamientos arqueológicos de los macrorestos orgánicos de las excavaciones de McNeish (1972) y Flannery (1986) en los sitios de Tehuacán, Puebla y de Güila Naquitz en Oaxaca, son de 5500 AP, las evidencias morfológicas (Figura 67) de las mazorcas de maíz no

contradican los resultados de las investigaciones genéticas, sus estructuras se asemejan todavía más a los teocintes, en tamaño y forma. McClung de Tapia et al., (2001) comenta que las fracturas en el raquis cerca de la inflorescencia, ocurre a través del internodo en vez del nodo, lo que indica que las plantas que tienen esta inflorescencia estaban domesticadas y dependían de la dispersión y propagación humana, es decir son claras evidencias de un proceso en vía de domesticación.

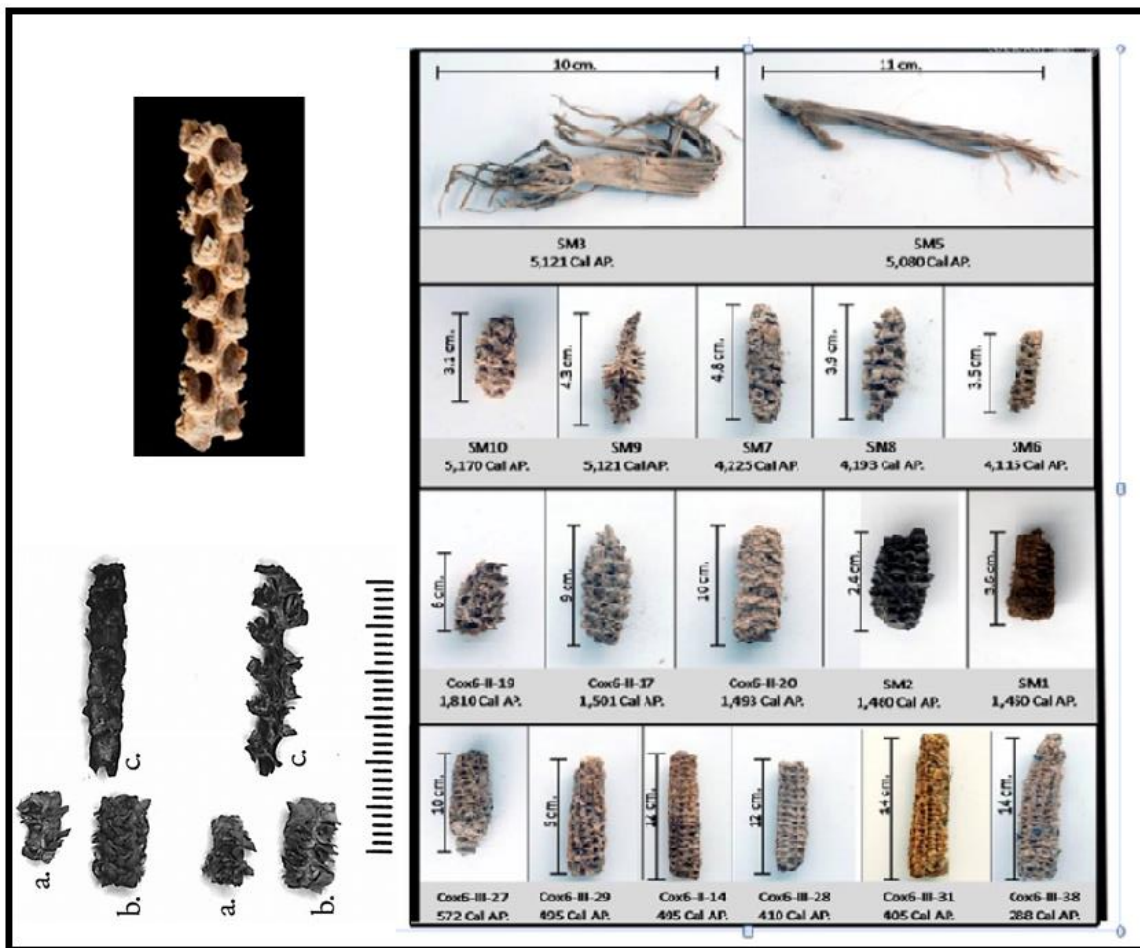


Figura 67. Evolución del maíz en Tehuacán. Tomado de Benz (2001) y Ramos-Madrigal (2016)

Los análisis de microrestos orgánicos arqueológicos, también han hecho aportaciones complementarias sobre el tema de domesticación del maíz. Las investigaciones en San Andrés, Tabasco por parte de Pohl *et al.*, (2007), reportan granos de polen y fitolitos de maíz obtenidos en sedimentos, para ellos, estos datos representan la dispersión del cultivo del maíz en esas regiones con una antigüedad de 7300 AP, ya que en esa región no han sido reportado teocintles, por lo que aseguran fue llevado.

Piperno, D.R. & Ranere, Anthony & Holst, Irene & Iriarte, Jose & Dickau, Ruth. (2009), realizan estudios en el abrigo rocoso de Xihuatoxtla, Guerrero, México, en donde extraen gránulos de almidón de maíz, con una antigüedad de 8780 AP en su fecha calibrada más temprana, establecen en 9000 AP como fecha probable la divergencia entre el maíz y el teocintle basado en relojes moleculares, y además realizaron en esta y otras investigaciones (Piperno, D., Ranere, A., Holst, I. *et al.*, 2000; Deborah M Pearsall, Karol Chandler-Ezell, James A Zeidler 2004; Holst, Irene & Moreno, J. Enrique & Piperno, D.R.. 2007) una estadística para diferenciarlos por tamaño de granulo de almidón. Piperno con base en las características morfológicas predominantes (fisura en forma de Y y en punto, forma circular y poliédrica, cruz de malta con brazos de 90°) que establecieron en los artículos citados anteriormente, y el tamaño, asegura que los gránulos obtenidos de la piedra de molienda son de maíz, con lo anterior se establece la evidencia arqueológica más temprana en el manejo de *Zea mays* domesticado.

Hasta aquí se ha resumido a mí parecer la información relevante, para tener un panorama general en el tema de la domesticación del maíz (*Zea mays* spp *mays*)

entre los 10000 y 5000 AP, desde distintas disciplinas como: Arqueología, biología y genética. Estas aportaciones nos dejan principalmente las siguientes dos posturas:

1. El origen del maíz se dio en un solo evento a partir del teocinte *Zea mays* spp *parviglumis*, en la región del balsas hace aproximadamente 9000 AP (algunos estudios genéticos y arqueológicos apoyan esta hipótesis)
2. La domesticación del maíz se dio en la región del actual estado de Jalisco, México. En distintos eventos, a partir primero del *Zea mays* spp *parviglumis*, para después tener una serie de hibridaciones e introgresiones incluso con *Zea mays* spp *mexicana*, esta última especie de teocinte le daría las cualidades de poder desarrollarse en altitudes mayores a los 600 msnm. (algunos estudios genéticos y arqueológicos apoyan esta postura)

Con las dos hipótesis anteriores encontradas en su discurso, en el siguiente apartado meteré a la discusión los resultados de los análisis de gránulos de almidón en contextos y materiales arqueológicos así como los cálculos dentales de los restos humanos de las regiones de la Cuenca de México, Tehuacán, Puebla y la Depresión Central de Chiapas.

7.1 Gránulos de almidón de maíces y teocintes diferenciados de los sitios y materiales arqueológicos estudiados para inferir las formas de procesamiento y consumo.

Una de las ventajas de aplicar la técnica de extracción de almidones al contexto arqueológico es que algunas acciones culturales de preparación y/ o procesamiento (hervido, machacado, calentado, fermentado) que la humanidad aplicó a los alimentos vegetales (frutos, semillas y raíces), dejan huella en la morfología de los gránulos de almidón, por lo que con los resultados de los análisis de los gránulos de almidón aplicados en esta investigación, tratare de inferir las diferentes formas de uso que se le fue dando a lo largo de aproximadamente 20,000 años al maíz (*Zea mays spp mays*), así de esta forma podre acercarme a los intereses que guiaron el proceso de domesticación.

A continuación se agrupan los gránulos de almidón de teocintes y maíces extraídos de contextos arqueológicos (Pisos de ocupación, cálculos dentales, piedras de molienda y cerámica) por periodificaciones arqueológicas: Precerámico, Preclásico, Clásico y Posclásico.

7.1.2 Precerámico

En la tabla 16 se muestran los gránulos de almidón que se identificaron como teocines y maíces de los restos humanos y sitios arqueológicos siguientes: La Mujer del Peñón III; Santa Marta, Hombre de Texcoco, Texcal Entierro 3, Tehuacán, epexpan, San Gregorio; Peñón Del Márquez.

	<i>Aff Zea mays</i> spp <i>mays</i>	<i>Zea mays</i> (Teocintle)	<i>Phaseolus vulgaris</i> (frijol)	<i>Capsicum sp</i> (Chile)	<i>Dioscorea sp</i>	<i>Ipomoea batatas</i> (Camote)	Poaceas (Pastos)	No identificados	Bibliografía	Formación Económica Social
Mujer del Peñón	2	1	0	5	0	0	0	0	10755±75 AP González S. ., 2006	Comunidad Primitiva de Cazadores-Recolectores
Santa Marta Capa XVI Piedra de moliendal		1							11,000 AP (Acosta, 2010)	Comunidad Primitiva de Cazadores-Recolectores
Hombre de Texcoco	0	0	0	0	0	0	2	0	10000-6000 AP Moret, 2004	Comunidad Primitiva de Cazadores-Recolectores
Texcal entierro 3	1	0	0	2	1	0	0	0	7480±55 AP González S. et al., 2006	Sociedades Tribales Iguaritarias
Hombre de Tehuacán	2	0	1	1	0	0	2	0	6513±186 AP Johnson y McNeish, 1972	Sociedades Tribales Iguaritarias
San Gregorio Atlapulco	3	3							6000 AP (Acosta, 2017)	Sociedades Tribales
Hombre de Tepexpan	1	1	0	2	0	2	0	0	4700±200 AP Lamb et al., 2009	Sociedad Tribal Jerarquizada
Peñón del Marquez	+50	0	8	3	2	1	0	0	4247±29 AP Jiménez et al., 2016	Sociedad Tribal Jerarquizada

Tabla 16. Cálculos dentales de restos humanos con resultados positivos a maíz de gránulos de almidón.

Además de los teocintes y maíces identificados en los gránulos de almidón, tenemos también otras especies *Phaseolus sp* (frijoles), *Capsicum sp* (chiles), *Dioscorea sp*, tubérculos y/o raíces tuberosas, *Ipomoea batatas* (Camote) y algunos no identificados. A pesar de que en esta tesis no es el interés analizar la importancia de otros vegetales que no sean el maíz, es interesante observar que hay por los menos dos que son constantes también en el registro arqueológico desde fines del Pleistoceno y todo el Holoceno: El chile y el frijol, compañeros inseparables incluso ahora en la comida mexicana, la cual es patrimonio cultural de la humanidad.

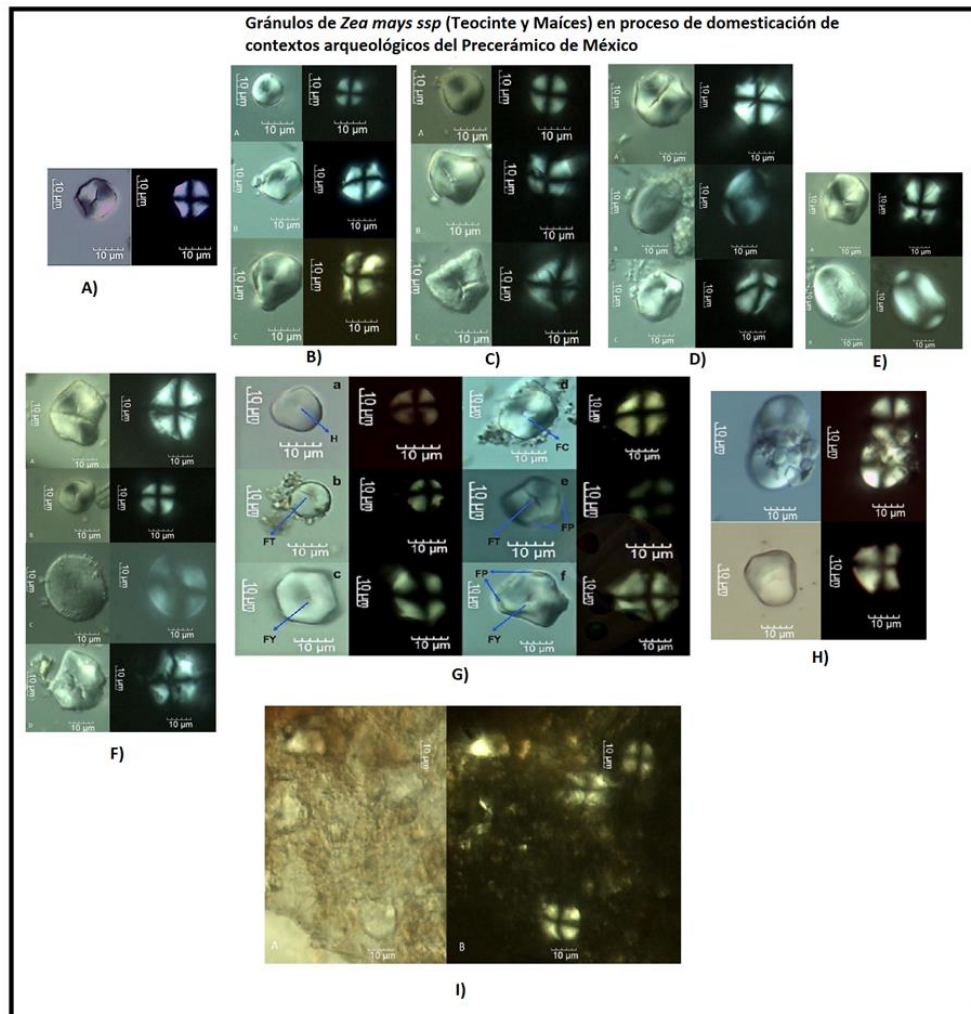


Figura 68. Almidones de maíces (*Zea mays*.) en su mayoría con algunos de chile (*Capsicum* spp.) y frijol (*Phaseolus* spp.). A. Gránulo de teocinte extraído en una piedra de molienda de Santa Marta; B) almidones de *Zea mays* extraídos de cálculos dentales de La Mujer del Peñón III; C) Hombre de Texcoco; D) Texcal Entierro 3; E) Tehuacán; F) Tepexpan; G) San Gregorio; H) Santa Marta; I) Peñón Del Márquez.

Las determinaciones de los almidones de teocinte y maíz se basan en el cumplimiento con las características morfológicas observadas en común entre estas dos especies e identificadas de acuerdo a la colección de referencia en el laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana, en el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, mostrada en la tesis de licenciatura de Cruz (2012),

incluyendo: Formas predominantes circulares y poliédricos pentagonales a octagonales, fisuras en forma de “y”, punto céntrico y línea transversal en el centro y cruz de extinción con brazos formando ángulos de 90° respecto al hilum (figura 68). En la Tabla 17 se muestran los tamaños de los gránulos de teocinte y/o maíz en proceso de domesticación extraídos de los cálculos dentales y pisos de ocupación arqueológicos.

	Santa Marta capa XVI	Mujer del Peñón III	Hombre de Texcoco	Texcal, entierro 3	Tehuacán	Hombre de Tepexpan	San Gregorio	Santa Marta Capa V	Peñón del marqués
Tamaño (Micras μ)	11	10, 17, 18.	13, 16	22.9	23.6	16	12,10,20, 21,11,22	14,15	15.4

Tabla 17. Tabla 15. Tabla con los tamaños en micras (μ) de los almidones identificados como teocintes y maíces en proceso de domesticación.

Al no tener variantes morfológicas significativas entre las especies de Teocinte y Maíces, nos concentramos en los análisis estadísticos realizados en esta investigación para diferenciarlos por tamaño (Figura 69). El criterio para diferenciar entre estas dos especies de *Zea*, también lo habían publicado distintos investigadores paleoetnobotánicos (Piperno, D., Ranere, A., Holst, I. *et al.*, 2000; Deborah M Pearsall, Karol Chandler-Ezell, James A Zeidler 2004; Holst, Irene & Moreno, J. Enrique & Piperno, D.R. 2007; Piperno, D.R. & Ranere, Anthony & Holst,

Irene & Iriarte, Jose & Dickau, Ruth. 2009). Los gránulos de teocintes tanto de la sección *Luxurians* como *Zea* de la presente investigación, no rebasan las 15 micras (línea verde) y la mayoría de ellos, su media no pasa las 10 (línea roja). Es importante también observar el tamaño de los híbridos (Cruza entre teocinte y maíz), ya que son los de menor tamaño de todos, incluso casi por debajo de las 5 micras. Con los datos anteriores nos permite distinguir con seguridad que un almidón con características morfológicas de *Zea* con un tamaño superiora las 15 micras en el contexto arqueológico, sea de maíz (*Zea mays* spp *mays*) o por lo menos en proceso de domesticación.

Lo anterior es interesante para los resultados de los gránulos de almidón de La mujer del Peñón, debido a la presencia de dos gránulos *Zea mays* con tamaño mayor a las 15 micras (tabla 15) así como también en los restos humanos del entierro 3 de Texcal, son importantes por la temporalidad en que se encuentran.

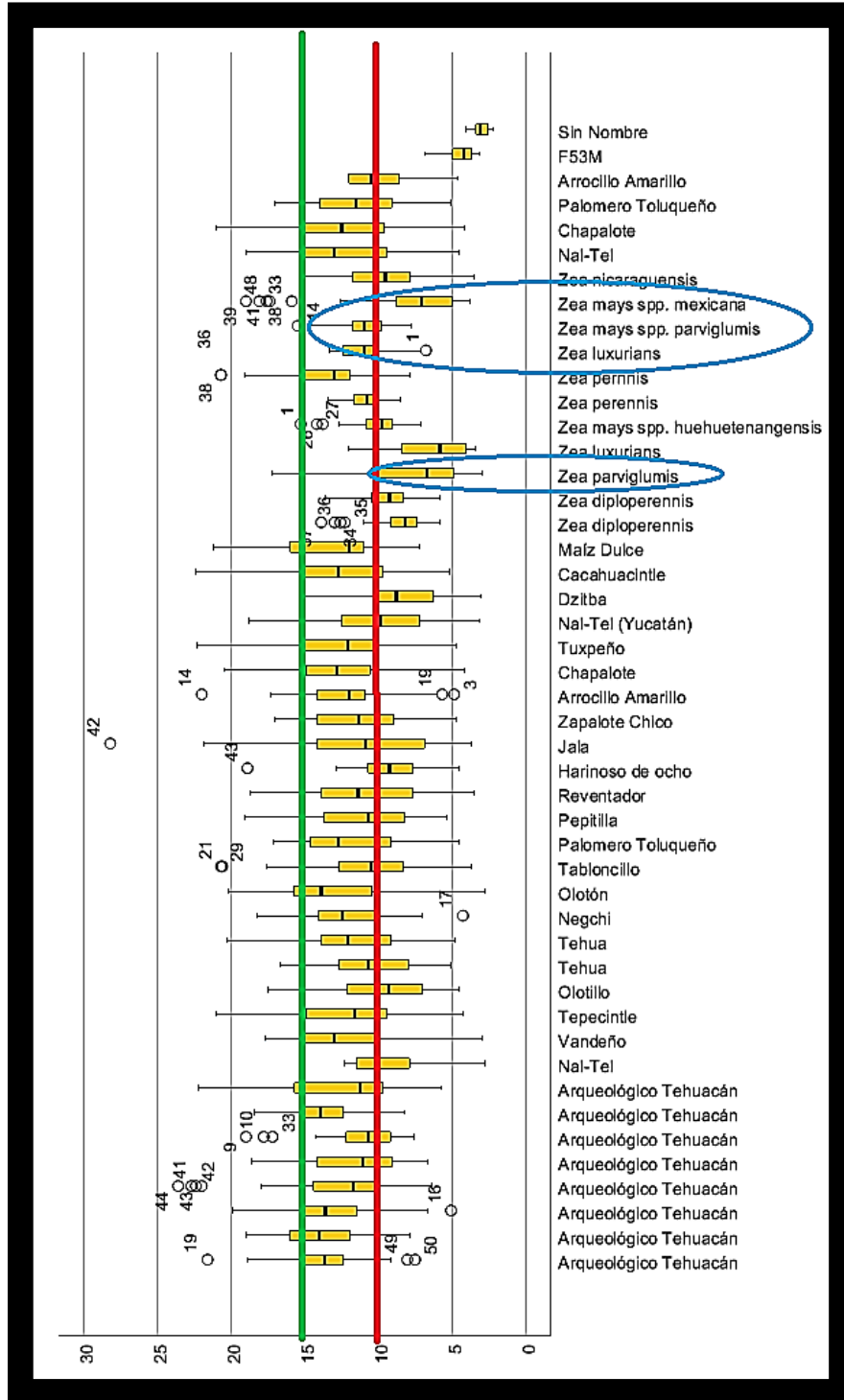


Figura 69. Tabla con los gráficos de caja de los tamaños de los gránulos de almidón de distintas especies de teocintes y maíces endémicos de México.

El haber extraído e identificado gránulos de almidón de teocinte y/o maíces en proceso de domesticación en los cálculos dentales de La mujer del Peñón, es revelador porque obliga a realizar nuevas preguntas con respecto a las hipótesis genéticas y los resultados de macrorestos arqueológicos, ya que las primeras enfatizan una fecha probable de inicio de domesticación (9000 AP), una sola especie de teocintle, dos regiones (Región del Balsas y Estado de Jalisco) y los últimos nos hablan del manejo del maíz como máximo hace 5500 años en el caso de Güila Naquitz. La mujer del Peñón III tiene 10755 ± 75 AP, vivió fuera de las dos áreas propuestas, con la particularidad que en la Cuenca de México, solo puede crecer *Zea mays* spp *mexicana*.

Algunos cuestionamientos surgen debió al resultado de la Mujer del Peñón III ¿Por qué hay manipulación y consumo de una especie distinta a la de *Zea mays* spp. *parviglumis* con fecha anterior o igual? ¿Por qué fuera de la región probable del inicio de la domesticación? Posibles explicaciones parciales serían que las sociedades a finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno, ya estaban manejando de manera generalizada poáceas (pastos) en lo que actualmente es el territorio de México, lo anterior podemos reforzarlo con los gránulos de almidón de teocinte extraídos e identificados en Santa Marta, Chiapas de una piedra de molienda (Cruz 2014) con una fecha de 11000 AP. (Acosta 2010), como otro ejemplo del uso e importancia de este *Zea* silvestre.

Los sitios arqueológicos y restos humanos: Santa Marta, Hombre de Texcoco, Texcal Entierro 3, Tehuacán, epexpan, San Gregorio; Peñón Del Márquez, en los que también se identificaron gránulos de almidón de teocinte (*Zea mays* spp

parviglumis o *mexicana*) nos hablan de un uso continuo de por lo menos del 10000 al 4000 AP (Tabla 5), en las regiones: Cuenca de México, Valle de Tehuacán y Depresión Central de Chiapas. Pero además conforme nos acercamos al final del Precerámico, se observa una mayor cantidad o densidad de gránulos de maíz en el contexto, lo que nos permite inferir que fue ganando importancia dentro de la dieta de los seres humanos que habitan esas zonas.

Al realizar los estudios de extracción de almidones en cálculos dentales, nos da información de algunas formas de consumo del maíz, ya que como se mencionó, las cualidades de la técnica, con las colecciones de referencia adecuadas, podemos observar acciones (hervido, macerado o molido, tostado, fermentado, etc...) a los vegetales que fueron procesados y/o consumidos de interés humano. Los restos humanos de: Peñón, Texcoco, Texcal, Tehuacán y Tepexpan. Muestran que el consumo del maíz no fue macerado o molido (ya que presentaría estrías radiales en su superficie) ni hervido, calentado o tostado (porque no se observa alteración en la cruz de extinción), sugiere entonces que fue consumido en su estado natural. A diferencia de San Gregorio, Santa Marta (capa V) Perez (2017) y el entierro Peñón del Márquez, donde ya se observan alteraciones en su cruz de extinción y aglutinamientos o conglomerados, lográndose solamente si los almidones son gelatinizados (calentándolos). Esta última evidencia coincide con el cambio en la organización social a Sociedades tribales jerarquizadas, correspondiendo con el aumento de artefactos para la molienda (metates).

Si agregamos además de las ventajas que nos da la técnica de extracción de almidones (observar en su morfología acciones culturales) y de distinguir con estadística de tamaños si es un granulo de teocinte o maíz, la información en donde estaban localizados los cálculos (dientes, premolares y/o molares), nos permite argumentar con mayor certeza si la presencia se debía a un consumo alimenticio o por efecto secundario de utilizar como herramientas a las piezas dentales (Tabla 18)

La mujer del Peñón III, se extrajeron los cálculos dentales de un canino izquierdo inferior, segundo molar izquierdo inferior, segundo molar derecho inferior, se identificaron dos gránulos de maíz (*Zea mays* spp *mays*) uno de teocinte (*Zea mays* spp *mexicana*) por la altitud de la Cuenca de México, Cinco gránulos de *Capsicum* sp (Chile) y dos de *Ipomoea batatas* (camote). Dominguez (1998) comenta que la formación de sarro en los dientes es variable entre poblaciones, esta se ve afectada por una serie de factores individuales y colectivos, como son; tipo de dieta, forma y velocidad del flujo salival, higiene oral, enfermedades sistémicas, morfología dentaria, posición dentaria y hábitos que puedan influir en la acumulación. Littleton y Frohlich (1993), realizaron estudios en poblaciones de ese tiempo, donde controlan las mismas condiciones bucales de los individuos analizados, se demostró que la formación de Sarro en los dientes está más relacionada con el tipo de dieta consumida que con la higiene oral, por lo que dietas ricas en almidón generan una mayor cantidad de sarro. Dicho lo anterior es muy probable que los gránulos extraídos e identificados se deban a una dieta que empezaba a tener preferencia por alimentos en almidón, como los camotes, el maíz en proceso de domesticación

nos indica un interés por mejorar esa parte de la planta. Llama la atención una presencia significativa de chile, pero no discutiré sobre ese tema.

Los siguientes restos humanos ordenados cronológicamente, Texcal Entierro 3 (7480±55 AP González S. *et al.*, 2006) se extrajo cálculo dental del Incisivo lateral derecho inferior, canino derecho inferior y primer premolar derecho inferior, se identificó un granulo de almidón de maíz, dos de chile y uno de Dioscorea (tubérculo). El Hombre de Tehuacán (6513±186 AP Johnson y McNeish, 1972) únicamente se extrajo de un segundo premolar derecho inferior, identificando dos almidones de maíz, uno de frijol, uno de chile y dos posibles pastos. Para el Hombre de Tepexpan incisivos centrales superiores, incisivo lateral derecho superior, de los cuales se identificaron uno de maíz, uno de teocinte, dos de chile y dos de camote.

El Peñón del Márquez tenía cálculo dental en varias partes: primer premolar derecho inferior, tercer molar izquierdo superior, canino derecho superior, segundo premolar derecho superior, primer molar izquierdo superior, identificando la mayor cantidad de gránulos de almidón de maíz, más de cincuenta aproximadamente, ocho de frijol, tres de chile, dos de dioscorea, y uno de camote. Este es un caso ilustrativo en la correlación de cantidad de sarro en varias partes con el número y la variedad de almidones, es importante señalar que dada su temporalidad 4247±29 AP (Jiménez *et al.*, 2016) se encuentra muy cercano al periodo Preclásico y se observa para estas fechas claramente que el maíz empieza a ser parte importante de la dieta de los seres humanos que habitaban la Cuenca de México.

	<i>Aff Zeo</i> <i>myos</i> <i>spp.</i> <i>myos</i> <i>(maíz)</i>	<i>Zea mays</i> <i>(teocinte)</i>	<i>Phaseol</i> <i>us</i> <i>vulgaris</i> <i>(Frijol)</i>	<i>Capsicum</i> <i>sp</i> (Chile)	<i>Dioscorea</i> <i>sp</i> (Tuberculo s)	<i>Ipomoea</i> <i>sp</i> (Camote)	<i>Gramineas</i> (Pastos)	No identificado s	<i>Piezas dentales de donde se tomó la muestra</i>
Hombre de Texcoco	0	1	0	0	0	0	2	0	Segundo premolar derecho superior, primer molar derecho superior
Hombre de Chimalhuacán	0	0	0	2	1	0	0	1	Incisivos centrales superiores, incisivo superior lateral izquierdo
Hombre de Tepepan	1	1	0	2	0	2	0	0	Incisivos centrales superiores, incisivo lateral derecho superior
Hombre de Balderas	0	0	0	0	1	0	0	0	Incisivo central izquierdo superior, incisivo lateral izquierdo superior, canino superior izquierdo, primer premolar izquierdo superior
Hombre de Tehuacán	1	0	1	1	0	0	2	0	Segundo premolar derecho inferior
Hombre de Cuenca de México	0	0	1	0	0	0	0	2	Tercer molar izquierdo inferior, tercer molar derecho superior, segundo incisivo izquierdo superior
Texcal entierro 3	1	0	0	2	1	0	0	0	Incisivo lateral derecho inferior, canino derecho inferior, primer premolar derecho inferior
Mujer del Peñón III	2	1	0	5	0	2	0	0	Segundo molar derecho inferior, segundo molar izquierdo inferior, canino izquierdo inferior
Peñón del Márquez	+50	0	8	3	2	1	0	0	Primer premolar derecho inferior, tercer molar izquierdo superior, canino derecho superior, segundo premolar derecho superior, primer molar izquierdo superior
Valsequillo	0	0	0	2	1	0	0	0	Incisivo lateral izquierdo superior, canino izquierdo superior
Aztahuacán entierro 2	0	0	0	2	0	0	1	0	Primer molar izquierdo superior, tercer molar izquierdo superior, segundo premolar izquierdo superior, primer premolar derecho superior, primer molar derecho superior, segundo premolar derecho superior
Aztahuacán entierro 3	0	0	0	1	0	0	0	0	Segundo premolar izquierdo inferior, primer molar izquierdo inferior

Tabla 18. Tabla con los gránulos de almidón identificados en los restos humanos por área dental.

Con los datos anteriores se puede observar que mientras la organización social fue de Comunidad Primitiva de Cazadores Recolectores, el consumo de teocinte y maíz fue en su estado natural probablemente porque aunque había interés en utilizarlo, el proceso de domesticación, era poco eficiente a las necesidades y deseos de la gente entre el periodo del 9000 AP al 6000 AP, aproximadamente donde a partir de estas últimas fecha y con las ventajas que daban ciertos entornos ambientales, tales como el caso de la Cuenca de México y la revolución tribal, para el cambio a Sociedades Tribales, siendo ejemplo el caso de San Gregorio donde coincide también los primeros intentos de sedentarización (Acosta 2016), la forma de consumir el maíz cambio, tanto en su preparación y/o consumo, como lo mostró Vera (2019) con la cantidad de gránulos de almidón y las acciones culturales sobre ellos como gelatinización, en este caso hervido, así como lo dicho por Rivera (2019), con la inversión de fuerza y tecnología en la adecuación de pisos usando sedimentos lacustres, es decir construyendo nichos y heredando el conocimiento.

7.1.3 Preclásico

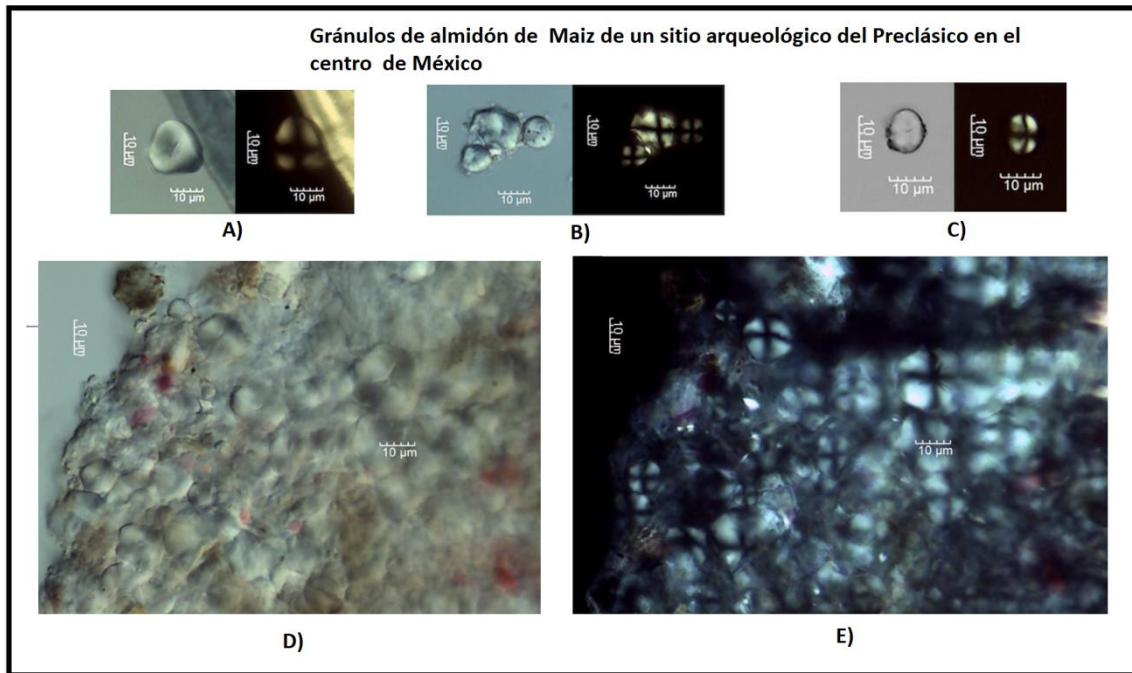


Figura 70. Gránulos de almidón de maíz (*Zea mays* spp. *mays*) del sitio de Altica, extraídos de piedras de molienda.

El caso del sitio arqueológico de Altica, ubicado en el sur del Valle de Teotihuacán, con una temporalidad de 1200 BC. McClung de Tapia *et al.*, (2019), muestran evidencias de varias plantas que fueron usadas para su uso, pero a pesar de que incluyen varias especies domesticadas, entre ellas: maíz, frijol, calabaza y quelites (hierbas verdes oportunistas) que es consistente con un sistema agroecológico basado en “la milpa”, productivo, pero enfocado en la variedad de recursos en lugar de un cultivo intensivo de una sola especie.

Se recuperaron restos humanos, enterrados en el sitio, estos sugieren una dependencia del consumo de maíz (Storey *et al.*, 2019). Se obtuvieron dataciones por radiocarbono de colágeno óseo de los individuos, dando una datación para el

Preclásico medio, alrededor del 1000 a.C (Nichols y Stoner 2019; Rosenswig 2015;), los valores de isótopos de carbono estables, apuntan a una dieta basada mayormente a C4, probablemente maíz. De los cuatro entierros obtenidos, tres parecen de mayor jerarquía y uno es anómalo en otros aspectos.

Dos puntos importantes hay en Altica desde los resultados de gránulos de almidón. Se obtuvieron almidones de maíz en diversas piedras de molienda, estas sin una morfología especializada, pero los gránulos de la Figura 70 tienen evidencia de alteración térmica (gelatinizados), en este caso lo más probable es que hayan sido hervidos ya que la cruz de extinción empieza a degradarse o desaparecer (almidones: *a*, *b* y *c*), en el ejemplo de los gránulos *d*, además de estar gelatinizados están aglutinados y si tomamos en cuenta que fueron extraídos de un metate asociado a un entierro (figura 71), podemos inferir por lo menos dos aspectos:

- La primera, es probable que estaban haciendo masa de maíz
- La segunda, ¿si las personas con jerarquía social eran enterradas con sus piedras de molienda?, simbólicamente o significativamente eran importante para su imaginario colectivo y/o individual, por lo que el maíz en Altica dejó de ser solamente un producto de necesidad alimentaria.

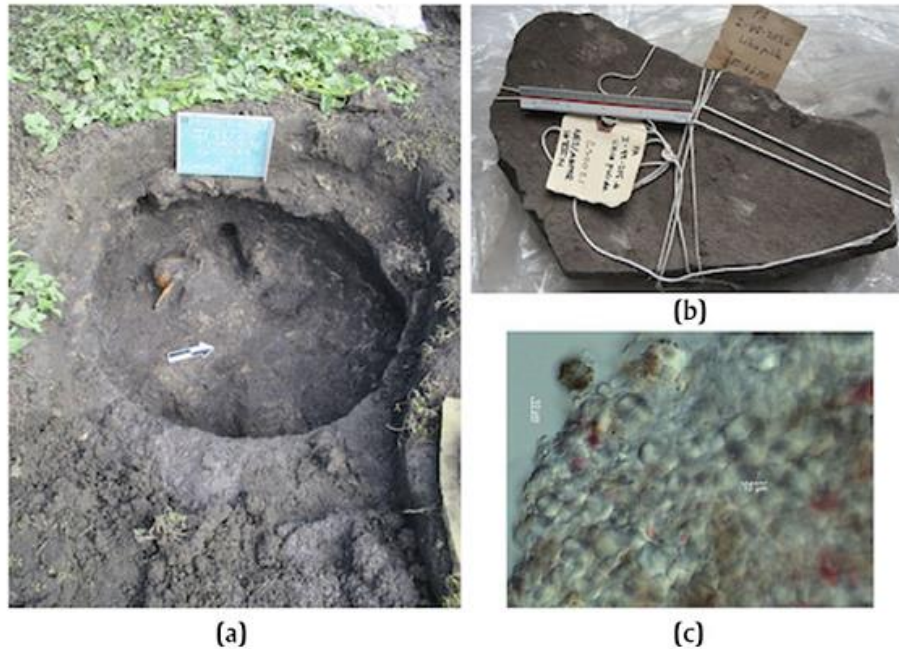


Figura 71. Contexto funerario de Altica, (McClung de Tapia *et al.*, 2019)

7.1.4 Clásico

Se realizó la extracción de gránulos de almidón en cálculos dentales de restos humanos del barrio de Atetelco, Teotihuacán (Acosta y Cruz, 2018), se analizaron diecinueve individuos, aunque sólo uno de ellos era de la fase de apogeo (Xolalpan, Clásico temprano) el resto es de la fase Mazapa (Posclásico) lo interesante de estos análisis, es que los gránulos de almidón de maíz, tienen daño térmico combinado, es decir que fueron gelatinizados y tostados (figura 72, B), esto es, que además de ser hervidos, también hay daños de otro tratamiento de calentado en seco, probablemente un tostado, un ejemplo donde se tuesta la harina de maíz en la comida mesoamericana sería el pinole para hacer atoles.

También se extrajeron almidones de vasijas cerámicas depositadas de dos cuevas, Petapa y Retaza ubicadas en la Depresión Central de Chiapas (Cruz, 2012). La

particularidad de estos contextos arqueológicos, es que dentro de las cuevas había una alta humedad, lo que impide la conservación de macrorestos, sin embargo a pesar de que dentro de los recipientes cerámicos no había rastros orgánicos, con la técnica de extracción de gránulos de almidón se pudieron identificar especies como: maíz, frijol y camotes, uno de ellos presentó la huella en su superficie que indica que tuvo un procesamiento de calentamiento en seco.

Interesante es entonces, que tanto en Teotihuacán como en Chiapas ya durante el periodo Clásico se agrega evidencia de un tratamiento diferente al maíz a los periodos anteriores, “el tostado”, mostrando el interés por una versatilidad culinaria.



Figura 72. Gránulos de Almidón de maíz (*Zea mays* spp *mays*). A) Cueva de Petapa, Chiapas. B) Cálculo dental de Atetelco, Teotihuacán.

7.1.5 Posclásico

Finalmente el estudio realizado para la extracción de almidones a jarras efigie de cerámica de unidades domésticas chinamperas en Xochimilco, al sur de la Ciudad de México, estas se distinguen de las clásicas formas de servicio o preparación de alimentos, las más conocidas portan la representación de Tlaloc, pero las que se analizaron tienen la imagen con deidades relacionadas con el agua y la agricultura (Jiménez-González *et al.*, 2020:1). Los contextos arqueológicos en donde se localizaron fueron en unidades agrícolas domésticas, es decir fuera de los lugares típicos para la realización de actividades rituales como: ofrendas o depósitos rituales, lo que hizo interesante su investigación.

Los resultados muestran que continuó la mezcla de alteraciones térmicas a los almidones de maíz (*Zea mays* spp. *mays*), porque observan daños de gelatinización provocados por hervido y tostado (figura 73), siendo predominante también, grupos de almidones aglutinados, y dado que la técnica fue aplicada a jarras, por su forma permite inferir que eran utilizadas para la contención de líquidos, infiriendo así que se trataban de diversos atoles los que estaban contenidos en las “Jarras Efigie” (Jiménez-González *et al.*, 2020:10)

En el mismo artículo (Jiménez-González *et al.*, 2020:11) hacen alusión a una cita de Sahagún (2012b:93), donde se describe la variedad de atoles que existía en el Posclásico en Mesoamérica, como por ejemplo: atole de maíz cocido con cal, atole de maíz molido crudo, atole de frijol, atole de maíz tostado, atole de fruta, atole de chile, atole de tortilla y con miel.

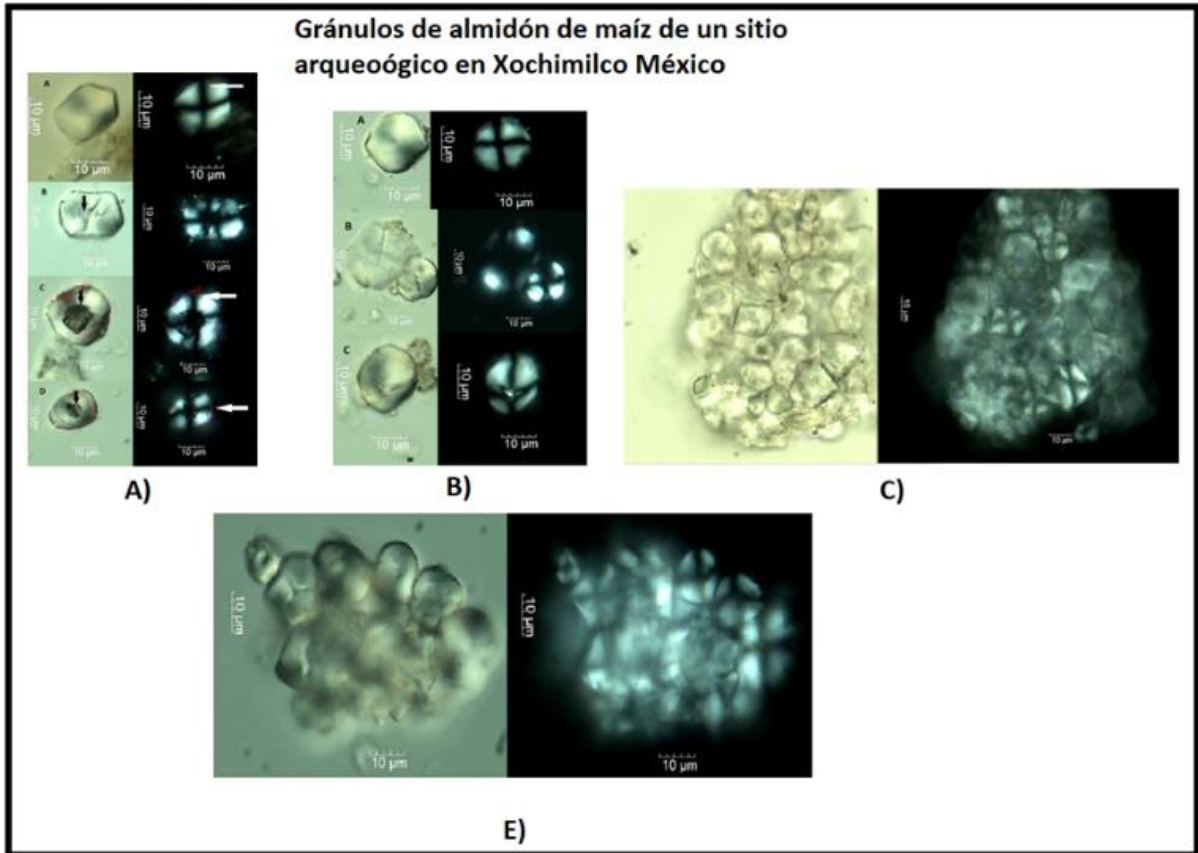


Figura 73. Gránulos de almidón de Maíz (*Zea mays* spp. *mays*) jarras de cerámica de la zona de Xochimilco

Haciendo un resumen sobre ¿Cómo fue consumido y procesado el teocinte hasta el maíz? desde fines del Pleistoceno-inicios del Holoceno a través de los análisis de gránulos de almidón, en distintos restos humanos como La Mujer del Peñón y sitios arqueológicos como, Santa Marta, hasta las Jarras Efigies en el Posclásico, quedaría como la tabla 19.

	Organización social	Temporalidad	Fuente de análisis	Teocinte	Maíz en proceso de domesticación	Maíz domesticado	Tipo de alteración de los almidones	Posible forma de consumo del maíz
Santa Marta	Comunidad Primitiva de Cazadores Recolectores	11,260-11170 BP (Cal 2σ) Acosta, 2010	Piedra de molienta	si	no	no	No hay	Estado natural
La mujer del peñón	Comunidad Primitiva de Cazadores Recolectores	10755± AP, González et al, 2006	Cálculos dentales	si	si	no	No hay	Estado natural
Texcal Entierro 3	Sociedades Tribales Igualitarias	10000-6000 ± AP Moret et al, 2004	Cálculos dentales	no	si	no	No hay	Estado natural
Santa Marta Capa V	Sociedad Tribal Jerarquizada	8182-8412 Cal BP. Acosta et al. 2013	Lítica Tallada	si	si	no	Si (Gelatinización parcial)	Posible hervido
Hombre de Tehuacán	Comunidad Tribal Igualitaria	7480 ± 55 AP, González et al, 2006	Cálculos dentales	no	si	no	No hay	Estado natural
Hombre de Tepexpan	Sociedad Tribal Jerarquizada	6513±186 AP Johnson y McNeish, 1972	Cálculos dentales	no	si	no	No hay	Estado natural
San Gregorio Atlapulco	Sociedad Tribal Jerarquizada	6000 AP. Acosta, 2017	Piedras de Molienta	no	si	no	Si (Gelatinización)	Hervido

			da y Pisos de ocupación					
Peñón del Márquez	Sociedad Tribal Jerarquizada	4247±29 AP Jiménez et al, 2016	Cálculos dentales	no	si	no	Si (Gelatinización)	Hervido
Altica	Comunidad Agrícola Sedentaria	1200 BC. McClung et al, 2019	Piedras de Molienda	no	si	si	Si (Gelatinización)	Hervido
Atetelco Teotihuacán y Cuevas Petapa/Retazo	Comunidad sedentaria con agricultura	Clásico temprano (100-500 DC)	Cálculos dentales y vasijas cerámicas	no	si	si	Si (Gelatinización y tostado)	Hervido y tostado
Xochimilco	Comunidades chinamperas sedentarias con agricultura	Posclásico (1300-1500 DC)	Cerámica	no	si	si	Si (Gelatinización y tostado)	Hervido y tostado

Tabla 19. Resumen de la forma de procesar y consumir el teocinte y maíz a lo largo de 12,000 años a través de gránulos de almidón.

La ventaja de establecer un diálogo de saberes y resultados de investigaciones entre las disciplinas como: la biología, la genética, la arqueología y la antropología física, nos permite crear un escenario desde distintos puntos de vista complementarios, con una capacidad explicativa mayor, como lo mostrado en esta investigación. Por ejemplo si nos quedamos con la hipótesis más aceptada de la

genética donde solo se le da mayor relevancia a una especie de teocinte (*Zea mays* spp. *parviglumis*) y a la región del Balsas (Estados de Guerrero y Michoacán), como explicar entonces que aunque sea mínima, el *Zea mays* spp. *mexicana* comparte el 8% del germoplasma con el maíz, pero que le da las propiedades necesarias a este último para poder desarrollarse en alturas mayores.

Las investigaciones arqueológicas por medio de la extracción de gránulos de almidón y la estadística, aplicadas a contextos diferentes y de otras regiones en macrorestos, muestran que otras especies de teocinte (*Zea mays* spp mexicana) eran manipuladas y consumidas en tiempos iguales o anteriores al propuesto como inicio de domesticación por parte de la genética (9000 AP), por ejemplo los resultados de los cálculos dentales en los restos humanos de la Cuenca de México.

Los estudios de Ramos-Madrigal (2016) y McNeish (1972) demuestran que hace 5300 AP, las cualidades que buscaban los seres humanos que habitaron el Valle de Tehuacán en cuanto a la domesticación del maíz enfatizaban a una planta que no tuviera varios tallos y que desnudara la semilla, característica que le da mayor capacidad de manipulación y aprovechamiento para el humano. Dándonos a los arqueólogos una fecha cronológica e indicador para contrastar en otras zonas del país o del continente. Para esas mismas fechas los gránulos de almidón en el contexto arqueológico analizado en esta tesis (Cuenca de México, Tehuacán y Chiapas) empiezan a mostrar tratamientos distintos a los que fueron sometidos en tiempos anteriores, se observa que fueron sometidos a alguna acción térmica, (probablemente hervido).

Si tenemos granos desnudos, hervidos y macerados en piedras de molienda como en San Gregorio Atlapulco desde el 6000 AP (Acosta, et al., 2017 y Vera 2019) es posible inferir en la elaboración de harinas y masas, pero con la limitante de la no existencia de cerámica, es limitada la forma en que pudiera ser consumido, más allá de alguna bebida o quizás en la forma de tamales, dado que si está reportado el uso de la *Canna edulis* y/o *indica* para ese mismo sitio en esas mismas fechas, y sus hojas, actualmente se usan para envolver tamales todavía.

Creo conveniente mencionar a Michael Blake (2006) quien hace una observación interesante sobre la probable forma en que fue aprovechado el maíz en sus etapas tempranas o incluso desde que era teocinte. Propone que los macrorestos tempranos procedentes de los sitios de Oaxaca y Puebla, es decir de Guilá Naquitz y del valle de Tehuacán, los cuales no superan los 5500 años de radiocarbono, eran aprovechados por su tallo, es decir la caña, la cual tiene una gran cantidad de azúcares, ingrediente necesario para preparar bebidas fermentadas o alimento casual, Blake (2006:68). Para esta investigación se trató de corroborar esta posibilidad muestreando varios tallos de maíz y teocinte, dando negativa la presencia de gránulos de almidón, lo cual no niega la hipótesis de Blake, pero refuerza el interés en los granos de teocinte, dada la aparición de almidones de *Zea* en La mujer del Peñón y Santa Marta.

CAPÍTULO 8. CONSIDERACIONES PARCIALES

Después de quedar claro que el maíz (*Zea mays* spp *mays*) principalmente se originó a partir del teocintle (*Zea mays* spp *parviglumis*), gracias a estudios botánicos, agrícolas, biológicos, genéticos y arqueológicos durante los siglos XIX, XX Y XXI tenemos dos posibles escenarios explicativos para el proceso de domesticación.

- El Maíz (*Zea mays* spp *mays*) se originó a partir del teocinte (*Zea mays* spp *parviglumis*) en un solo evento, en la región del balsas hace aproximadamente 9000 AP, debido a una selección natural causada por metales pesados provenientes de una erupción del volcán El Nevado de Toluca (probablemente aquí se dio la bisexualidad del *parviglumis*). Empieza a dispersarse hacia otras regiones como (Tehuacán y Oaxaca), aproximadamente 6000 AP, un protomaíz sale de america del norte (Centro Primario) hacia sudamerica (Centro Secundario) donde tiene una evolución adyacente independiente, pero al estar alejado del teocinte, este puede sufrir una domesticación acelerada, ya que no hay hibridación y/o introgresión.
- El Maíz (*Zea mays* spp *mays*) se originó a partir del teocinte (*Zea mays* spp *parviglumis*) de la región del actual estado de Jalisco. En distintos eventos temporales, para después tener hibridación e introgresión con *Zea mays* spp *mexicana* de altura (especie con cualidades para desarrollarse en altitudes

mayores a los 600 msnm), también de la misma zona, posteriormente se dispersó hacia el centro-sur del actual territorio mexicano, sufriendo en este recorrido constantes hibridaciones e introgresiones con teocintes silvestres y/o en proceso de domesticación, para el 6000 AP, salió de su centro primario (México) hacia Sudamérica sufriendo una evolución adyacente independiente, debido a que no tuvo contacto con su progenitor, dado que allá no existe.

Los resultados de la presente tesis, aportan nueva información arqueológica complementando los escenarios probables del proceso de domesticación del maíz gracias a la aplicación de la técnica de extracción e identificación de microrestos vegetales, particularmente de gránulos de almidón, aplicada en regiones distintas donde los genetistas y arqueólogos habían realizado investigaciones, las aportaciones técnicas se pueden resumir en dos puntos:

1. La importancia de la utilización y consumo de *Zea* por parte de los seres humanos comenzó por lo menos a fines del Pleistoceno desde que era teocintle (*Zea mays* spp. *parviglumis* y *Zea mays* spp. *mexicana*), el uso del teocintle no se limitaba a la región del Balsas en los actuales estados de Guerrero y Michoacán, sino que se extendía según los resultados de la Mujer del Peñón III y Santa Marta, por lo menos en el altiplano central además del territorio actual del estado de Chiapas, hace aproximadamente 11,000 años, la forma de consumir los granos, (ya que en los tallos de teocinte y maíz, no se identificaron gránulos de almidón) sería sin someterlos a calentamiento,

por los menos desde el inicio, 9000 AP, hasta los 6000 AP, después de esta fecha y hasta el Posclásico se utilizó consumo hervido y tostado.

2. Gracias a la estadística aplicada a los distintos gránulos de almidón de teocintes y maíces de varias regiones del país además de los arqueológicos de la zona de Tehuacán, Puebla, ha sido posible distinguirlos por el tamaño, estableciendo que a partir de 15 micras en adelante corresponde a *Zea mays* spp. *mays*, o por lo menos en proceso de domesticación para etapas tempranas como finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno.

Dada la evidencia de consumo y procesamiento de teocinte (*Zea mays* spp *mexicana* y *Zea mays* spp *parviglumis/huehuetenanguensis*) de La mujer del Peñón III en la Cuenca de México y en Santa Marta en la Depresión Central de Chiapas, estando fuera de la Región del Balsas así como en tiempos anteriores a la fecha propuesta de inicio de domesticación por métodos moleculares genéticos, me inclino hacia el escenario de múltiples eventos domesticatorios (Figura 74) propuesto por Moreno-Letelier *et al.*, (2020) En donde se conserva el origen de la domesticación del *Zea mays* spp *parviglumis*, pero el de la región de Jalisco como más cercano filogenéticamente hablando, pero sin negar la posibilidad de que también pudo darse en la zona del Balsas y además explicando la introgresión del *Zea mays* spp *mexicana* de altura, ya que establecen una relación genética con una población del poblado de Jesus Maria, también de Jalisco. Probablemente después de los eventos iniciales de domesticación se difundió el conocimiento así como el interés por distintas partes del continente, como se observa en el registro arqueológico.

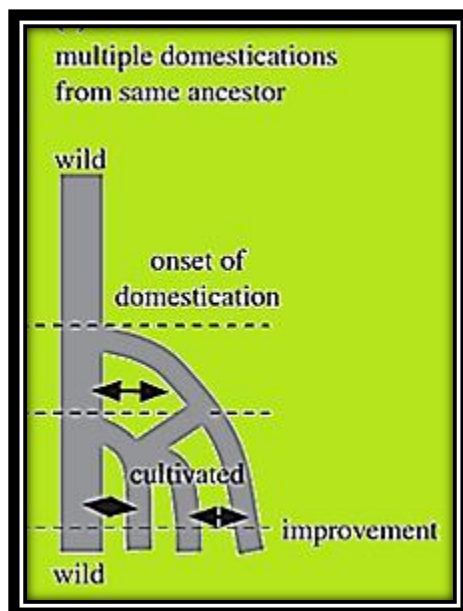


Figura 74. Modelos distintos probables de domesticación, tomado y modificado de Moreno-Letelier (2020)

Las comunidades primitivas Pretribales a fines del Pleistoceno e inicios del holoceno, debieron tener un territorio virgen con buena disposición de recursos conservando sin problema esta forma de organización social-económica Bate y Terrazas (2002), como lo establece también el modelo teórico de los ciclos adaptativos de Holling (2001) en su fase de explotación (r) pasando por una etapa de estabilidad (k), pero una vez que se habitaron los entornos con mayor producción así como los marginales, probablemente ocurrieron factores que provocaron cambios fundamentales en las relaciones de producción (Bate y Terrazas 2002), lo que también se llama revolución tribal.

La disminución de entornos con mayor producción así como el acumulamiento del conocimiento sobre la utilización de los teocintes (*Zea mays* spp *parviglumis* y mexicana) sumando la introducción de plantas en inicio de domesticación, en este

caso los *parviglumis* de las zonas de Jalisco y del Balsas, quizás fueron parte varios de los factores que pudieron provocar la revolución tribal en algunos grupos humanos de las zonas de Rio Balsas, Cuenca de México, Tehuacán y Oaxaca. Es decir tuvieron que reorganizarse las comunidades primitivas hacia una organización que mantuvieran y profleraran las cada vez más tendencias hacia una sedentarización. Los corredores culturales hipotéticos de Zizumbo y Colunga (2008), empiezan a tener datos que nos permitirán contrastarlos y/o evaluarlos.

El gusto inicial por el teocinte al parecer por varios grupos humanos, como lo muestran las investigaciones en los restos humanos de la Cuenca de México y en la Depresión Central de Chiapas junto con los estudios genéticos, marcan el inicio de una Construcción de Nicho podríamos llamarla “Culinaria” porque a raíz del interés en el uso de esta planta silvestre a finales del pleistoceno como por ejemplo en el sitio de Santa Marta y en la Mujer del Peñón, fue heredándose la predilección por domesticarla con distintos fines como la eficiencia en el consumo (desarrollo en distintos entornos naturales, tamaño, y número de granos en la mazorca por ejemplo) o gustos culturales (color, sabor y texturas). Para mediados del Holoceno, tenemos el caso del San Gregorio Atlapulco en donde las sociedades tribales semisedentarias que combinan el uso tanto de plantas silvestres como plantas en proceso de domesticación, como el caso de San Gregorio Atlapulco, es un buen ejemplo, donde puede verse el sentimiento de propiedad sobre el territorio, por la inversión de fuerza de trabajo en las áreas de vivienda y/o cultivadas (Bate, 1998; Flores, 2006; Acosta, 2016, Hernandez y Serrano, 2017)., reportadas por Rivera (2019) con la preparación, adecuación y construcción de pisos con sedimentos de

fondo lacustre, quizás por la creciente necesidad y gusto de cultivar cada vez mas un maíz con características físicas mas apropiadas para su consumo sustentado también por la cantidad de piedras de molienda reportadas por Acosta *et al.*,(2017).

Los casos del Peñón del Marquez a fines del precerámico y Altica a mediados de Preclásico son ejemplos de como el maíz fue ganando importancia en la dieta y en la organización social, ya que la cantidad de gránulos de almidón, las formas que pudo ser procesado (estado natural y hervido), además de su localización en las piedras de molienda en contextos funerarios con aparente jerarquía, nos permite inferir la transformación cultural-economica y social que provoco su domesticación hasta ese momento y durante los próximos 2500 años siendo un elemento esencial en lo que seria una de las grandes tradiciones, la culinaria con alimentos como: los tamales, las bebidas como “el pozol”, los atoles, tortillas, moles, y los tacos.

9. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, Ochoa Guillermo

2010 Late Pleistocene-Early Holocene Tropical foragers of Chiapas, Mexico: Recent Studies. *Current Research in the Pleistocene* 27: 1-4.

2016 “Modos de producción y agricultura temprana: nuevos datos del centro y sur de México, en *Serie Prehistoria en América Número 7, El poblamiento temprano en América*, Ed INAH, México.

2017 PAISA (CdMx) Informe de la segunda Fase. Excavaciones en Tepexpan y San Gregorio Atlapulco. Propuesta tercera fase (Jul/2017-Jun/2018). APE UNAM. México.

Acosta, Guillermo, Cruz Jorge y García Carmen

2018 Informe técnico del proyecto de investigación “Almidones arqueológicos en cálculos dentales de restos óseos: implicaciones en la dieta teotihuacana” entregado a los archivos de la Comisión Académica de la Zona de Monumentos Arqueológicos de Teotihuacán en formato PDF.

Ascherson, P.

1880 Bemerkungen uberastigen Maiskolben. *Bot.Vereins Provo Brandenburg* 21:133-38. Cambridge, Mass

Bartlett, A. S. Barghoorn, E. S., Berger, R.

1969. Fossil maize from Panama. *Science* 165:389-90

Barghoorn, E. S., Wolfe, M. K., Clisby, K. H.

1954. Fossil maize from the valley of Mexico. Bot. Mus. Leaflet, Harvard Univ.,
16:229-40

Bate, L.F.

1976 Los primeros poblamientos del extremo sur americano, Cuadernos
de Trabajo, Departamento de Prehistoria, INAH, México.

1998 El proceso de investigación en arqueología, Edit. Crítica, Barcelona, España.

Bate, L.F. y A. Terrazas

(2006) "Apuntes sobre las investigaciones prehistóricas en México", en J.C.
Jiménez, S. González, J.A. Pompa y F. Ortiz (coords.) El hombre temprano en
América y sus implicaciones en el poblamiento de la Cuenca de México. Primer
Simposio Internacional, Colección Científica, Serie Antropología Física, INAH,
México.

Bedoya, C. A.; Chávez Tovar, V.H. 2010. Teocintle el ancestro del maíz. Claridades
Agropecuarias no. 201: 32-42

Beadle, G.W.

1939 Teocinte and the origin of maize. J.Heredity 30:245-247. 1980 ae ancestry of
corn. Sci. Amer.242 (1): 112-119.

Benz B. F.

2001 Archaeological evidence of teocinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(4), 2104–2106. <https://doi.org/10.1073/pnas.98.4.2104>

Benz, B.F.

2006 Maize in the Americas. In: Staller, J. E., R.H.Tykot, B. Benz. (Eds.) *Histories of maize: multidisciplinary approaches to the prehistory, linguistics, biogeography, domestication, and evolution of maize*. Academic Press, San Diego. 9-18 pp.

Benz, B.F., Iltis, H.H.

1992 Evolution of female sexuality in the maize ear (*Zea mays* L. subsp. *mays*, Gramineae). *Econ Bot* 46, 212–222 <https://doi.org/10.1007/BF02930640>

Blake, Michael .

2006 Dating the inicial spread of *Zea mays*, pp.52-72 en Robert H Tikot-Bruce F Benz. *Histories of Maize. Multidiciplinary approaches to the prehistory, linguistics, biogeography, domestication, and evolution of maize*. Academic Press, New York

Caponi, Gustavo.

2017 Sobreestimación epistemológica de la construcción de nicho. *Metatheoria*. 8. 129.

Cohen, Joel & Tracy, William.

2007 THE WORLD SURROUNDING WALTON C. GALINAT'S RESEARCH: PERSONALITIES, STUDENTS, HISTORY, AND DISPUTES. A TRIBUTE. *Maydica*. 52. 3-11.

Cruz, Jorge

2012 Análisis de Almidones de vasijas cerámicas de las cuevas Petapa y Retazo, Ocozocoautla, Chiapas. Tesis, ENAH, México.

2014 "Extracción, identificación y análisis de almidones en artefactos líticos y pisos del abrigo Santa Marta con ocupación precerámica en la Depresión Central de Chiapas". Tesis de maestría. UNAM.

Deborah M Pearsall, Karol Chandler-Ezell, James A Zeidler,

2004 Maize in ancient Ecuador: results of residue analysis of stone tools from the Real Alto site, *Journal of Archaeological Science*, Volume 31, Issue 4, Pages 423-442, ISSN 0305-4403,

Del Olmo Calzada, M., & Montes Villalpando, A.

2011 El Museo de Tepexpan y el estudio de la Prehistoria en México. *La Colmena*, (70), 96-105.

deWet, J. M. J., Harlan, J. R.,

1971 Origin of maize: The Tripartite hypothesis dissected and analyzed. *Evolution*.
In press

deWet, J. M. J., Harlan, J. R., Grant, C. A.

1971. Origin and evolution of teocinte (*Zea mexicana*). *Euphytica*. In press

Doebley, J. F.; B.S Gaut and B.D Smith.

2006 "The molecular genetics of crop domestication". *Cell* 127:1309-1321.

Doebley, J.F., M.M. Goodman, and C.W. Stuber.

1987 Patterns of Isozyme variation between maize and Mexican annual teocinte.

Econ. Bot. 41(2):234-246.

Dorweiler J, Doebley J.

1997 Developmental analysis of teocinte glume architecture1: A key locus in the evolution of maize (*Poaceae*). *Am J Bot.* Oct; 84(10):1313. PMID: 21708541.

Echeverría, B.

2001 Definición de la cultura, México: Facultad de Filosofía y Letras, UNAM-Itaca

Eubanks, M.

2002 "An inter disciplinary perspective on the origin of maize". *Latin Am. Antiquity.* 12:91-98.

Flannery, Kent V

1986 *Guila Naquitz: Archaic Foraging and Early Agriculture in Oaxaca, Mexico.* Academic Press, New York.

Galinat, W. C.

1961. Corn's evolution and its significance for breeding. *Econ. Bot.* 15:320-25

1971 THE ORIGIN OF MAIZE *Annual Review of Genetics* P 447-478 V 5 N 1

10.1146/annurev.ge.05.120171.002311 16097663

1995 El origen del maíz: el grano de la humanidad. *The origin of maize: grain of humanity.* *Econ. Bot.* 49(1):3-12.

Gepts, Paul

2008 Tropical environments, biodiversity and the origin of crops. In. Moore P, Ming R (eds). *Genomics of tropical crop plants*, Springer, New York. Pp. 1-20.

Hackel, E.

1890 *The True Grasses*. New York: Henry Holt and Co. 228 pp.

Hernandez, Rocio Flores

2018 Análisis de la variación craneofacial en los primeros pobladores de México y su implicación en el poblamiento de América.. Tesis doctoral, UNAM, México.

Hernández Flores, R., & Serrano Sánchez, C.

2019 LA INTERRELACIÓN ENTRE MODO DE VIDA Y FENÓMENOS VITALES EN LA POBLACIÓN PREHISTÓRICA DE MÉXICO. UNA RECONSIDERACIÓN NECESARIA. *Antropología Americana*, 2(04), 109136. <https://doi.org/10.35424/anam042017%f>

Holling, Crawford Stanley

2001 Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems* 4(5):390-405.

Holling, Stanley y Gunderson, lance

2002 Resilience and Adaptive Cycles In Panarchy: understanding transformations in human and natural systems. Lance H. Gunderson and C.S. Holling eds. Pp. 25- 62. Washington D.C. Island Press

Holst, Irene & Moreno, J. Enrique & Piperno, D.R..

2007 Identification of teocinte, maize, and *Tripsacum* in Mesoamerica by using pollen, starch grains, and phytoliths. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104. 17608-13. 10.1073/pnas.0708736104.

Irwin, H., Barghoorn, E. S.

1965 Identification of the pollen of maize, teocinte and *tripsacum* by phase contrast microscopy. *Bot. Mus. Leafl., Harvard Univ.* 21:37-57

Izar, Juan & González, Jorge

2004 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Dirección General AdjuntadeInvestigación y Normatividad, 2005 "Presentación de datos estadísticos en gráficas", México. CAPÍTULO V EL HISTOGRAMA.

Jardón-Barbolla L.

2015 De la evolución al valor de uso, ida y vuelta: exploraciones en la domesticación y diversificación de plantas. *INTERdisciplina*, 3: 99-129. ISSN 2395-969X

Jardón Barbolla L y Gutiérrez Navarro A.

2018 Continuidad y discontinuidad en la construcción de nicho: hacia una lectura política del proceso de domesticación. *Metatheoria (Argentina)*, 8 (2): 125-134

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. 116 pp. México, D.F.

Kato Yamakake, López Rodríguez, Ramírez Vallejo, Castillo González

2016 Origen de tres variedades de maíz de altura de México: Chalqueño, Cónico y Cónico Norteño. Editorial del Colegio de Postgraduados, Colegio de Postgraduados, Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas A.C. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Universidad Autónoma de Chapingo, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Edo. De México.

Kistler, Logan & Maezumi, S & Gregorio de Souza, Jonas & Przelomska, Natalia & Malaquias Costa, Flaviane & Smith, Oliver & Loïselle, Hope & Ramos Madrigal, Jazmín & Wales, Nathan & Rivail Ribeiro, Eduardo & R. Morrison, Ryan & Grimaldo, Claudia & P. Prous, Andre & Arriaza, Bernardo & Thomas P. Gilbert, M & Freitas, Fabio & Allaby, Robin.

2018 Multiproxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America. *Science*. 362. 1309-1313. 10.1126/science.aav0207.

Laland, K., Odling-Smee, J. y M. Feldman

2001 "Niche Construction, Ecological Inheritance, and Cycles of Contingency in Evolution", en Oyama, S., Griffiths, P. y R. Gray (eds.), *Cycles of Contingency*, Cambridge: MIT Press, pp. 117-126.

Lema, Verónica

2010 Procesos de domesticación vegetal en el pasado prehispánico del noroeste argentino: estudio de las prácticas más allá de los orígenes. En *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XXXV*. Buenos Aires.

Lewontin, R.

1979 "La adaptación", *Scientific American* (ed.), *Evolución*, Barcelona: Labor, pp. 139-152.

2000 *The Triple Helix: Gene, Organism and Environment*, Cambridge: Harvard University Press.

MacNeish. R.

1964 El origen de la civilización mesoamericana visto desde Tehuacán.

Departamento de Prehistoria, Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.

1972 The Prehistory of the Tehuacán Valley. University of Texas Press, Austin, Vol.

4 Chapter 7, pags 341-377

MacNeish R.S. and M. Eubanks

2000. "Comparative analysis of the rio Balsas and Tehuacán models for the origin of maize". Latin Am. Antiquity 11:3-20.

Martinez, Patricia Pérez

2017 Patrones de subsistencia en grupos cazadores recolectores durante el holoceno en la depresión central de Chiapas. Tesis doctoral, UNAM.

Mangelsdorf, P. C., Reeves, R. G.

1939. The origin of Indian corn and its relatives. Tex. A gr. Exp. Sta. Bull. 574:1-3 15

Mangelsdorf, P.C.

1974 Corn. Its Origin, Evolution, and Improvement. Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.

Mangelsdorf, P.C.

1947. The origin and evolution of maize. Adv. Genet. 1:161-207.

Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M.M. Goodman, J.J. Sánchez G., E. Buckler, and J. Doebley.

2002 A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99 (6):6080-6084.

McClung Emily, Martínez Diana, Acosta Guillermo, Zalaquet Francisca, A. Robitaille Eléonor

2001 “Nuevos fechamientos para las plantas domésticas en el México Prehispánico”, en *Anales de Antropología*, vol. 39, México, IIA-UNAM, 2001, pp. 125-156

Montoya Jaramillo, C.

2016 ¿Qué se debe saber sobre los QTL (Quantitative Trait Loci) y su utilidad en el mejoramiento genético de palma de aceite?. *Revista Palmas*, 37(3), 65-75.

Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11807>

Moreno-Letelier, Alejandra. Jonas A. Aguirre Liguori, Maud I Tenailon, Daniel Piñero, Brandon S Gaut, Alejandra Vazquez Lobo, Luis E Eguiarte

2018 Was maize domesticated in the Balsas Basin? Complex patterns of genetic divergence, gene flow and ancestral introgressions among *Zea* subspecies suggest an alternative scenario. *bioRxiv* 239707; doi: <https://doi.org/10.1101/239707>

Moreno-Letelier A, Aguirre-Liguori JA, Piñero D, Vázquez-Lobo A, Eguiarte LE.
(2020) The relevance of gene flow with wild relatives in understanding the
domestication process. R.Soc. Open Sci. 7: 191545
<http://dx.doi.org/10.1098/rsos.191545>

Odling-Smee, F. & Laland, Kevin & Feldman, Marcus.
2003 Niche Construction: The Neglected Process in Evolution.
10.1515/9781400847266.

Pagán, Jaime.
2005 Estudio interpretativo de la cultura botánica de dos comunidades
Precolombinas antillanas: La Hueca y Punta Candelerero, Tesis doctoral,
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Pierce, Benjamín A.
2009 Genética: Un enfoque conceptual. Ed. Médica Panamericana. ISBN
9788498352160.

Piperno, Dolores
1989 Non-affluent foragers: resource availability, seasonal shortages, and the
emergence of agricultura in Panamanian tropical forest. D. Harris y G. Hillman (eds.),
Foraging and Farming. The evolution of plant exploitation: 538-551. Londres, Unwin
Hyman.

2011 The Origins of Plants Cultivation and Domestication in the New World Tropics: Patterns, Process, and New Developments. In *Current Anthropology*, Vol. 52, No. S4, The origins of Agriculture: New Data, New Ideas. Pp. S453-S470

Piperno, D.R. & Ranere, Anthony & Holst, Irene & Hansell, Patricia.

2000 Starch grains reveal early root crop horticulture in the Panamanian tropical forest. *Nature*. 407. 894-7. 10.1038/35038055.

Piperno D.R.; J.E. Moreno; J. Iriarte; I. Holst; M. Lachniet; G. Jones; A.J. Ranere, R. and Castazo.

2007 "Late Pleistocene and Holocene environmental history of the Iguala Valley, central balsas watershed of Mexico". *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 104:11874-11881.

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

2009 Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(13), 5019–5024. <http://doi.org/10.1073/pnas.0812525106>

Piperno, D.R. & Ranere, Anthony & Holst, Irene & Iriarte, Jose & Dickau, Ruth. (2009) Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106. 5019-24. 10.1073/pnas.0812525106.

Ramos-Madrigal et al.,

2016 *Current Biology* 26, 1–7, December 5, 2016 ^a 2016 Elsevier Ltd.

Randolph, L. F.

1959. The origin of maize. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 1 9:1-12

Rindos, David

1984 *The Origins of Agriculture: An Evolutionary Perspective*. Academic Press, Orlando.

Rivera, Iran Irais

2013 *Modo de vida en el bosque tropical un acercamiento al uso de la vegetación por cazadores recolectores en el sureste mexicano*. Tesis Maestría, UNAM, México.

2019 *Los grupos precerámicos de las playas lacustres de la cuenca de México: ocupación y transformación del entorno durante el holoceno medio*. Tesis Doctorado UNAM. México

Sánchez G.J.J.

2011 *Diversidad del Maíz y el Teocintle*. Informe preparado para el proyecto: “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Manuscrito

Sánchez Nava, Pedro Francisco,

2019 “El surgimiento de la agricultura en el Valle de Tehuacán, Puebla. Las investigaciones de MacNeish y García Cook”, *Arqueología Mexicana*, núm. 155, pp. 49-55.

Schumann, K. M.

1904 *Maize and Teocinte. Festschrift zur Feier P. Ascherson*, Leipzig: Urban & Graebner. 371 pp.

Solís-Torres, Óscar R. & Acosta Ochoa, Guillermo & Arroyo-Cabrales, Joaquin & Flores-Granados, Fabio & Roberts, Patrick.

2021. Pleistocene-Holocene human palaeoecology in southern Mexico: Stable isotopic evidence from the Santa Marta Cave, Chiapas. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 39. 103131. [10.1016/j.jasrep.2021.103131](https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103131).

Spengler, R.N.

2021 Niche Construction Theory in Archaeology: A Critical Review. *J Archaeol Method Theory* 28, 925–955. <https://doi.org/10.1007/s10816-021-09528-4>

Steward, J. H.

1955 *Theory of Culture Change: The Methodology of Multilinear Evolution*, Urbana, University of Illinois Press.

Sundberg, M.D. and A.R. Orr.

1990 Inflorescence development in two annual teocintes: *Zea mays* subsp. *mexicana* and *Z. mays* subsp. *parviglumis*. *Amer. J. Bot.* 77(2):141-152.

Vavilov, N. I.

1950 The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants, *Chronica Botánica*, Vol. 13 Mass

Vera, Maria Belen

2019 "Uso de los recursos vegetales por grupos humanos precerámicos durante la fase Atlapulco (4,200 a.n.e) en el sitio de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco" INAH, Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Vielle-Calzada, Miguel Vallebuena, Jaime Padilla-Calzada, César Álvarez Mejía,*
Javier Martínez, Angel García Cook y Rafael Montiel

2014 Paleogenómica en la cueva de San Marcos y su contribución al entendimiento del origen del maíz, en *Arqueología #49* (Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología), pags 7-20.

Weatherwax, P.

1935 The phylogeny of *Zea mays*. *Am. Midi. Nat.* 16 :1-71

Worsdell, W. C.

1916 Principles of Plant Teratology. Vol. II. London : *Ray Soc.* 366 pp.

Zizumbo Villarreal, D., & García Marín, P.

2008 El Origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológico-culturales en *Mesoamérica*. *Revista de Geografía Agrícola*, (41), 85-113.