

Informe final* del Proyecto CS002
Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca

Responsable:	M en C. Flavio Aragón Cuevas
Institución:	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur
Dirección:	Manuel Doblado 1010, Centro, C.P. 68000 Oaxaca, Oaxaca, México
Correo electrónico:	faragoncuevas@yahoo.com.mx y aragon.flavio@inifap.gob.mx
Teléfono/Fax:	Tel. y fax: 01 (951) 52 155 02
Fecha de inicio:	Julio 15, 2004
Fecha de término:	Diciembre 6, 2005
Principales resultados:	Hojas de cálculo, Informe final
Participantes	Dr. Suketoshi Taba, Dr. Juan Manuel Hernández Casillas, Dr. Juan de Dios Figueroa Cárdenas, M.C. Victor Serrano Altamirano
Forma de citar** el informe final y otros resultados:	Aragón Cuevas, F. <i>et al.</i> 2006. Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F.
Forma de citar Hoja de cálculo	Aragón Cuevas, F. <i>et al.</i> 2006. Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F.

Resumen:

Se realizará un estudio detallado de la información existente en los bancos de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) sobre los maíces criollos de Oaxaca. Se recopilará la información de pasaporte, razas, distribución y localización de los materiales para obtener una base de datos actualizada de la riqueza genética del maíz. Se elaboraran mapas de distribución real y potencial de las colectas existentes y se coleccionarán muestras de maíz criollo en una zona poco explorada ubicada en la zona del Papaloapan. En las principales razas de maíz se realizará un análisis de calidad industrial.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.



ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LOS MAÍCES CRIOLLOS DE OAXACA. PROYECTO CONABIO CS-002.



**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRICOLAS Y PECUARIAS.
Campo Experimental Valles Centrales.**



Oaxaca, Oaxaca; Agosto 30 de 2005.

**ACTUALIZACION DE LA INFORMACION SOBRE LOS MAICES
CRIOLLOS DE OAXACA.
PROYECTO CONABIO CS-002**

Participantes:

M.C. Flavio Aragón Cuevas
Responsable del Proyecto.

Dr. Suketoshi Taba

Dr. Juan Manuel Hernández Casillas

Dr. Juan de Dios Figueroa Cárdenas

M.C. Victor Serrano Altamirano

La difusión y/o reproducción parcial o total del presente trabajo, por cualquier medio deberá dar crédito a los autores de la investigación y a los organismos que financiaron la misma.

Correspondencia a:
Manuel Doblado 1010, Centro,
C.P. 68000 Oaxaca, Oaxaca, México.
Tel. y fax: 01 (951) 52 155 02
e-mail: faragoncuevas@yahoo.com.mx y aragon.flavio@inifap.gob.mx



M.C. Flavio Aragón Cuevas
Responsable del Proyecto
Campo Experimental Valles Centrales
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias

Dr. Suketoshi Taba
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo



Dr. Juan Manuel Hernández Casillas
Campo Experimental Valle de México
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias

Dr. Juan de Dios Figueroa Cárdenas
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN.
Unidad Querétaro.



M.C. Víctor Serrano Altamirano
Campo Experimental Costa Oaxaqueña
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 El maíz en la época prehispánica en Oaxaca	2
2.2 El teocintle, padre del maíz actual.	2
2.3 Reportes de campo del teocintle.	3
2.4 Estudios de las razas de maíz de Oaxaca.....	3
2.5 ¿Qué es un maíz criollo?	4
2.6 La importancia actual del maíz criollo en Oaxaca.....	5
2.7 La amenaza de los transgénicos.	7
2.8 Clasificación racial del maíz.....	7
2.9 Razas de Maíz en México.....	8
2.9.1 Razas Indígenas Antigüas	11
2.9.2 Razas Exóticas-Precolombinas.....	11
2.9.3 Razas Mestizas-Prehistóricas	11
2.9.4 Razas Modernas Incipientes	11
2.9.5 Razas No Bien Definidas	11
2.10 Marco geográfico de Oaxaca.....	12
2.10.1 Altitud	13
2.10.2 Pendiente.....	14
2.10.3 Precipitación.....	15
2.10.4 Temperatura.....	16
2.10.5 Unidades de Suelo	17
III. JUSTIFICACION	18
IV. OBJETIVOS GENERALES	21
V. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
VI. MATERIALES Y METODOS.....	22

6.1	Área geográfica	22
6.2	Técnicas y Métodos	23
6.2.1	Datos de colecciones históricas.....	23
6.2.2	Datos de colecciones recientes.....	24
6.2.3	Datos de pasaporte.....	24
6.2.4	Características agromorfológicas.....	24
6.2.5	Colecta en Campo.....	25
6.2.6	Elaboración de mapas de distribución real y potencial de las razas de maíz de Oaxaca.....	25
6.2.6.1	Elaboración de los mapas de distribución real.....	25
6.2.6.2	Mapas de distribución potencial de las colectas.....	25
6.2.7	Análisis de calidad industrial	26
6.2.7.1	Características Físicas del Grano.....	27
6.2.7.1.1	Color del grano.....	27
6.2.7.1.2	Dimensión del grano	27
6.2.7.1.3	Determinación de Dureza del Grano.....	27
6.2.7.2	Perfil Amilográfico del Almidón	27
6.2.7.3	Índice de Flotación.....	28
6.2.7.4	Determinación del tiempo de cocción para realizar la prueba de nixtamalización tradicional.....	28
6.2.7.5	Calorimetría Diferencial de Barrido.....	28
6.2.7.6	Elaboración de Tortillas	29
6.2.7.7	Corte.....	29
6.2.7.8	Cocimiento Óhmico	29
6.2.7.9	Capacidad de Absorción de Agua (CAA).....	29
6.2.7.10	Rendimiento de masa.....	29
6.2.7.11	Elaboración de Tortillas	30
6.2.7.12	Pérdida de Peso de la Tortilla Durante el Cocimiento.....	30
6.2.7.13	Rendimiento de Tortilla	30
6.3	Fuentes de Información	30
VII.	RESULTADOS Y DISCUSION	35
7.1	Análisis de los datos de pasaporte de las razas de maíz de Oaxaca	35
7.1.1	Distribución por región y distrito político de las razas de maíz.....	36

7.1.2 Razas de maíz de Oaxaca	37
7.1.3 Color de las razas de maíz.....	40
7.1.4 Distribución de razas por estrato altitudinal.....	41
7.1.5 Razas de maíz manejadas por los grupos indígenas de Oaxaca	42
7.2 Mapas de distribución real y potencial de las razas de maíz de Oaxaca.....	45
7.2.1 Distribución total de las razas de maíz en Oaxaca	45
7.2.2 Arrocillo	45
7.2.3 Bolita	48
7.2.4. Celaya	51
7.2.5 Chalqueño.....	53
7.2.6 Chiquito	56
7.2.7 Comiteco	59
7.2.8 Conejo.....	62
7.2.9 Cónico	64
7.2.10 Elotes Occidentales.....	67
7.2.11 Elotes Cónicos	69
7.2.12 Mixeño.....	71
7.2.13 Mushito.....	74
7.2.14 Nal-Tel.....	77
7.2.15 Nal-Tel de Altura	80
7.2.16 Olotillo	83
7.2.17 Olotón.....	86
7.2.18 Pepitilla.....	89
7.2.19 Serrano	91
7.2.20 Tepecintle.....	94
7.2.21 Tuxpeño	97
7.2.22 Vandeño.....	100
7.2.23 Zapalote Chico	103
7.2.24 Zapalote Grande	106
7.2.25 Colectas varias.....	109
7.3 Base de datos de características agromorfológicas de maíces criollos de Oaxaca.	111
7.4 Base de Datos de la Calidad Industrial de los Maíces Criollos de Oaxaca.	111

7.5 Colecta de la Diversidad de Maíz del Papaloapam y Sierra Norte.	111
VIII. CONCLUSIONES	112
IX. BIBLIOGRAFIA	114

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación de los resultados obtenidos entre el periodo de exploración hasta 1969 y la exploración en 1970 en el estado de Oaxaca, México.....	4
Cuadro 2. Estadísticas de producción del maíz en Oaxaca, México.....	6
Cuadro 3. Estimación de superficie sembrada con maíces criollos en Oaxaca, México.....	6
Cuadro 4. Razas de maíz evaluadas por su calidad industrial para la elaboración de tortillas, harinas, botanas y atoles	32
Cuadro 5. Comparación de resultados de dos periodos de exploración de maíces criollos de Oaxaca, México.	35
Cuadro 6. Número de colectas de maíz por distrito político y por región de Oaxaca.....	38
Cuadro 7. Número de colectas por raza de maíz de Oaxaca, México.	39
Cuadro 8. Color de grano de las razas de maíz de Oaxaca, México.	40
Cuadro 9. Distribución de razas de maíz según diferentes estratos altitudinales en Oaxaca, México.	41
Cuadro 10. Número de colectas y razas de maíz manejadas por los grupos indígenas de Oaxaca, México.	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relaciones raciales del maíz de México. Las razas dentro de las celdas marcadas por líneas continuas son razas cercanas. Las razas marcadas por líneas discontinuas se asume que tienen una relación más cercana una con respecto de la otra y difieren de las demás.	9
Figura 2. División Distrital del Estado de Oaxaca.....	12
Figura 3. Altitudes sobre el nivel del mar en el estado de Oaxaca.....	13
Figura 4. Pendientes del estado de Oaxaca.....	14
Figura 5. Precipitación (mm.) en Oaxaca.	15
Figura 6. Temperatura en Oaxaca	16
Figura 7. Unidades de suelo según la FAO en el estado de Oaxaca.	17
Figura 8. Localización de 30 distritos políticos del estado de Oaxaca	22
Figura 9. Localización de los sitios de muestreo de las colectas históricas (1943-1982) y recientes (1997-2005) de maíz en Oaxaca, México.....	36
Figura 10. Distribución de las razas de maíz en Oaxaca, México	46
Figura 11. Distribución de la raza de maíz Arrocillo en Oaxaca, México.....	47
Figura 12. Distribución de la raza de maíz Bolita en Oaxaca, México.....	49
Figura 13. Área de distribución potencial de la raza de maíz Bolita en Oaxaca, México	50
Figura 14. Distribución de la raza de maíz Celaya en Oaxaca, México	52
Figura 15. Distribución de la raza de maíz Chalqueño en Oaxaca, México	54
Figura 16. Área de distribución potencial de la raza de maíz Chalqueño en Oaxaca, México.....	55
Figura 17. Distribución de la raza de maíz Chiquito en Oaxaca, México	57
Figura 18. Área de distribución potencial de la raza de maíz Chiquito en Oaxaca, México	58
Figura 19. Distribución de la raza de maíz Comiteco en Oaxaca, México	60
Figura 20. Área de distribución potencial de la raza de maíz Comiteco en Oaxaca, México.....	61

Figura 21. Distribución de la raza de maíz Conejo en Oaxaca, México	63
Figura 22. Distribución de la raza de maíz Cónico en Oaxaca, México	65
Figura 23. Área de distribución potencial de la raza de maíz Cónico en Oaxaca, México	66
Figura 24. Distribución de la raza de maíz Elotes Occidentales en Oaxaca, México	68
Figura 25. Distribución de la raza de maíz Elotes Cónicos en Oaxaca, México.....	70
Figura 26. Distribución de la raza de maíz Mixeño en Oaxaca, México	72
Figura 27. Área de distribución potencial de la raza de maíz Mixeño en Oaxaca, México	73
Figura 28. Distribución de la raza de maíz Mushito en Oaxaca, México	75
Figura 29. Área de distribución potencial de la raza de maíz Mushito en Oaxaca, México	76
Figura 30. Distribución de la raza de maíz Nal-Tel en Oaxaca, México	78
Figura 31. Área de distribución potencial de la raza de maíz Nal-Tel en Oaxaca, México	79
Figura 32. Distribución de la raza de maíz Nal-Tel de Altura en Oaxaca, México.....	81
Figura 33. Área de distribución potencial de la raza de maíz Nal-Tel de Altura en Oaxaca, México	82
Figura 34. Distribución de la raza de maíz Olotillo en Oaxaca, México.....	84
Figura 35. Área de distribución potencial de la raza de maíz Olotillo en Oaxaca, México	85
Figura 36. Distribución de la raza de maíz Olotón en Oaxaca, México	87
Figura 37. Área de distribución potencial de la raza de maíz Olotón en Oaxaca, México	88
Figura 38. Distribución de la raza de maíz Pepitilla en Oaxaca, México	90
Figura 39. Distribución de la raza de maíz Serrano en Oaxaca, México.....	92
Figura 40. Área de distribución potencial de la raza de maíz Serrano en Oaxaca, México	93
Figura 41. Distribución de la raza de maíz Tepecintle en Oaxaca, México	95

Figura 42. Área de distribución potencial de la raza de maíz Tepecintle en Oaxaca, México.....	96
Figura 43. Distribución de la raza de maíz Tuxpeño en Oaxaca, México.....	98
Figura 44. Área de distribución potencial de la raza de maíz Tuxpeño en Oaxaca, México	99
Figura 45. Distribución de la raza de maíz Vandeño en Oaxaca, México	101
Figura 46. Área de distribución potencial de la raza de maíz Vandeño en Oaxaca, México.....	102
Figura 47. Distribución de la raza de maíz Zapalote Chico en Oaxaca, México.....	104
Figura 48. Área de distribución potencial de la raza de maíz Zapalote Chico en Oaxaca, México.....	105
Figura 49. Distribución de la raza de maíz Zapalote Grande en Oaxaca, México.....	107
Figura 50. Área de distribución potencial de la raza de maíz Zapalote Grande en Oaxaca, México	108
Figura 51. Distribución de razas con poca representatividad de colectas en Oaxaca, México.....	110

RESUMEN

Oaxaca es centro de origen y domesticación del maíz, así lo demuestran los restos arqueológicos encontrados en diferentes lugares, las poblaciones vivas de teocintle existentes en la actualidad, y la alta diversidad de materiales criollos. Los grupos indígenas y mestizos del estado siguen basando su alimentación en el consumo del maíz. Dada la importancia de esta especie desde el punto de vista genético, biológico, económico, social y cultural, se desarrolló el presente proyecto con la finalidad de documentar toda la información existente sobre las colectas de maíz en Oaxaca. Se realizó un estudio detallado de la información resguardada en los Bancos de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) sobre los maíces criollos de Oaxaca. Se recopiló la información de pasaporte, razas, distribución y localización de los materiales para obtener una base de datos actualizada de la riqueza genética del maíz. Se elaboraron mapas de distribución real y potencial de las colectas existentes y se colectaron muestras de maíz criollo en una zona poco explorada ubicada en la zona del Papaloapan. En las principales razas de maíz se realizó un análisis de calidad industrial. Como parte de los resultados obtenidos de la búsqueda de información de colecta desde 1943 al 2005, se encontró que en Oaxaca existen 1818 ejemplares de maíz criollo conservadas ex situ en los Bancos de Germoplasma de INIFAP y CIMMYT. Se encontraron 35 razas de maíz en Oaxaca, lo cual representa el 70 % de la diversidad existente en México. Las razas encontradas son: Ancho, Arrocillo, Bolita, Celaya, Chalqueño, Chiquito, Comiteco, Conejo, Cónico, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Mixeño, Mixteco, Mushito, Nal-Tel, Nal-Tel de Altura, Negro de Tierra Fría, Negro Mixteco, Olotillo, Olotón, Olotón Imbricado, Palomero Toluqueño, Pepitilla, Serrano, Serrano de Oaxaca, Serrano Mixe, Tabloncillo, Tehua, Tepecintle, Tuxpeño, Vandefío, Zamorano, Zapalote Chico y Zapalote Grande. Se dispone de información sobre la distribución de cada una de las colectas según el estrato altitudinal: para el trópico (0 a 1000 m.) se tiene 521 colectas, 581 para zonas de bajío o subtrópico (1001 a 1800 m.), 203 para las zonas de transición (1801-2000 m.), 452 para Valles Altos (2001-2500), y 61 colectas para Valles muy Altos (mayor de 2500 m.). Una alta diversidad en colores de grano se encuentran en las colectas de Oaxaca, predominando el color blanco con 62.9 % de las muestras, le sigue el amarillo con 20.1 %, el azul con 7.0 %, después el negro con 3.4 %, el naranja con 2.0 % y finalmente el rojo con 1.4 %. Existe un 2.75 % de las colectas que no tienen reporte del color del grano. En las exploraciones de colecta realizadas hasta la fecha se han muestreado a 13 grupos indígenas: Amuzgos (9 colectas), Chatinos (91), Chinantecos (65), Chocholtecos, Cuicatecos (67), Huaves (6), Mazatecos (102), Mestizos (439), Mixes (139), Mixtecos (341), Nahuatl (18), Negros de la Costa (7), Triques (37) y Zapotecos (445). Con la información de Latitud y Longitud se elaboraron 35 mapas de distribución real de las razas de maíz criollo de Oaxaca; así mismo se elaboraron 17 mapas de distribución potencial de las razas que tenían más de cinco muestras de raza pura con localización diferente. Respecto a los resultados de la colecta en un área poco explorada de la región del Papaloapan, se obtuvieron 191 muestras de maíz,

pertenecientes a las razas Tepecintle, Olotillo, Tuxpeño, Zapalote Grande, Vandefío, Olotón, Comiteco, Pepitilla, Cónico y Serrano. Esta información es muy útil para tener una visión mejor de la distribución de las razas de maíz en Oaxaca. Por otro lado, se elaboró la base de datos que contienen las características agromorfológicas de las colectas de maíz de Oaxaca. Aquellas colectas que no tienen identificación racial será necesario sembrarlas para su identificación. Falta estudiar 116 colectas para conocer sus características agromorfológicas. Existe gran variación en características de los materiales. Se tienen ejemplares desde un poco más de un metro de altura hasta aquellos de 4 m. de alto, ciclos de 41 días a floración hasta 150 días, mazorcas de 10 cm. Hasta de 25 cm. De largo. Hay alta variación en tamaño del grano, textura, dureza, etc. Todas las características de las razas de maíz se tienen reportadas en la base de datos creada por el proyecto. El análisis de calidad industrial de 91 colectas, con 27 razas estudiadas, arrojó resultados interesantes. Se encontró mucha variabilidad de la calidad en los materiales de Oaxaca lo que permite seleccionar materiales apropiados para diferentes usos. El peso de mil granos varió de 130 a 540 g y su dureza de grano de 7.6 a 16.7 Kg-f, lo que permite aprovechar el grano para elaborar productos como atoles (baja dureza), tortillas por el proceso tradicional de nixtamalización (dureza baja a intermedia), harinas instantáneas de maíz para elaborar tortillas y botanas (alta dureza). De las 91 muestras analizadas, la mayoría presentaron granos suaves con índices de flotación mayor de 40. También es importante indicar que se detectaron maíces con alto contenido de germen (mayor de 12%). Se puede mencionar que la colecta SS-605 (raza Mushito, de grano color blanco) presentó 19.6% de germen y 77.63% de endospermo. La muestra 41XV-233 (Raza Pepitilla, color blanco) y la SS-635 (raza Maizón, de color blanco) presentaron altos contenidos de germen, con 15.04% y 15.43%, respectivamente, lo que las hace apropiadas para emplearse con ventajas para alimentos balanceados o para alimentar animales de traspatio por el ahorro en aceite que pueden tener estos tipos de maíces en las dietas. Es importante efectuar los análisis proximales en estos materiales para confirmar si tienen alto contenido de aceite y de ser posible registrar este material con propiedades especiales para la industria de extracción de aceite. Por otra parte, varios maíces azules y pintos presentaron textura suave, y fueron los que mostraron las mejores calificaciones en la elaboración de tortillas (SS-275, SS-200 y SS-264).

Palabras clave: maíz, maíz criollo, Zea mays, poaceae, Oaxaca.

I. INTRODUCCION

El maíz es el cultivo más importante para los Oaxaqueños. Desde tiempos inmemoriales ha formado parte de la cultura y es base esencial de la alimentación de los diferentes grupos indígenas del estado. El maíz, junto con el frijol y la calabaza aportan alrededor del 75 % de la ingesta de calorías de los campesinos.

Oaxaca posee una alta variación genética en el cultivo del maíz por la situación geográfica en la que se ubica, alta variación climática, topografía variada, diferentes tipos de suelos, facilidad de entrecruzamiento de ésta especie y principalmente al gran número de grupos étnicos que han formado diferentes variedades criollas mediante selección a través de miles de años. Actualmente, la mayoría de los agricultores siguen basando su producción en la utilización de variedades locales y siguen aplicando técnicas tradicionales de cultivo. El 90 % de la superficie sembrada con maíz se realiza con variedades criollas seleccionadas por los propios productores (Aragón et. al., 2004), 7 % con variedades mejoradas de polinización libre y 3 % con híbridos.

El maíz se siembra desde el nivel del mar hasta los 2800 metros, en diferentes condiciones climáticas, edáficas y bajo diferentes sistemas de producción que maximizan al máximo el eje tiempo-espacio. Algunos de los sistemas de producción más comunes son: Roza-Tumba-Quema, roturación con maquinaria, roturación animal y roturación manual. Las asociaciones, intercalaciones, imbricaciones y sucesión de cultivos son frecuentes en el estado, aunque predomina la superficie sembrada con maíz solo. Las asociaciones más comunes son: Maíz-frijol, maíz-higuerilla, maíz-ajonjolí, maíz-cacahuate, maíz-limón, maíz-coco, maíz-chile, maíz-calabaza, maíz-camote, etc. También son frecuentes los complejos de varios cultivos dentro de la misma parcela.

Los ciclos de cultivo del maíz criollo de Oaxaca son muy variados: Se pueden encontrar variedades criollas con un ciclo de tres meses en la región de la Costa e Istmo de Tehuantepec (razas conejo y zapalote chico) y materiales hasta de nueve meses a la cosecha en la región Mixteca (Chalqueños), Sierra Norte (Olotón, Comiteco) y Sierra Sur (Mushito, Arrocillo, Cónico). La variedad de colores de grano que se pueden encontrar es amplia: Blancos, amarillos, azules, rojos, guindas, pintos, naranjas, etc. Así mismo, el uso del maíz en las diferentes regiones del estado son muy variados: Uso alimenticio (Tamales, tortillas, totopos, tlayudas, elotes, bebidas embriagantes y refrescantes), uso forrajero, uso medicinal, adivinatorio, artesanal y para la construcción.

Existe en Oaxaca una basta cultura en el manejo y uso de las variedades criollas de maíz que la hacen un sitio interesante para impulsar la conservación de la riqueza genética existente y buscar estrategias para elevar la producción de los materiales locales, y de esta manera lograr la autosuficiencia alimentaria de maíz a nivel estatal.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 El maíz en la época prehispánica en Oaxaca

Desde tiempos prehispánicos el cultivo del maíz fue de gran importancia para el sostenimiento y desarrollo de las culturas indígenas existentes; así lo demuestran restos de plantas carbonizadas y mazorcas representadas en figuras de barro (Flannery et al, 1967; Dunn, 1975). El maíz en Oaxaca se cultiva desde la época de las aldeas (1300 a 1600 a.C.) hasta nuestros días. Flannery (1970) encontró la presencia de *Zea* en el sitio abierto de Geo Shih, cerca de Mitla, lo que indica su cultivo alrededor de 5000 años a.C. Se han encontrado restos de maíz en la época de los centros urbanos (600 a.C. – 700 d.C.) (Ford, 1976; Houston, 1978; Lees, 1973) y en la época de los señoríos (700-1521 d.C.) (Flannery, 1970; Houston, 1978; Smith, 1969 y 1976).

En la Cueva de Guilá Naquitz, ubicada en las cercanías de Mitla, se encontraron restos de pequeñas mazorcas de maíz y posibles híbridos de maíz x teocintle con una antigüedad de 700 a 500 a.C. (Flannery, 1986). Las últimas investigaciones sobre la edad de estas muestras indican que son más antiguas que las encontradas en las cuevas de Coxcatlán, en Tehuacan, Puebla.

Los diferentes grupos étnicos del estado realizaron diferentes representaciones de dioses y figurillas de barro con el símbolo del maíz. La Diosa Zapoteca del Maíz, Centeocihuatl, encontrada en una urna funeraria, tiene un penacho ornamentado con mazorcas de maíz del tipo dentado, con tamaño, forma, número de hileras y tipos de grano semejantes a la raza primitiva Nal-Tel, que actualmente se encuentra en algunas regiones de Oaxaca. Otro ejemplo de representación del maíz es una urna de barro de la etapa de los centros urbanos (600 a.C.-700 d.C.) procedentes de la Sierra Juárez (Santa Ana Yareni, Ixtlán) (Dunn, 1970).

2.2 El teocintle, padre del maíz actual.

El maíz tiene el más controvertido origen, y actualmente existen diferentes opiniones sobre su posible antecesor; sin embargo, la mayoría de los genetistas están de acuerdo que el maíz se deriva del teocintle, por su gran parentesco cromosómico, de planta y su facilidad de entrecruzamiento, obteniéndose híbridos fértiles. Además, esta planta se distribuye en gran parte del territorio Nacional y constantemente están fluyendo genes de un individuo a otro, en aquellos lugares donde conviven juntos, como una población simpátrica. Sin embargo, Mary W. Eubanks (2001), sostiene la teoría de que el maíz procede de una cruce entre *Tripsacum* y teocintle.

Las evidencias arqueológicas parecen indicar que el teocintle en Oaxaca fue una especie de recolección por su importancia en la dieta prehispánica. Se han encontrado restos de esta especie en excavaciones realizadas en la Fábrica de San José, ETLA (Ford, 1976); Tierra Largas, Centro (Smith, 1969) y Santo Domingo

Tomaltepec, Centro (Lees, 1970). Todas las muestras corresponden a la etapa de las aldeas (1300 – 600 a. C.).

En la Cueva de Guilá Naquitz, ubicada al norte de Mitla, aparecen granos de polen fechados en 700 a 500 a. C. (Flannery y Schoenwelter, 1970). Así mismo, se han encontrado semillas carbonizadas de teocintle en depósitos de 1300 a.C. en Yuquita, perteneciente al distrito de Nochixtlán, ubicado en la Mixteca Alta de Oaxaca (Smith, 1976; Houston, 1978). Tal vez esta especie era cultivada o recolectada y consumida a pesar de la probable existencia de variedades de maíz ya domesticadas.

En ninguna de las zonas reportadas anteriormente con hallazgos arqueológicos de teocintle, ya no tienen en la actualidad poblaciones vivas. Las causas de su desaparición fueron diversas, entre las más probables están: Sequías, deforestación, sobrepastoreo, cambio de uso del suelo y recolección excesiva.

El teocintle como ancestro del maíz pudo ser utilizado en su estado silvestre como fuente de alimentación humana y animal entre los primeros pobladores. Se necesitaron miles de años de selección para obtener las mazorcas que actualmente conocemos. De este proceso de selección empírica del maíz a través de miles de generaciones se lograron formar los actuales criollos de maíz que existen en México y en Oaxaca.

2.3 Reportes de campo del teocintle.

Otra evidencia de que Oaxaca es Centro de origen del maíz son las poblaciones vivas y las muestras de herbario de teocintle reportadas por varios investigadores. Actualmente se tienen reportadas cinco poblaciones: 1) La reportada en el siglo pasado por el Botánico Danez Fredich Liebmann en las cercanías de San Agustín Loxicha (Wilkes, 1967); La población viva ubicada en San Cristóbal Honduras, San Jerónimo Coatlán, Miahuatlán (Aragón, 1985 y 1996); 3) El reporte de Lipp (1986) de que el teocintle es interplantado con maíz o sembrado separadamente para consumo en la región Mixe; y 4) una población reportada por Wilkes (1985) al suroeste de la Ciudad de Oaxaca, de la que no se tiene idea de la localización precisa.

2.4 Estudios de las razas de maíz de Oaxaca.

Los primeros estudios de las razas de maíz en Oaxaca los realizó la Oficina de Estudios Especiales durante 1943; posteriormente el Dr. Efraín Hernández Xolocotzi en 1969 y 1970; En 1985, el Dr. Rafael Ortega Paczka realizó colectas en la región de la Costa; Flavio Aragón-Cuevas colectó 60 muestras en la región de los Valles Centrales en el año 1986; durante 1988, Paczka y colaboradores obtuvieron 153 muestras de varias regiones del estado (Paczka et al , 1988); las colectas de la Mixteca, Valles Centrales e Istmo de Tehuantepec realizadas por el

Dr. Abel Muñoz en diferentes años (Muños, 2003); un muestrario obtenido por la Escuela Secundaria de Trabajadores de la Educación Indígena de Oaxaca; las colectas realizadas por el Dr. Bruce Benz en diferentes partes del estado, y finalmente, un amplio muestreo de las razas de maíz por parte del M.C. Flavio Aragón-Cuevas en el periodo comprendido de 1997 al 2002. De estas últimas colectas se tienen en el INIFAP 252 muestras de los Valles Centrales de Oaxaca, 100 colectas de la Costa; 87 de la región del Istmo de Tehuantepec; 238 muestras de la zona Mazateca, Cuicateca y Mixe; 100 colectas de la Sierra Norte y 339 colectas de la Sierra Sur.

En una exploración etnobotánica realizada por Hernández (1987) en el año 1970, encontró que hasta 1969 existían 220 colectas de maíz de Oaxaca, y a estas se sumaron las 199 realizadas por el autor en varias regiones del estado (Cuadro 1). Del total de las muestras estudiadas hallaron 16 razas de maíz, procedentes de 10 grupos lingüísticos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de los resultados obtenidos entre el periodo de exploración hasta 1969 y la exploración en 1970 en el estado de Oaxaca, México.

Concepto	Hasta 1969	1970
Grupos lingüísticos muestreados	7	10
Colectas de maíz obtenidas	220	199
Razas de maíz representadas	11	16
Representación racial por pisos ecológicos		
a) Arriba de 2000 m.	3	3
b) Entre 1500 y 2000 m.	3	3
c) Debajo de 1500 m.	5	8
Razas con tipos culinarios específicos	0	8

Fuente: Hernández (1987)

2.5 ¿Qué es un maíz criollo?

Maíz “criollo” es un término campesino que comúnmente se utiliza para denotar que es un material nativo de la comunidad, región, estado o país y que se diferencia de un material extranjero, un maíz híbrido o una variedad mejorada. Está conformado por una población heterogénea de plantas, las cuales son diferenciadas por los agricultores por su color, textura, forma del grano, forma de la mazorca, ciclo de cultivo y uso. Son materiales que han sido formados por los

agricultores durante muchos años, mediante una selección empírica, y lo conservan y manejan año tras año en un complejo sistema de intercambio de semillas y genes. También puede considerarse como maíz criollo (“criollo hibridado” o “criollo mejorado”) a la población de plantas resultante de un cruzamiento natural o artificial (cruzamiento realizado por agricultores, por mejoradores o por ambos) con un material mejorado, siempre y cuando la población tenga un 75 % de la constitución genética del material criollo original y solo el 25 % del material mejorado.

2.6 La importancia actual del maíz criollo en Oaxaca.

El maíz constituye el alimento básico de los Oaxaqueños, la mayoría de las familias destinan su producción para el autoconsumo y en muy pequeña escala comercializan grano y productos transformados para el mercado local. Los resultados del Censo de 1991 indica que 208,500 unidades de producción rural destinaron su producción para el autoconsumo, esto representa el 60.9 % del total de unidades con superficie agrícola (INEGI, 1997). Los distritos con una tendencia generalizada al autoconsumo de maíz son: Mixteca, Valles Centrales, Sierra Sur y Cañada; en tanto la región del Papaloapan, Costa e Istmo, con mejores rendimientos de grano, tienden a vender al mercado una proporción de su producción.

En el año 2000, según datos de la SAGARPA (2001), se sembraron en Oaxaca 595,230 hectáreas, con una producción de 817,497 toneladas, un rendimiento medio de 1.48, y con un valor de la producción de 1,657 896 800 pesos. En 281, 326 unidades de producción rurales de Oaxaca se cultiva el maíz y genera una ocupación de mano de obra de 9,938,566 jornales cada año (INEGI, 1997).

El cultivo del maíz en Oaxaca se realiza fundamentalmente bajo condiciones de temporal, el 91.6 % de la superficie (545,544 ha) está expuesta a lo aleatorio de las lluvias durante el ciclo de cultivo; solamente 49, 913 ha se cultivan en condiciones de riego (Cuadro 2).

Una estimación de la superficie sembrada con criollos se anota en el Cuadro 3. Se puede observar que en la mayoría de las regiones del estado predominan las razas de maíz criollo. Las razas más abundantes son Bolita, Zapalote Chico, Cónico, Olotón y Mushito.

Cuadro 2. Estadísticas de producción del maíz en Oaxaca, México.

Región	Ciclo	Superficie sembrada (ha)			Producción grano (ton)			Valor de la producción (x1000 pesos)		
		Total	Riego	Temporal	Total	Riego	Temporal	Total	Riego	Tempo ral
Mixteca	O-I	5,586	5,586	0	16,758	16,758	0	33,516	33,516	0
	P-V	104,276	5,721	98,555	149,113	20,197	128,916	298,226	40,394	257,832
Valles Centrales	O-I	8,100	8,100	0	23,490	23,490	0	65,772	65,772	0
	P-V	134,690	8,500	126,190	135,613	24,650	110,963	339,033	61,625	277,408
Costa	O-I	7,000	4,000	3,000	21,500	14,000	7,500	43,000	28,000	15,000
	P-V	83,492	0	83,492	97,797	0	97,797	205,374	0	205,374
Istmo	O-I	27,914	9,301	18,613	47,082	15,742	31,340	94,164	31,484	62,680
	P-V	96,363	6,535	89,828	109,183	11,082	98,101	240,202	24,380	215,822
Sierra Juárez	O-I	2,672	390	2,282	3,637	974	2,663	10,911	2,922	7,989
	P-V	18,605	600	18,005	19,851	1,500	18,351	43,822	3,450	40,372
Cañada	O-I	4,950	695	4,255	9,467	2,446	7,021	18,934	4,892	14,042
	P-V	31,725	485	31,240	39,665	1,552	38,113	91,230	3,570	87,660
Tuxtepec	O-I	25,305	0	25,305	56,217	0	56,217	84,326	0	84,326
	P-V	44,779	0	44,779	75,524	0	75,524	113,286	0	113,286

Nota: O-I= Otoño-Invierno, P-V= Primavera-Verano.

Fuente: INEGI, 2002. Anuario Estadístico. Oaxaca. Tomo II

Cuadro 3. Estimación de superficie sembrada con maíces criollos en Oaxaca, México.

Región	Razas cultivadas	Superficie estimada cultivada con criollos (ha)
Mixteca	Chalqueño, Cónico	104,000
Valles Centrales	Bolita, Tepecintle, Pepitilla, Tabloncillo	120,000
Costa	Tuxpeño, Olotillo, Conejito, Tepecintle	80,000
Istmo de Tehuantepec	Zapalote chico, Zapalote Grande, Tuxpeño	100,000
Sierra Juárez	Olotón, Cónico, Chalqueño, Bolita, Tuxpeño, Comitico, Serrano Mixe	17,000
Cañada	Comitico, Olotón, Tepecintle, Chalqueño	31,000
Tuxtepec	Tuxpeño, Tepecintle, Nal-tel, Olotillo	30,000

Fuente: Aragón et al., 2004.

El consumo per cápita de maíz en Oaxaca es de 200 kilogramos anualmente, por lo tanto, es importante incrementar la producción de grano para satisfacer la demanda de una población en constante aumento.

Oaxaca es deficitario en la producción de maíz, por lo que año tras año se importan en promedio 150,000 toneladas para abastecer la demanda interna. Este

déficit se debe a los bajos rendimientos en las diferentes regiones del estado. Las causas del bajo rendimiento de grano son múltiples: 1) Una producción que está sujeta a las condiciones de temporal de cada año, por lo que ocurren frecuentemente siniestros por sequía; 2) falta de asistencia técnica; 3) bajo uso de insumos por la escasa disponibilidad de crédito y poca divulgación de la tecnología; 4) nula organización para la producción y la comercialización; 5) escaso apoyo con créditos; 6) altas tasas de interés y 7) falta de estímulos para la producción, entre otras causas.

2.7 La amenaza de los transgénicos.

A raíz de la noticia de que los maíces criollos de Oaxaca estaban “contaminados” con materiales transgénicos (Quist and Chapela, 2001; Dalton, 2001), se suscitó una interesante polémica a nivel Estatal, Nacional e Internacional que a la fecha aun no arroja resultados concretos para delinear y tomar acciones de política o programas de gobierno que se vean reflejados en los campos de los agricultores.

Los materiales transgénicos representan una amenaza más para los criollos. Los materiales locales siempre han estado amenazados por diferentes factores: Políticas gubernamentales, bajos precios, Migración, pérdida de la cultura, altos costos de producción, sequías, nuevas variedades, sustitución de cultivos por otros más rentables, etc.; sin embargo, aún persisten.

Afortunadamente, un estudio reciente indica que en 18 localidades de la Sierra Norte de Oaxaca, no se encontraron transgenes detectables en los maíces criollos en una evaluación realizada durante el año 2003 y 2004 (Ortiz et al., 2005). Esa es una buena noticia para los que estamos preocupados en la conservación de los materiales locales.

2.8 Clasificación racial del maíz.

La primera clasificación del maíz la realizó Sturtevant en 1899, basándose en la composición del endospermo. Este sistema se utilizó por 40 años, hasta que Kuleshov (1933) clasificó al maíz con base al tipo de endospermo en los siguientes grupos: Maíz dentado, maíz cristalino, maíz dulce, maíz harinoso, maíz reventador o palomero, maíz ceroso y maíz tunicado. Sin embargo, Anderson y Cutler (1942), señalaron que esta clasificación era satisfactoria para el tipo de grano, pero no así para las diferencias que existen en otras características a nivel morfológico o poligénico, como son los caracteres de la espiga, la mazorca y los granos. Por lo anterior, ellos propusieron una clasificación basada en la constitución genética total. Ellos hicieron una clasificación de los maíces criollos de México, Centro y Sudamérica, y parte de los Estados Unidos. En ese mismo periodo otros investigadores describieron las variaciones citológicas del maíz y su relación con la diversidad regional y de variedad. (Longley, 1941; Mangelsdorf y Cameron, 1942; Brown, 1949).

Uno de los estudios clásicos de la diversidad del maíz en México fue el realizado por Wellhausen et al. (1951, 1957), donde reportaron el origen, las características y la distribución de las razas de maíz. Ellos estudiaron alrededor de 2000 variedades colectadas en todo el territorio nacional, tomando en cuenta las siguientes características:

1. Distribución geográfica,
2. caracteres vegetativos de la planta,
3. caracteres de la espiga,
4. caracteres de la mazorca y
5. los caracteres fisiológicos, genéticos y citológicos.

2.9 Razas de Maíz en México

En el continente americano se han reportado 220 razas de maíz (Goodman y Brown, 1988), de las cuales 50 se encuentran en México y son sembradas en una gran variedad de regiones agroecológicas que van desde el nivel del mar hasta los 3000 metros de altitud (Hernández, 1999). La mayoría de las razas de maíz reconocidas en México (Wellhausen et al., 1951) pueden ser clasificadas en grupos raciales bien definidos.

En la Figura 1 se muestra las relaciones entre las diferentes razas, donde se observa que el Maíz Dulce pareciera no tener relación con ninguna de las otras razas (Goodman y Brown, 1988).

El primer grupo de razas de maíz que incluye al Chapalote, reventador, harinoso de Ocho, Tabloncillo y Olotillo se caracterizan por tener mazorcas angostas, con poco número de hileras, y son típicas del noroeste de México.

En el segundo grupo la característica distintiva es la forma cónica de la mazorca y con granos puntiagudos. El tipo de endospermo varía de harinoso a reventador, se encuentran principalmente en los Valles Altos como el Valle de México, regiones de Puebla y pachuca.

El tercer grupo de razas tienen diferentes características morfológicas, como las de mazorca larga (Jala, Olotón) o razas de mazorcas pequeñas (Zapalote Chico, Bolita, Nal-Tel). En este grupo se incluye una amplia gama de razas dentadas como Tuxpeño, Vandeño y Celaya

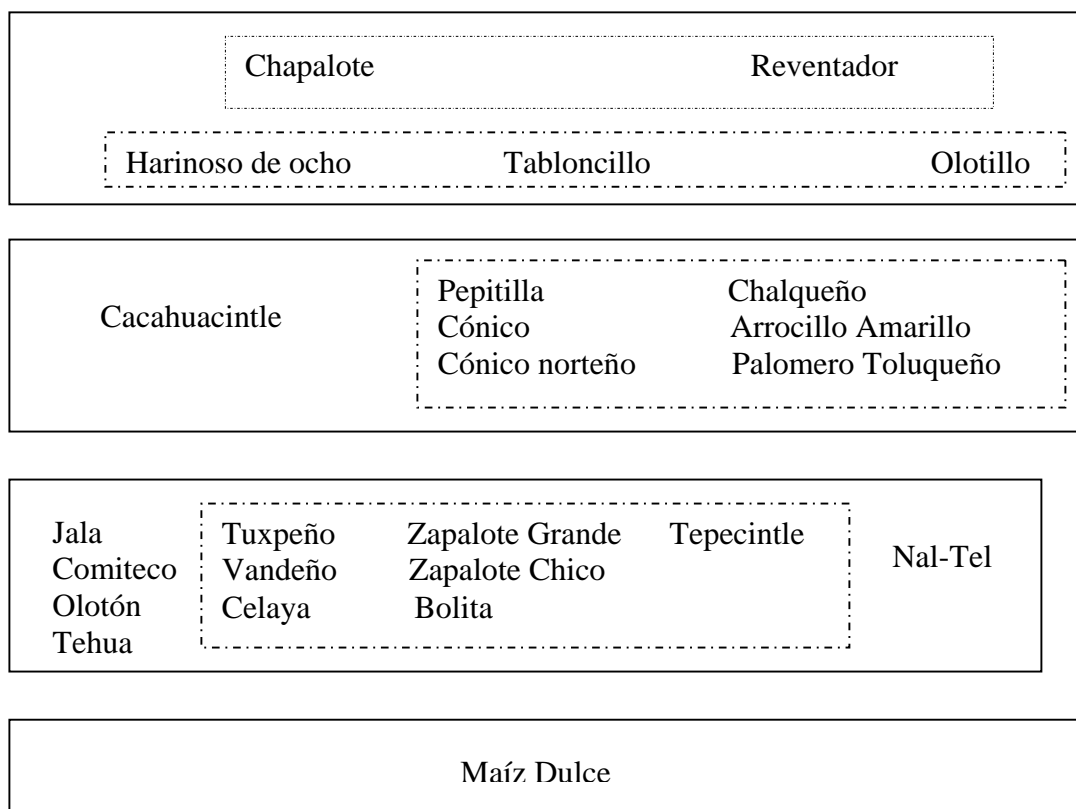


Figura 1. Relaciones raciales del maíz de México. Las razas dentro de las celdas marcadas por líneas continuas son razas cercanas. Las razas marcadas por líneas discontinuas se asume que tienen una relación más cercana una con respecto de la otra y difieren de las demás.

Wellhausen y colaboradores (1951) propusieron cinco grupos raciales para las colectas de maíz de México, determinados en función de la evaluación y caracterización morfológica, y cultural:

a) Razas Indígenas Antigüas.

Palomero Toluqueño
 Arrocillo Amarillo
 Chapalote
 Nal-Tel

b) Razas Exóticas Precolombinas

Cacahuacintle
 Harinoso de Ocho
 Sub-raza Elotes Occidentales
 Olotón
 Maíz Dulce

c) Razas Mestizas-Prehistóricas

Cónico
Reventador
Tabloncillo
Tehua
Tepecintle
Comiteco
Jala
Zapalote Chico
Zapalote Grande
Pepitilla
Olotillo
Sub-raza Dzit-Bacal
Tuxpeño
Vandeño

d) Razas Modernas Incipientes

Chalqueño
Celaya
Cónico Norteño
Bolita

e) Razas no bien definidas

Conejo
Mushito
Complejo Serrano de Jalisco
Zamorano Amarillo
Blando de Sonora
Onaveño
Dulcillo del Noroeste

La mayoría de los nombres asignados a las razas fueron aquellos con los que eran conocidos en su lugar de colecta. Algunos de estos nombres son indígenas y otros españoles, algunos son descriptivos y otros son nombres de lugares. Con algunas excepciones, los nombres fueron asignados por los pobladores que cultivaban el material, solo en algunos casos a las razas se le asignó un nombre descriptivo en español, para hacerlo más comprensible.

2.9.1 Razas Indígenas Antigüas

Se cree que estas razas se originaron del ancestro del maíz, y difieren entre ellas por su desarrollo independiente en diferentes localidades y medios ecológicos. Las razas de este grupo: Arrocillo Amarillo, Chapalote, Palomero Toluqueño y Nal-Tel, tienen en común las siguientes características: Endospermo tipo maíz palomero, mazorcas pequeñas y son reventadoras.

2.9.2 Razas Exóticas-Precolombinas.

Estas razas fueron introducidas a México en épocas precolombinas de Centro y Sudamérica. Las razas de este grupo son: Cacahuacintle, Harinoso de Ocho, Olotón y Maíz Dulce. Se caracterizan por tener granos largos, grano harinoso de color blanco y suave, excepto para algunos genotipos de maíz dulce.

2.9.3 Razas Mestizas-Prehistóricas

Se cree que estas razas son producto del cruzamiento de las razas Indígenas-Antiguas y las Exóticas Precolombinas con la introgresión de teocintle. Son Prehistóricas porque no se tiene evidencia histórica de su origen. Componen este grupo trece razas: Cónico, Reventador, Tabloncillo, Tehua, Tepecintle, Comiteco, Jala, Zapalote Chico, Zapalote Grande, Pepitilla, Olotillo, Tuxpeño y Vandefío.

2.9.4 Razas Modernas Incipientes

Estas razas se han desarrollado desde la época de la conquista y aun no han alcanzado condiciones de uniformidad racial. Este grupo está conformado por cinco razas: Bolita, Chalqueño, Celaya, Cónico Norteño y Tablita.

2.9.5 Razas No Bien Definidas

Estas razas son de reciente colecta y no se ha realizado una caracterización adecuada para clasificarlas. Componen este grupo 11 razas: Conejo, Mushito, Complejo Serrano de Jalisco, Zamorano Amarillo, Maíz Blando de Sonora, Onaveño, Dulcillo del Noroeste, Cristalino de Chihuahua, Blando de Sonora, Elotero de Sinaloa y Azul.

Otros investigadores como Hernández y Alanís (1970), Ortega (1985) y Sánchez-González (1989), entre otros, han descrito y caracterizado nuevas razas de maíz. Algunas de estas razas son: Azul, Apachito, Tuxpeño Norteño, Bofo, Onaveño, y Coscomatepec. Ortega y Barajas (1994), describieron a las razas San Juan y Carmen.

2.10 Marco geográfico de Oaxaca

El estado de Oaxaca posee una amplia diversidad climática, edáfica y de vegetación, lo que aunado a una amplia diversidad cultural (existen 16 grupos indígenas) le confieren características especiales para la existencia de una gran riqueza genética.

El estado es considerado centro de origen de numerosas especies como: Maíz, frijol, calabaza, chile, amaranto, etc., cultivos que actualmente juegan un papel importante en la alimentación de la población rural y urbana.

Oaxaca se divide en ocho regiones: La Costa, Istmo, Papaloapam, Sierra Sur, Sierra Norte, Mixteca, Cañada y Valles Centrales. Cada región es dividida en distritos políticos, los cuales suman 30 en total (Figura 2), y estos a su vez, contienen los municipios. Los municipios de Oaxaca son en total 570.

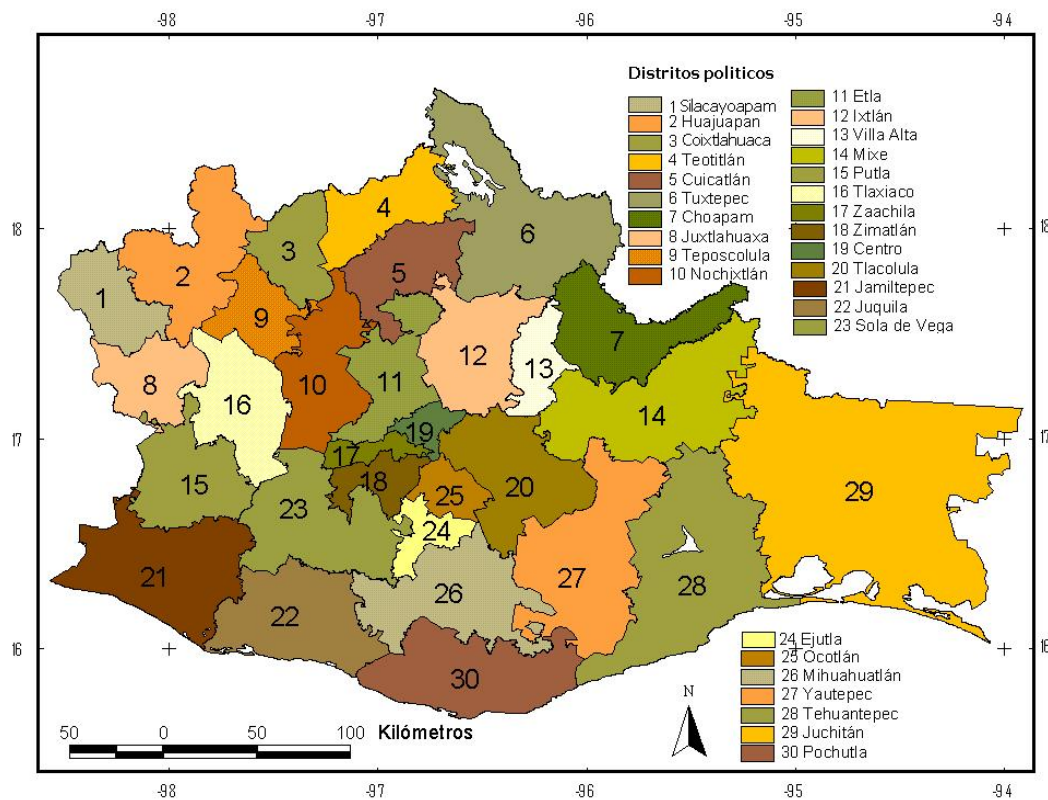


Figura 2. División Distrital del Estado de Oaxaca.

2.10.1 Altitud

Oaxaca tiene un amplio rango de altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 3,750 metros, por lo que existe una amplia variación de ambientes. El 33 % de la superficie se encuentra abajo de los 500 msnm, el 62 % está en el rango de los 500 a los 2500 msnm y solamente el 4.4 % se encuentra en altitudes superiores a los 2500 msnm (Serrano y Cano, 2003) (Figura 3).

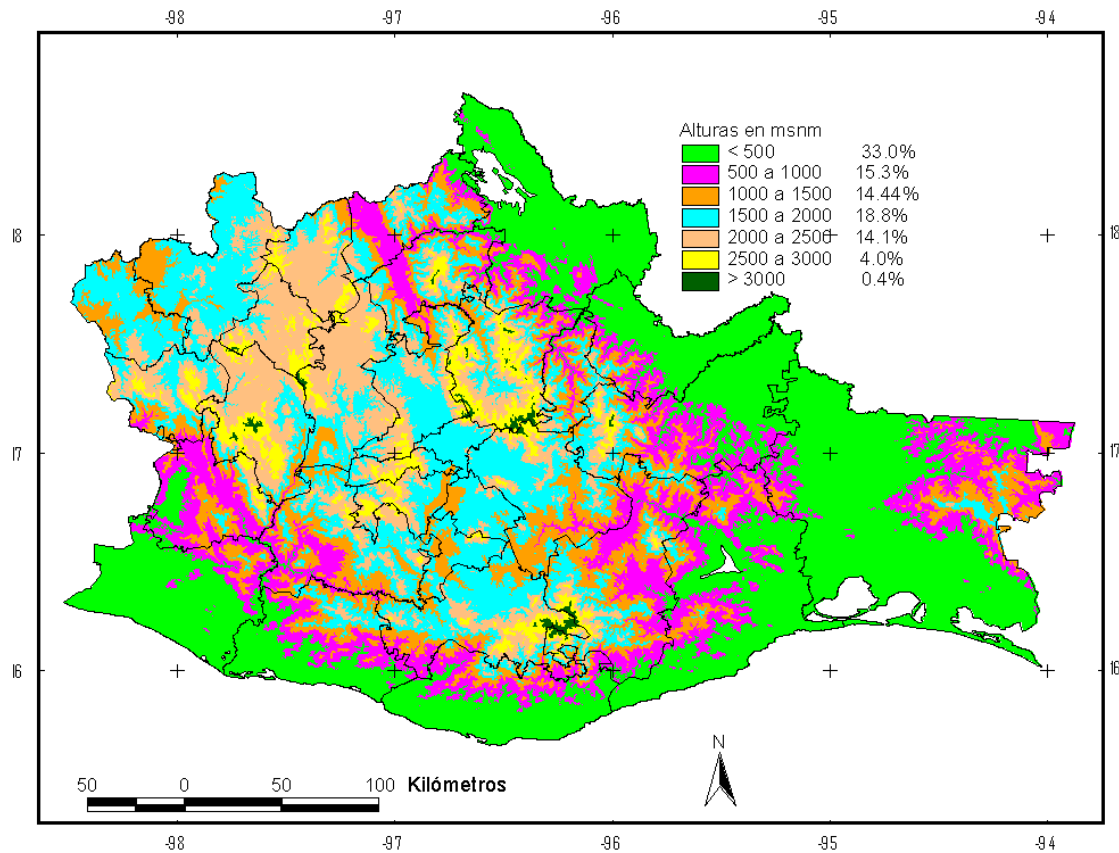


Figura 3. Altitudes sobre el nivel del mar en el estado de Oaxaca.

2.10.2 Pendiente.

Oaxaca es un estado abrupto, la mayor parte de su territorio tiene pendientes superiores al 5% (Figura 4) (Serrano y Cano, 2003), lo anterior condiciona las actividades agrícolas pero en las Zonas de montaña se encuentran la mayor diversidad vegetal.

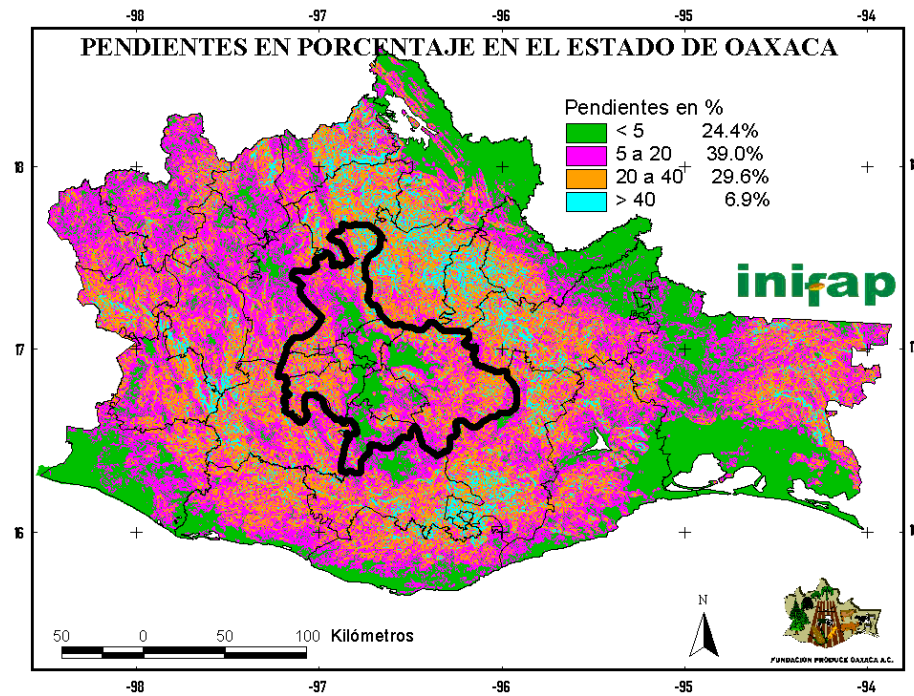


Figura 4. Pendientes del estado de Oaxaca.

2.10.3 Precipitación.

El volumen de lluvia que se precipita en Oaxaca anualmente muestra diferencias en cada una de las regiones (Figura 5). Las zonas más lluviosas (con más de 2000 mm) se localizan en el trópico húmedo de la región del Papaloapam y en algunas pequeñas áreas de la Sierra Norte y la región de la Costa (Serrano y Cano). Las zonas con mayores problemas por sequía se localizan en algunos municipios de los Valles Centrales y de la Cañada.

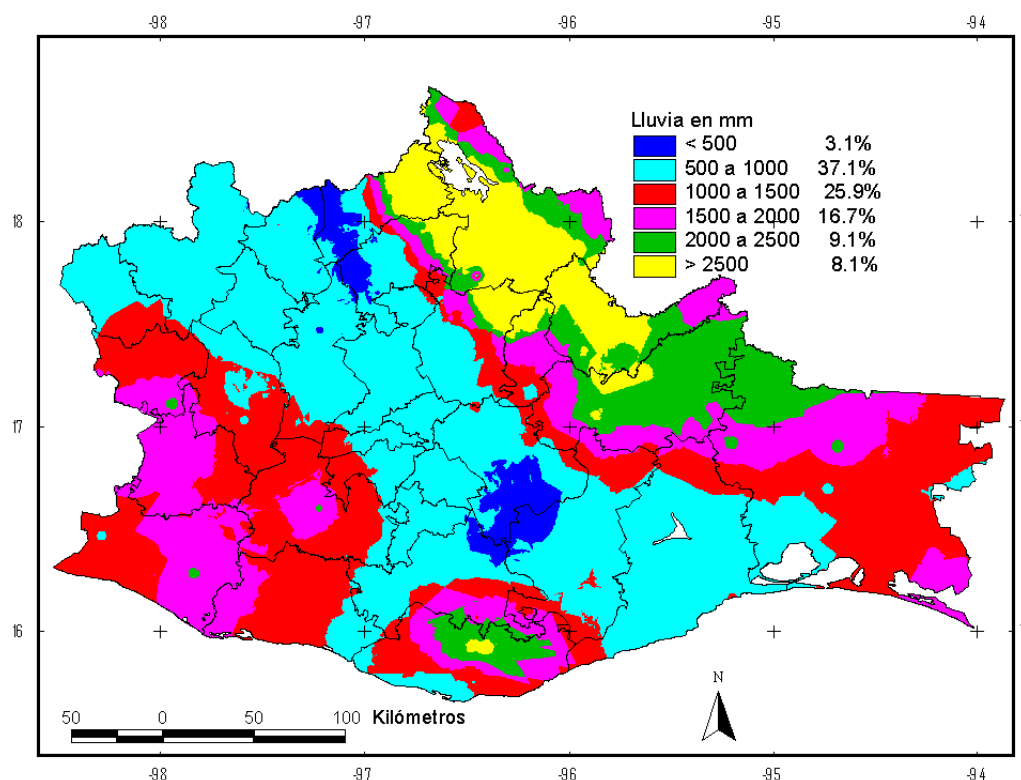


Figura 5. Precipitación (mm.) en Oaxaca.

2.10.4 Temperatura

Oaxaca tiene un amplio rango de temperaturas, pero el 70 % de su territorio se encuentra entre los 15 a 25 grados centígrados. Solo el 0.1 % de la superficie tiene temperaturas medias abajo de los 10 °C y estas se localizan en las altas montañas del estado. Las áreas tropicales con temperaturas mayores de 25 °C , representan el 20.7 % del territorio y se ubican principalmente en la región de la Costa, Istmo y Papaloapam (Figura 6) (Serrano y Cano, 2003).

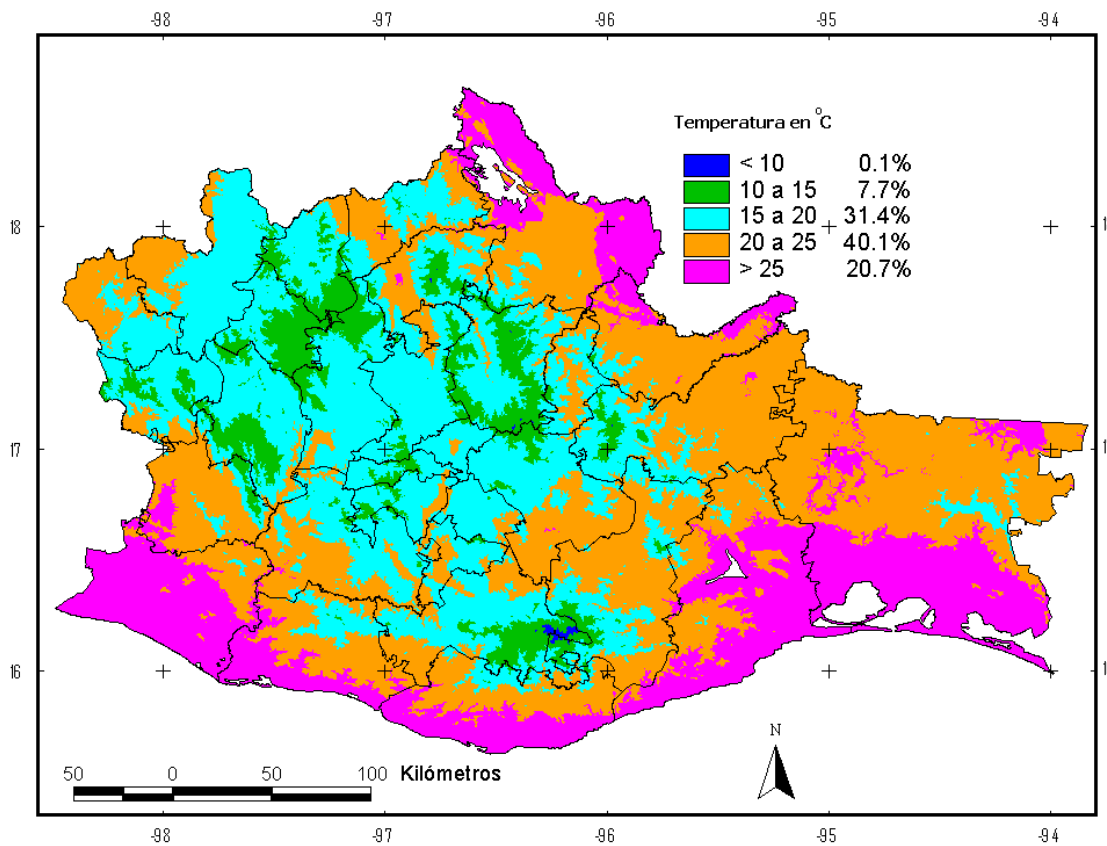


Figura 6. Temperatura en Oaxaca

2.10.5 Unidades de Suelo

Luvisol y Regosol son los tipos de suelos que predominan en el estado de Oaxaca, ellos en conjunto representan el 51 % de la superficie (Serrano y Cano, 2003). Los Feozem y los luvisoles son los más escasos, aunque son los que poseen mejores características de fertilidad. En toda esta gama de suelos se practica la agricultura con maíz en el estado.

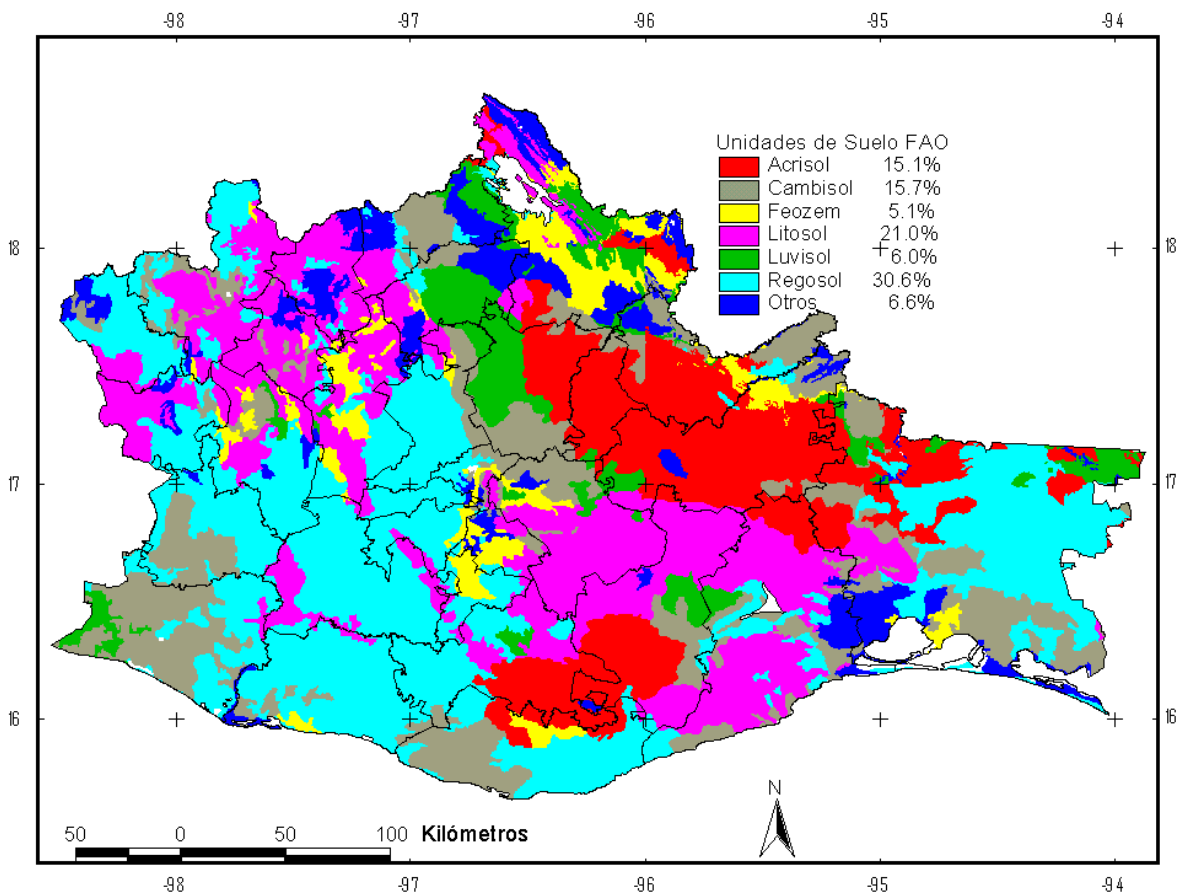


Figura 7. Unidades de suelo según la FAO en el estado de Oaxaca.

III. JUSTIFICACION

La República Mexicana es una de las regiones del mundo con mayor riqueza en comunidades vegetales y florística. México posee alrededor del 10 % de la flora del mundo y cuenta con prácticamente todos los tipos de vegetación importantes (Ortega et al, 2000). La más alta convergencia de diversidad se localiza en los estados de Chiapas (8,000 especies), Oaxaca (9,000) y Veracruz (8,000) (Rzedowski, 1998). Mesoamérica, que comprende el sur de México y el norte de Centroamérica, es la cuna de la agricultura en el ámbito mundial y es centro de origen y diversidad de entre 60 y 100 especies vegetales cultivadas (Smith, 1995, Hernández, 1993; Harlan, 1992; Hernández, 1986; Vavilov, 1931). Algunas de las plantas domesticadas en esta región son actualmente fundamentales para la economía mundial, como es el caso del maíz, frijol, algodón y cacao.

El maíz está representado en México por 41 razas (Ortega et al., 1991). Cada raza tiene características distintivas en morfología, uso y adaptación en las diferentes condiciones ambientales y sistemas de producción.

Los agricultores Mexicanos siembran alrededor de 9.6 millones de hectáreas de maíz, con un promedio de rendimiento de 2.2 ton/ha. El uso de variedades mejoradas es de solo 20 % de la producción de maíz; el resto, proviene de variedades locales de polinización libre o de generaciones avanzadas de variedades o híbridos (Pingali, 2001; Taba, 1995, 1997). Las variedades locales están altamente adaptadas a las condiciones de producción regional y uso de los productores y constituyen el principal componente de seguridad alimentaria de la familia. La conservación in situ de las razas locales de maíz requiere de un estudio apropiado de la diversidad intra-racial y una estrategia de mejoramiento (Brush, 1999; Eyzaguirre and Iwuanaga, 1996; Sperling et al., 2001) para tener mayor productividad, manteniendo la diversidad de los productores. La diversidad intra-racial en características agronómicas y morfológicas de las razas Tuxpeño, Cónico, y bolita han sido estudiados usando las accesiones del CIMMYT (Brown, 1989 y 1995) y fueron seleccionadas por representar la diversidad de la raza (Taba et al., 1994, 1998ab; Crossa et al., 1994, 1995).

Oaxaca es uno de los Centros de origen del maíz, así lo demuestran los restos arqueológicos encontrados en las cuevas de Guilá Naquitz, ubicadas en las cercanías de Mitla, los cuales tienen más de 7000 años de antigüedad (Flannery, 1986), así como los restos de plantas carbonizadas y mazorcas representadas en figuras de barro (Flannery, 1970; Ford, 1976; Hoston, 1978). También soporta la anterior afirmación la presencia de una población viva de teocintle (*Zea mays* spp. *Pavglumis*) (Aragón, 1987) y la alta diversidad de razas de maíz que se encuentran actualmente distribuidas en diferentes condiciones ambientales, y a la diversidad de usos que de ellas realizan los 16 grupos indígenas del estado.

A raíz de la noticia de que los maíces criollos de Oaxaca estaban “contaminados” con materiales transgénicos (Quist and Chapela, 2001; Dalton, 2001), se suscito una interesante polémica a nivel Estatal, Nacional e Internacional que a la fecha

aun no arroja resultados concretos para delinear y tomar acciones de política o programas de gobierno que se vean reflejados en los campos de los agricultores.

Los materiales transgénicos representan una amenaza más para los criollos. Los materiales locales siempre han estado amenazados por diferentes factores: Políticas gubernamentales, bajos precios, Migración, pérdida de la cultura, altos costos de producción, Sequías, nuevas variedades, sustitución de cultivos por otros más rentables, etc.; sin embargo, aún persisten.

Toda la riqueza genética de maíz que posee Oaxaca debe conservarse, mejorarse y aprovecharse en forma sustentable para asegurar la alimentación de las generaciones futuras. Para ello se requiere elaborar una estrategia conjunta entre científicos, productores, autoridades municipales, Organizaciones no Gubernamentales, el gobierno estatal y federal para estimular la siembra y uso de semillas criollas de maíz.

Para lograr conocer, conservar y mejorar la diversidad genética del maíz de Oaxaca, se han implementado diferentes proyectos en varias regiones del estado. El INIFAP ha trabajado desde 1997 a la fecha en la región de los Valles Centrales con el germoplasma de la raza Bolita. Este proyecto se realizó en forma coordinada entre el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) y la activa participación de los agricultores. En esta región se trabajó estrechamente con grupos indígenas Zapotecos del Valle y mestizos.

En la región del Istmo de Tehuantepec, a partir de 1999 se implementó un proyecto colaborativo entre el Instituto Tecnológico de Comitancillo (ITC), el INIFAP y el CIMMYT. Aquí se trabaja con germoplasma de la raza Zapalote Chico, un interesante material de maíz que posee excelentes características agronómicas: Precocidad, tolerancia a sequía, tolerancia a gusano cogollero, tolerancia a fuertes vientos, buena cobertura de mazorca, grano con excelente calidad para producir "totopos", etc. Los Zapotecos del istmo, tienen una arraigada cultura de siembra y manejo del maíz zapalote chico, así como en la elaboración de tortillas y los famosos "totopos", los cuales son únicos en textura y sabor.

Para conservar el complejo Olotón de maíz, se implementó un trabajo de investigación en la zona Mazateca, Cuicateca y Mixe, trabajando con cinco grupos indígenas: Mazatecos, Cuicatecos, Mixes, Mixtecos y Nahuatl. Esta región se ubica al norte de la capital de Oaxaca. Aquí se trabajó, de 1999 al 2001, en colaboración con la Universidad Autónoma Chapingo, INIFAP y CIMMYT con la finalidad de rescatar la diversidad genética existente, promover su conservación in situ y mejoramiento participativo de los mejores materiales de maíz detectados.

Recientemente, a principios del 2002, iniciamos un amplio trabajo en la Sierra Sur de Oaxaca y en la región de la Costa, donde se encuentran los grupos indígenas Chatinos, Mixtecos y Zapotecos de la Sierra Sur. En estas áreas se está trabajando el sistema Milpa (maíz, frijol y calabaza) para conservar y mejorar el

germoplasma de maíz de las razas Olotón, Cónico, Conejo, Tuxpeño, Olotillo y Comiteco, así como las especies asociadas al maíz.

Otras instituciones han realizado en diferentes momentos estudios y mejoramiento de maíces criollos de Oaxaca: Por ejemplo, el Colegio de Postgraduados, ha generado una variedad de maíz zapalote chico en el Istmo de Tehuantepec, y en los Valles Centrales dispone de otro material; La Universidad Autónoma Chapingo, a través de su Centro Regional Universitario Sur a mejorado 4 criollos tropicales y dos para las zonas de valles intermedios (1200 a 1800 msnm); y el Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, a través de su estudiantes ha realizado algunas tesis de licenciatura y maestría con estudios referentes a los criollos locales de maíz.

Toda la información existente sobre los maíces criollos de Oaxaca es necesario conjuntarla, analizarla y difundirla para determinar acciones de conservación ex situ e in situ, y desarrollar proyectos productivos que beneficien a las comunidades poseedoras del recurso.

IV. OBJETIVOS GENERALES

Conocer la distribución actual de las razas de maíz en Oaxaca, así como sus datos de pasaporte y características agromorfológicas e industriales, para determinar los posibles sitios de conservación in situ, y dar soporte a la creación de la marca colectiva “maíces criollos de Oaxaca”.

V. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar el número de colecciones históricas y actuales existentes en los Bancos de germoplasma de INIFAP y CIMMYT, sus datos de pasaporte y sitios de colecta.
2. Recopilar las características agromorfológicas más importantes de las principales razas de maíz de Oaxaca.
3. Colectar muestras de maíz en comunidades poco exploradas de la región del Papaloapan, Bajo Mixe y Chinantla Baja del Estado de Oaxaca.
4. Determinar las características de calidad industrial de 90 colectas que representen la diversidad de razas de Oaxaca.
5. Colaborar con el programa de Recursos Biológicos Colectivos (RBC) y la dirección de Bioinformática de la CONABIO en la modelación de las áreas de distribución potenciales y reales del maíz, de acuerdo con los componentes del hábitat de cada especie, con el fin de proponer recomendaciones de los posibles sitios para la conservación in situ de los maíces criollos.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Área geográfica

Oaxaca representa el 4.8% de la superficie del país y tiene las siguientes coordenadas geográficas extremas: al norte 18° 39', al sur 15° 39' de latitud norte; al este 93° 52'; al oeste 98° 30' de longitud oeste (INEGI, 1998). El estado colinda al norte con el estado de Puebla y Veracruz, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al Oeste con Guerrero. Posee una amplia variedad de climas, suelos y vegetación. Las principales elevaciones son: Sierra Madre del Sur, Nudo Mixteco, Sierra Mazateca, Sierra Juárez, Sierra Mixe, Cerro Peña San Felipe y Sierra Atravesada. En la Figura 8 se muestra la localización de los 30 distritos políticos del estado de Oaxaca.

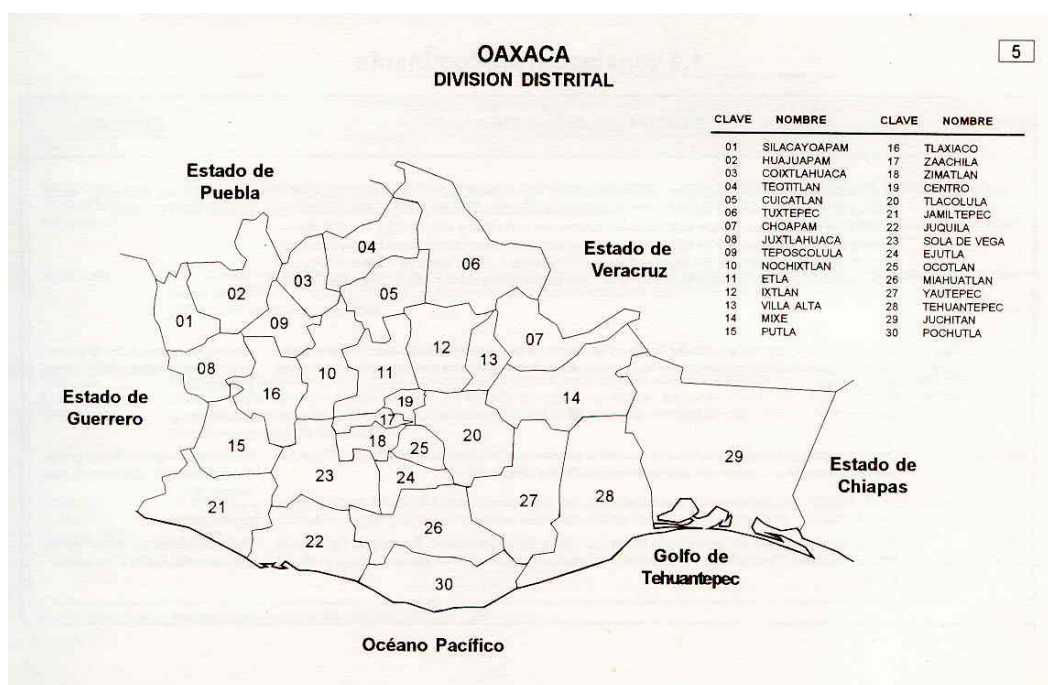


Figura 8. Localización de 30 distritos políticos del estado de Oaxaca

Se trabajó en áreas de agricultura de temporal y de riego de las ocho regiones del estado de Oaxaca: Costa, Istmo, Tuxtepec, Mixteca, Valles Centrales, Sierra Norte, Sierra Sur y Cañada. En este trabajo se pretendió realizar un análisis de la distribución geográfica de los maíces criollos de Oaxaca, en sentido amplio, con el fin de evaluar su potencial de uso. Se trata también de reconocer las razas de maíces criollos que representan el acervo de germoplasma disponible para su manejo.

6.2 Técnicas y Métodos

6.2.1 Datos de colecciones históricas.

El proyecto contempló obtener información histórica de las colectas realizadas en el país desde el año 1943 a 1982, las cuales se encuentran almacenadas en los bancos de germoplasma del INIFAP y del CIMMYT. Para ello se visitó estos centros de investigación y se trabajó conjuntamente con los investigadores responsables de los bancos (y que son colaboradores del proyecto) para agrupar la información disponible tanto con los datos de pasaporte como con datos de caracterización de las razas a las cuales se hayan evaluado agronómicamente.

Con la finalidad de ordenar y agrupar la información disponible acerca de las colectas de maíz criollo de Oaxaca, se acudió al banco de germoplasma de maíz del CIMMYT, localizado en el Batán, Texcoco, cuyo responsable, el Dr. Suketoshi Taba, quien nos proporcionó su base de datos de las colecciones históricas de maíz en Oaxaca. Así mismo, visitamos al titular del Banco de germoplasma del INIFAP, Dr. Juan Manuel Hernández Casillas, para obtener toda la información disponible de los maíces criollos de Oaxaca.

Una vez obtenida la información procedimos a analizar, colecta por colecta, la información de pasaporte disponible. Pudimos observar que muchas de las colectas no tenían el sitio preciso del municipio donde fueron colectadas. Algunas solamente tenían el paraje ó el nombre incompleto o mal escrito de la comunidad. Fue una tarea ardua el tratar de localizar las comunidades, el municipio, el distrito y la región de su procedencia. Una vez logrado lo anterior, se procedió a georeferenciar a cada uno de los sitios, porque la base de datos entregada por los titulares de los bancos de germoplasma no reportaban las coordenadas completas de cada colecta. En algunos casos solo se anotaba las altitudes de los sitios de colecta.

Para ubicar la latitud, longitud y altitud de las comunidades de colecta nos apoyamos en mapas del INEGI, elaborados a una escala 1:250 000. Todos los mapas del estado se cargaron en el programa Arc View Gis 3.2 y posteriormente se fueron ubicando cada uno de los sitios.

Algunas características, como color del grano, textura y raza que no se tenían en algunos materiales reportados, se obtuvieron de las caracterizaciones realizadas por el Dr. Suketoshi Taba del CIMMYT y por el Dr. Juan Manuel Hernández Casillas del INIFAP.

Para completar la base de datos de pasaporte de las colectas de maíz de Oaxaca, se realizó una revisión exhaustiva y organización de los libros de colecta existentes en el Campo Experimental Valles Centrales del INIFAP, donde se tiene los datos de pasaporte de colectas de maíz realizadas por Flavio Aragón y colaboradores en diferentes años y en diferentes regiones del estado.

6.2.2 Datos de colecciones recientes.

De 1997 al año 2002 se realizaron diferentes colectas de maíz en varias regiones del estado de Oaxaca, y se dispone de la información de pasaporte y de características agronómicas y morfológicas que fue necesario sistematizar, agrupar y analizar. Para ello se revisaron los libros de campo y libros de pasaporte que se encuentran bajo responsabilidad del titular de este proyecto.

6.2.3 Datos de pasaporte.

Se elaboró una hoja de Excel con la información de pasaporte de cada una de las colectas de maíz de Oaxaca. Entre los datos principales de cada colecta se incluyen: Número de orden, número de accesión, estado, número de colecta, colector, institución colectora, año de colecta, localidad de colecta, municipio de colecta, distrito político, nombre local del material, grupo indígena que la cultiva, color1, color2, color3, raza principal, raza secundaria, latitud en grados, latitud en minutos, longitud en grados, longitud en minutos, altitud y datos de temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media, precipitación y evaporación del sitio de colecta. Esta base de datos proporciona el número de colectas existentes del estado de Oaxaca, razas principales, los materiales de color, distribución, etc. Esta información es básica para elaborar los mapas de distribución actual y potencial de las razas de maíz de Oaxaca.

6.2.4 Características agromorfológicas.

Para recabar esta información en las colectas históricas fue necesario consultar los libros de campo de las regeneraciones (la regeneración consiste en sembrar la semilla que está perdiendo viabilidad en el banco de germoplasma para obtener semilla nueva o "fresca"), ya que en esta actividad se toman algunos datos de características agromorfológicas de los materiales. Se reportan solo en aquellas razas que disponían de esta información, tanto del banco de germoplasma del CIMMYT como del INIFAP. Respecto a las colectas recientes fue necesario recopilar la información de las características agronómicas de todas las colectas que disponían de éstos datos. Esta base de datos se diseñó en Excel y permitirá a los usuarios conocer las características de cada raza: Color, Altura de planta, días a floración, longitud de mazorca, longitud de grano, número de hileras, etc.

Tres fueron las principales fuentes de información para conformar esta base de datos: El disco compacto elaborado por Taba et al (2003) e información personal del Dr. Juan Manuel Hernández Casillas (INIFAP) para tener las características agromorfológicas de las colectas históricas. En tanto, los datos de características de las colectas recientes se obtuvieron de los informes de proyectos elaborados por Flavio Aragón Cuevas en diferentes años de evaluación.

6.2.5 Colecta en Campo.

En la zona del Papaloapan, Bajo Mixe y Chinantla Baja, se colectaron muestras de maíz criollo en comunidades representativas de la diversidad cultural, climática, edáfica y con diferente potencial productivo. En cada comunidad se obtuvieron muestras de 10 productores con tradición en el cultivo del maíz criollo. Se trató de obtener la diversidad que se maneja en la comunidad y toda la que maneja el agricultor. La muestra consistió de dos a tres kilos de semilla. Se registraron los datos de pasaporte y localización geográfica. Esta actividad se efectuó en los meses de enero, febrero y marzo del 2005. Las muestras obtenidas fueron depositadas en el Banco de Germoplasma del INIFAP, ubicado en las instalaciones del Campo Experimental Valles Centrales, localizado en Santo Domingo Barrio Bajo, Etna, Oaxaca.

La identificación racial de las muestras de maíz que se colectaron se realizó siguiendo los criterios establecidos por Wellhausen et al. (1951), Benz (1997) y Ortega (2003).

6.2.6 Elaboración de mapas de distribución real y potencial de las razas de maíz de Oaxaca.

6.2.6.1 Elaboración de los mapas de distribución real

Para elaborar los mapas de distribución de las razas de maíz de Oaxaca, fue necesario primeramente calcular las coordenadas (longitud y latitud) de cada lugar en grados decimales en el programa Excel, de donde fueron exportados en formato texto para agregarse en ArcView como tabla y convertirse en cobertura de puntos o archivo shape.

En ArcView, las colectas fueron separadas en archivo por raza, de esta manera se obtuvieron los mapas por razas puras y con sus introgresiones (razas secundarias), y posteriormente fueron grabados en formato gráfico jpg con sus señalamientos de coordenadas, leyendas y escalas.

El modelo de elevación digital del INEGI y los mapas de: temperaturas promedio anual (máxima, mínima y media), evaporación total anual y precipitación anual en formato raster, fueron exportados de IDRISI 3.2 a ArcView 3.2, donde se le sobrepuso el vector de colectas para obtener, las alturas sobre el nivel del mar, temperaturas, evaporación y precipitación de cada sitio de colecta; con esta información se obtuvieron los rangos de adaptación (mínimos y máximos) de cada raza de maíz.

6.2.6.2 Mapas de distribución potencial de las colectas

Para elaborar los mapas de distribución potencial de cada raza se utilizó el Genetic Algorithm for Rule-set Prediction conocido como GARP (Anderson et al.,

2003). El procedimiento fue el siguiente: Primero, de los archivos de Excel, se grabó un archivo por raza con sus coordenadas y nombres. Para ello, solamente se utilizaron coordenadas no duplicadas de las razas puras, y solo en aquellas que tuvieran al menos seis reportes de georeferenciación diferentes para poder hacer el análisis de distribución. Estos archivos fueron una de las entradas para la generación de los modelos de predicción. Primeramente se prepararon los datos de razas y coberturas con el Dataset Manager, las coberturas usadas fueron: aspecto del terreno, climas, suelos, isoyetas, pendientes, temperatura máxima anual, temperatura mínima anual y precipitación anual (isoyetas). Posteriormente se generaron modelos con el Desktop Garp para 17 razas puras: Bolita, Chalqueño, Chiquito, Comiteco, Cónico, Mixeño, Mushito, Nal-Tel, Nal-Tel de Altura, Olotillo, Olotón, Serrano, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño, Zapalote Chico y Zapalote Grande. Para cada caso se realizaron 50 corridas con un límite de convergencia de 0.001, un máximo de 2000 iteraciones, seleccionando el 10% de los mejores modelos generados de acuerdo al criterio incluido en el GARP, y las salidas fueron en formato raster de ArcView.

Los mejores modelos generados fueron seleccionados y desplegados en ArcView, de ellos se sumaron los tres que de acuerdo a la experiencia del experto en maíz en Oaxaca, representaban mejor los ambientes de distribución potencial. El modelo resultante fue editado y grabado en formato jpg, incluyéndole el área de distribución potencial de la raza pura y los sitios de colecta clasificados por raza primaria y secundaria.

6.2.7 Análisis de calidad industrial

A 91 muestras representativas de las razas de maíz de Oaxaca se les analizó en el Laboratorio del CINVESTAV, Unidad Querétaro, del Instituto Politécnico Nacional, las siguientes características: Color del grano, mediante un colorímetro MiniScan de Hunter Lb Reston Virginia USA; Dimensión del grano, mediante un Vernier Digital; Dureza del grano, con un Texturómetro TA-TX2; Perfil amilográfico del almidón, se determinará utilizando el Rapid Visco Analyzer 3C; Índice de flotación; Tiempo de cocción; Rendimiento de masa; Capacidad de absorción de agua; pérdida de peso de la tortilla durante el cocimiento, cocimiento Óhmico y Rendimiento de tortilla. Se elaboró un documento con los resultados sobresalientes del estudio y un concentrado de datos en Excel para presentar las características de calidad de cada una de las razas típicas analizadas.

Una breve descripción de las características evaluadas dentro de cada raza se describe a continuación:

6.2.7.1 Características Físicas del Grano

6.2.7.1.1 Color del grano

La determinación del color se efectuó con un Colorímetro MiniScan de Hunter Lab Reston Virginia USA, que mide el color de las superficies planas, simulando la luz del día y cuyo principio se basa en registrar la intensidad de la luz absorbida por el color negro y la reflejada por el color blanco, así como la descomposición de la luz en colores: rojo, azul, amarillo y verde. El método se sustenta en la determinación, por reflexión de la luz, de tres parámetros, el parámetro “L” que mide el grado de luminosidad y varía de 100 para el blanco perfecto a 0 para el negro; los parámetros “a” y “b”, son indicativos de la cromaticidad, los valores positivos de “a” están relacionadas con el color rojo y los negativos con el color verde, mientras que los valores positivos del parámetro “b”, están asociados con el color amarillo y los negativos con el azul. Las mediciones se hicieron por triplicado para cada parámetro.

6.2.7.1.2 Dimensión del grano

Para medir el tamaño del grano de maíz se utilizó un Vernier Digital Mitutoyo, midiendo el ancho, largo y grueso a 5 granos de cada genotipo de maíz, tomándose un promedio.

6.2.7.1.3 Determinación de Dureza del Grano

La dureza del grano se evaluó con un texturómetro TA-TX2, acoplado con una sonda de 30 grados. Las condiciones del método fueron: 2.00 mm de penetración y 0.5 mm/s de velocidad. Diez granos de maíz fueron sometidos a la fuerza a la penetración.

6.2.7.2 Perfil Amilográfico del Almidón

Al maíz molido y pasado por la malla USA 60 (250 micras) se le determina la viscosidad relativa utilizando el “Rapid Visco Analyzer” 3C (Newport Scientific PTY LTD, Sydney Australia). Se pesan muestras de 2.7 g las cuales fueron suspendidas en 24 mL de agua destilada y se utiliza un programa de tiempos y temperaturas de: 1 minuto a 50 °C, después llevadas a 92 °C con incrementos de temperatura de 5.6 °C por minuto (7.5 min), manteniéndose a esta temperatura durante 5 minutos, posteriormente disminuyendo la temperatura por 1 minuto, sumando un tiempo total de prueba de 22 minutos. Durante el desarrollo de la prueba, la computadora registra automáticamente la viscosidad en Unidades Relativas de Viscosidad (RVU) y la temperatura (°C) de la muestra contra el tiempo (min) transcurrido en la prueba, resultando una curva de viscosidad (gelatinización-retrogradación) llamada también viscoamilograma.

6.2.7.3 Índice de Flotación

En una solución de Nitrato de Sodio (300 mL) ajustada a 1.250 g/mL (± 0.001) de densidad previamente preparada, se vierten 100 granos limpios (libres de impurezas), separando los granos uno de otro por medio de un agitador de vidrio, se agita y se espera un minuto para tomar la lectura. El número de granos que ascendieron a la superficie se usa como el índice de flotación (Wichser, 1961).

Para obtener una solución de 1.25 de densidad se ajustó a una concentración de nitrato de sodio del 41%, sin embargo esta concentración puede variar de acuerdo a la pureza del reactivo, se emplea un volumen de 300 – 350 mL de agua destilada contenidos en un vaso de 600 mL.

6.2.7.4 Determinación del tiempo de cocción para realizar la prueba de nixtamalización tradicional

La Asignación del tiempo de cocción se basa en el modelo propuesto en la Norma NMX-FF034-2001-SCFI que evalúa el tiempo óptimo de cocción en función de la dureza del grano medida por el índice de flotación (IF), por lo que el tiempo de cocción en el proceso de nixtamalización esta directamente correlacionado con los siguientes datos:

Tiempos de cocción del maíz

GRANOS FLOTANTES (IF)	DUREZA	TIEMPO DE COCCION (min)
0-12	Muy duros	45
13-37	Duros	40
38-62	Intermedios	35
63-87	Suaves	30
88-100	Muy Suaves	25

Fuente: Norma NMX-FF034-2001-SCFI.

6.2.7.5. Calorimetría Diferencial de Barrido

Se utilizó un DSC Mettler Toledo, 3.5 microgramos de maíz molido y pasado a través de una malla US60 se colocaron en una charola de aluminio, se agregaron 7 microlitros de agua destilada. La charola se selló con una prensa Mettler Toledo, posteriormente se sometió a calentamiento en un intervalo de temperaturas de 40 a 110 °C con una razón de calentamiento de 3°/min. De los termogramas se determinaron: a) temperatura inicial (To), b) temperatura pico (Tp) y d) Temperatura final de gelatinización (Tf) además de la entalpía (ΔH).

6.2.7.6 Elaboración de Tortillas

Con la masa obtenida se troquelaron tortillas con una tortilladora manual, obteniendo tortillas de 1.2 mm. de espesor y 12.5 cm. de diámetro, se cuecen en un comal a una temperatura de 270 ± 10 °C por 17 segundos por un lado para formar la capa delgada, se voltea y se cuece por 30 segundos para producir la capa gruesa y se regresa a su lado original para continuar el cocimiento por 19 segundos más para lograr el inflado de la tortilla.

La pérdida de peso (agua) de la tortilla durante el cocimiento se evaluó siguiendo la metodología mencionada anteriormente.

6.2.7.7 Corte

Las mitades de las tortillas utilizadas en la prueba anterior se colocaron en una placa de aluminio con una ranura al centro, haciendo deslizar una cuchilla plana de 3 mm de espesor y 6.93 cm de ancho, las condiciones de prueba fueron 2 mm/s de velocidad y 15 mm de profundidad. Se registró la fuerza máxima al corte (Kgf) para seis mediciones.

6.2.7.8 Cocimiento Óhmico

El maíz crudo se molió en un molino de granos Moulinex, posteriormente se pasó a través de una criba USA 60, para tener un tamaño de partícula uniforme, se pesaron 7 g y se agregaron 7 mL de agua destilada, se mezcló perfectamente y se colocó en la celdilla del cocedor para procesarlo con un voltaje de 70 V hasta una temperatura de 110°. Se obtuvo masa, la cual se deshidrató en una estufa de aire caliente a una temperatura de 60 °C durante 8 horas.

6.2.7.9 Capacidad de Absorción de Agua (CAA)

La masa se deshidratada y se molió en un molino para granos, posteriormente se le agregó agua por medio de una bureta hasta tener una consistencia de masa adecuada para troquelar tortillas. La CAA se reportó como litros de agua agregada por Kilogramo de harina.

6.2.7.10 Rendimiento de masa

El rendimiento de masa se calculó a partir de CAA de las harinas instantáneas, a este valor se le sumó una unidad para obtener el rendimiento de masa reportada como Kg. de masa por Kg. de harina.

6.2.7.11 Elaboración de Tortillas

De la masa se elaboraron micro muestras de tortillas de la siguiente manera: En una tortilladora de rodillos manual (calibrada con lanas para tener una abertura de 1.2 mm.) se elaboró una tortilla de 1.194 mm. de espesor. Posteriormente se recortaron tortillas de 5 cm de diámetro, las cuales se cocieron en un comal a una temperatura de 280 ± 10 °C, por 25 segundos por un lado (para formar la capa delgada), 20 segundos por el otro lado y finalmente se voltearán por el otro lado por 15 segundos para lograr el inflado, Las tortillas se guardaron en bolsas de polietileno, para evitar deshidratación y mantener sus propiedades para evaluaciones posteriores.

6.2.7.12 Pérdida de Peso de la Tortilla Durante el Cocimiento.

Para evaluar este parámetro se procedió de la siguiente manera: a) Se pesó la tortilla cruda, en balanza semi-analítica (Ohaus 800) con capacidad de 410 ± 0.010 g (mantenida en un material aislante, para evitar la pérdida de peso) y b) Pesar la tortilla cocida. Determinando el porcentaje de pérdida de peso (pp), aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{peso tortilla cruda} - \text{peso tortilla cocida}}{\text{peso tortilla cruda}} \times 100$$

6.2.7.13 Rendimiento de Tortilla

Se obtuvo de rendimiento de masa multiplicado por el contenido de sólidos en la tortilla ($1 - (PP/100)$). Donde pp= pérdida de peso de la tortilla durante el cocimiento.

Las colectas de maíz seleccionadas para su evaluación industrial fueron 28 razas con un número variable de muestras dependiendo de la cantidad de semilla disponible. Estas razas fueron: Ancho, Arrocillo, Bolita, Celaya, Chalqueño, Chiquito, Comiteco, Conejo, Mushito, Cónico, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Maizón Chatino, Mixteco, Nal-Tel, Negro Mixteco, Olotillo, Olotón, Olotón Imbricado, Pepitilla, Serrano, Serrano de Oaxaca, Tabloncillo, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño, Zapalote Chico y Zapalote Grande (Cuadro 4).

6.3 Fuentes de Información

Se obtuvo información de los agricultores donantes de las colectas de maíz sobre las características de sus criollos (nombre local, usos, fechas de siembra, problemas, condición de cultivo, etc.); en tanto en los bancos de germoplasma, se

recopiló la información existente de las colectas históricas sobre número de colectas, razas, datos de coordenadas, y cuando existan, las características agromorfológicas. La información de primera mano, relativa a las colectas recientes las dispone el director de este proyecto. En las cartas del INEGI se documentó toda la información de vegetación, clima, topografía y suelo del estado de Oaxaca, y en la base de datos del INIFAP se obtuvieron datos adicionales de clima.

Cuadro 4. Razas de maíz evaluadas por su calidad industrial para la elaboración de tortillas, harinas, botanas y atoles

No. Orden	Colecta	Comunidad	Municipio	Color de grano	Raza1	Raza2
1	SS-239	San Miguel Piedras	San Miguel Piedras	Blanco	Ancho	
2	SS-264	Santa María Lachixio	Santa María Lachixio	Azul	Arrocillo	
3	SS-274	Santa María Lachixio	Santa María Lachixio	Blanco	Arrocillo	
4	SS-275	Santa María Lachixio	Santa María Lachixio	Azul	Arrocillo	
5	SS-276	Santa María Lachixio	Santa María Lachixio	Amarillo	Arrocillo	
6	VC-134	Santa Marta Chichihualtepec	Ejutla	Blanco	Bolita	
7	VC-34	Santa Ana Zegache	Santa Ana Zegache	Guinda	Bolita	
8	VC-40	Santa Ana Zegache	Santa Ana Zegache	Amarillo	Bolita	
9	VC-42	Santa Ana Zegache	Santa Ana Zegache	Azul	Bolita	
10	SS-176	San Mateo Peñasco	San Mateo Peñasco	Blanco	Celaya	Bolita
11	SS-189	San Pedro Molinos	San Pedro Molinos	Blanco	Celaya	Mushito
12	SS-101	Chalcatongo de Hidalgo	Chalcatongo de Hidalgo	Blanco	Chalqueño	
13	SS-79	La Paz	Santiago Tilantongo	Blanco	Chalqueño	
14	SS-175	San Mateo Peñasco	San Mateo Peñasco	Blanco	Chalqueño	Pepitilla
15	COL-263	Asunción Cacalotepec	Asunción Cacalotepec	Blanco	Chiquito	
16	SS-75	Guadalupe Hidalgo	Santiago Tilantongo	Pinto	Chiquito	
17	COL-324	Totontepec Villa de Morelos	Totontepec	Amarillo	Comiteco	
18	COL-325	Totontepec Villa de Morelos	Totontepec	Blanco	Comiteco	
19	SS-360	Santa María Yolotepec	Santa Catarina Juquila	Blanco	Comiteco	
20	SS-396	San Francisco Ixpantepec	Santa Catarina Juquila	Amarillo	Comiteco	
21	COL-146	San Pedro Ocopetatlillo	San Pedro Ocopetatlillo	Amarillo	Comiteco	Mushito
22	COL-320	Totontepec Villa de Morelos	Totontepec	Amarillo	Comiteco	Olotón
23	C-111	San Pedro Jicayán	Jamiltepec	Azul	Conejo	
24	C-60	Santa catarina Mechoacán	Jamiltepec	Amarillo	Conejo	
25	C-98	Tataltepec de Valdez	Tataltepec de Valdez	Blanco	Conejo	
26	SS-498	San Miguel Suchixtepec	San Miguel Suchixtepec	Blanco	Mushito	
27	SS-604	San Miguel Suchixtepec	San Miguel Suchixtepec	Pinto	Mushito	
28	SS-605	San Miguel Suchixtepec	San Miguel Suchixtepec	Blanco	Mushito	
29	SS-251	Santa María Lachixio	Santa María Lachixio	Blanco	Cónico	
30	SS-599	Miguel Hidalgo Chichahuaxtla	Putla de Guerrero	Blanco	Cónico	
31	SS-97	Cuahtémoc	Santa Catarina Tayata	Amarillo	Cónico	
32	SS-297	San Francisco Yucucundo	San Antonio Huitepec	Azul	Elotes cónicos	
33	SS-600	Miguel Hidalgo Chichahuaxtla	Putla de Guerrero	Rojo	Elotes cónicos	
34	SS-650	San Miguel Hidalgo Chichahuaxtla	Putla de Guerrero	Azul	Elotes cónicos	
35	SS-493	San Marcos Zacatepec	Juquila	Blanco	Maizón Chatino	
36	COL-156	San Pedro Ocopetatlillo	San Pedro Ocopetatlillo	Amarillo	Mushito	
37	SS-108	Chalcatongo de Hidalgo	Chalcatongo de Hidalgo	Blanco	Mushito	
38	SS-134	Buenavista, Aldama	Chalcatongo de Hidalgo	Blanco	Mushito	
39	SS-213	Santa Catarina Tayata	santa Catarina Tayata	Blanco	Mushito	
40	SS-308	San Miguel Peras	San Miguel Peras	Blanco	Na-Tel	
41	SS-109	Chalcatongo de Hudalگو	Chalcatongo de Hidalgo	Azul	Negro Mixteco	
42	SS-111	Progreso	Chalcatongo de Hidalgo	Azul	Negro Mixteco	

Cuadro 4. Razas de maíz evaluadas por su calidad industrial para la elaboración de tortillas, harinas, botanas y atoles (Continuación...)

No. Orden	Colecta	Comunidad	Municipio	Color de grano	Raza1	Raza2
43	SS-304	La Cumbre	Zimatlán de Álvarez	Negro/rojo	Negro Mixteco	
44	C-68	San Miguel Tlacamama	San Miguel Tlacamama	Amarillo	Olotillo	
45	C-69	San Miguel Tlacamama	San Miguel Tlacamama	Blanco	Olotillo	
46	SS-564	Barrio de Abajo, Quinicuano	Santa Cruz Zenzontepec	Amarillo	Olotillo	
47	SS-442	San Cristóbal Honduras	San Jerónimo Coatlán	Blanco	Olotillo	Pepitilla
48	COL-46	San Miguel Santa Flor	San Miguel Santa Flor	Amarillo	Olotón imbricado	
49	141xV-233	San Bartolo Albarradas	San Lorenzo Albarradas	Blanco	Pepitilla	
50	VC-145	San Agustín Amatengo	San Agustín Amatengo	Blanco	Pepitilla	
51	SS-299	San Francisco Yucucundo	San Antonio Huitepec	Blanco	Pepitilla	Bolita
52	COL-283	Santa María Tepantlali	Santa María Tepantlali	Amarillo	Serrano	
53	COL-301	Santa María Yacochi	Sta. Ma. Tlahuitoltepec	Amarillo	Serrano	
54	COL-305	Santa María Yacochi	Sta. Ma. Tlahuitoltepec	Blanco	Serrano	
55	SS-200	La Cumbre	Zimatlán de Álvarez	Pinto	Serrano	
56	SS-305	La Cumbre	Zimatlán de Álvarez	Blanco	Serrano	
57	SS-63	Guadalupe Hidalgo	Santiago Tilantongo	Amarillo	Serrano de Oaxaca	
58	SS-64	Guadalupe Hidalgo	Santiago Tilantongo	Blanco	Serrano de Oaxaca	
59	SS-65	Guadalupe Hidalgo	Santiago Tilantongo	Azul	Serrano de Oaxaca	
60	SS-578	Santo Domingo del Estado	Putla de Guerrero	Amarillo	Serrano	Mushito
61	SS-45	San Juan Teita	San Juan Teita	Blanco	Tepecintle	Bolita
62	COL-323	Totontepec Villa de Morelos	Totontepec	Azul	Tepecintle	Chiquito
63	SS-145	Buena Vista	Santiago Yosondúa	Amarillo	Tepecintle	Comiteco
64	SS-567	Barrio de Abajo, Quinicuano	Santa Cruz Zenzontepec	Pinto	Tepecintle	Conejo
65	SS-570	Barrio de Abajo, Quinicuano	Santa Cruz Zenzontepec	Blanco/amarillo	Tepecintle	Conejo
66	SS-146	Buena Vista	Santiago Yosondúa	Azul	Tepecintle	Elotes Cónicos
67	COL-287	Santa María Tepantlali	Santa María Tepantlali	Blanco	Tepecintle	Olotón
68	SS-144	Buena Vista	Santiago Yosondúa	Blanco	Tepecintle	Tuxpeño
69	C-25	San Isidro Pochutla	Pochutla	Pinto	Tuxpeño	
70	C-30	Rincón Alegre	Pochutla	Pinto	Tuxpeño	
71	C-87	Santa Cruz Tepenixtlahuaca	Juquila	Pinto	Tuxpeño	
72	VC-152	San Agustín Amatengo	San Agustín Amatengo	Blanco	Tuxpeño Zapalote chico	
73	I-62	El Morro Mazatán	Tehuantepec	Blanco	Zapalote chico	
74	Oax-830	Santo Domingo Chihuitán	Santo Domingo Chihuitán	Blanco	Zapalote Chico	
75	Oax-827	San Pedro Comitancillo	San Pedro Comitacillo	Blanco	Zapalote Chico	
76	I-65	Santiago Astata	Santiago Astata	Blanco	Zapalote chico	
77	Oax-51	Niltepec	Niltepec	Blanco	Zapalote chico	
78	V-64	San Dionisio Ocotlán	San Dionisio Ocotlán	Azul	Bolita	
79	Col-136	Santa Ana Zegache	Sola de Vega	Blanco	Tepecentito	
80	SS-635	San Marcos Zacatepec	Juquila	Blanco	Maízón	

Cuadro 4. Razas de maíz evaluadas por su calidad industrial para la elaboración de tortillas, harinas, botanas y atoles (Continuación...)

No. Orden	Colecta	Comunidad	Municipio	Color de grano	Raza1	Raza2
81	Oax-1	Ejido Tecotixpan	Loma Bonita	Blanco	Vandefío	Tuxpeño
82	Oax-98	San Martín Zacatepec	San Martín Zacatepec	Blanco	Olotón	
83	Oax-107	San Miguel Tixa	San Miguel Tixa	Blanco	Cónico Nortefío	
84	Oax-71	Santo Domingo Yanhuatlán	Nochixtlán	Blanco	Mixteco	
85	Oax-123	El Moral		Negro/rojo	Elotes Occidentales	Bolita
86	oax-185	La Cienega	Totontepec	Naranja/amarillo	Olotón	
87	Oax-195	Jalapa del Marqués	Jalapa del Marqués	Blanco/negro	Zapalote grande	
88	Oax-230	Santa Catarina Juquila	Santa Catarina Juquila	Blanco	Vandefío	
89	Oax-310	Ayutla	Ayutla	Negro	Nal-Tel	
90	Oax-318	Villa Hidalgo	Villa Hidalgo-Yalalag-	Blanco	Tabloncillo	Reventador
91	Oax-527	Chahuites	Chahuites	Blanco	Zapalote grande	

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se reportan los resultados obtenidos de julio de 1994 a julio de 1995 en el marco del proyecto “Actualización de la Información sobre los Maíces Criollos de Oaxaca”, financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

7.1 Análisis de los datos de pasaporte de las razas de maíz de Oaxaca

Como resultado de la recopilación de información de las colectas de maíz realizadas en Oaxaca desde el año 1943 al 2005, se encontraron 1,818 registros curatoriales (Anexo 1). La primera muestra que se colectó en el estado fue realizada en el año 1943, y corresponde a la comunidad de Loma Bonita, Tuxtepec, para un maíz criollo denominado Catalán.

Si comparamos dos periodos de colecta del maíz en Oaxaca, podemos observar que hasta el año 1982 se habían reunido un total de 577 muestras (Cuadro 5), las cuales hemos denominado como colectas históricas; en tanto, en los últimos nueve años (de 1997 a 2005) se intensificó el muestreo de la diversidad del maíz criollo y se lograron reunir 1,241 ejemplares. En ambos periodos se recolectaron 26 razas de maíz de la mayoría de los grupos indígenas de Oaxaca. La Figura 9 muestra la localización precisa de los sitios de colecta para ambos periodos.

Cuadro 5. Comparación de resultados de dos periodos de exploración de maíces criollos de Oaxaca, México.

Concepto	Periodo: 1943-1982 (41 años)	Periodo: 1997- 2005 (9 años)
a) Colectas de maíz obtenidas	577	1,241
b) Razas de maíz colectadas	26	26
c) Grupos lingüísticos muestreados	13	11

Las colectas históricas de maíz están resguardadas en el Banco de Germoplasma del INIFAP, localizado en el Campo Experimental Valle de México, en Chapingo, México, y una réplica de la misma la tiene el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en el Batán, Texcoco. Las colectas recientes en su mayoría se conservan *ex situ* en el Banco de Germoplasma de Especies Nativas de Oaxaca (BAGENO), ubicado en el Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca.

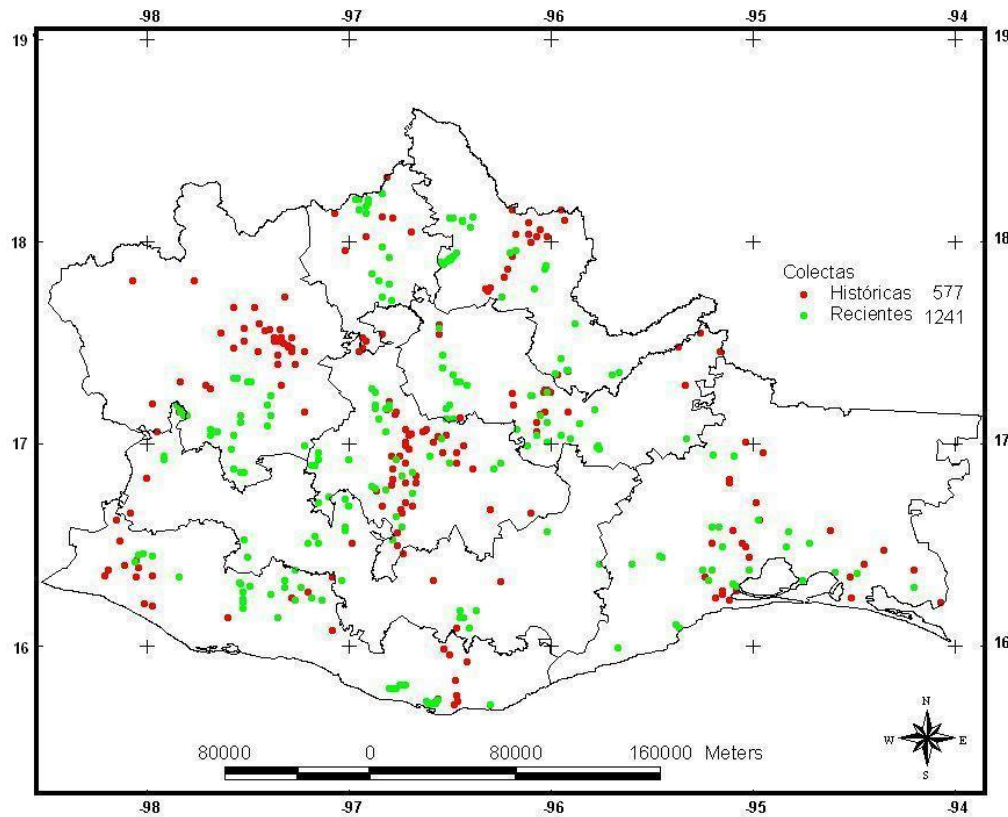


Figura 9. Localización de los sitios de muestreo de las colectas históricas (1943-1982) y recientes (1997-2005) de maíz en Oaxaca, México.

7.1.1 Distribución por región y distrito político de las razas de maíz

De los 30 distritos políticos de Oaxaca, en 29 de ellos se ha realizado, al menos, una colecta de maíz. Solamente en el distrito de Silacayoapam no existe ninguna colecta que represente la diversidad del territorio. Los distritos con pocas muestras representativas de su diversidad son: Coixtlahuaca (1), Huajuapam (9), Juxtlahuaca (16), Villa Alta y Yautepec (8) (Cuadro 6). En estos distritos es necesario diseñar un plan de colecta para tener representada la diversidad del maíz criollo.

Respecto a la representatividad de la diversidad colectada hasta hoy en las diferentes regiones y distritos políticos de Oaxaca, se puede asegurar que la región de los Valles de Oaxaca está muy bien muestreada con 418 colectas de maíz; en tanto que la Mixteca tiene cuatro distritos con muy pocas muestras de maíz (Coixtlahuaca, Huajuapam y Teposcolula), así como la Sierra Sur (Yautepec)

y la Sierra Norte (Villa Alta) (Cuadro 6). En estas áreas es necesario diseñar una exploración etnobotánica para obtener la diversidad que manejan los grupos indígenas y acrecentar el acervo genético de los bancos de semillas para utilidad de la sociedad en general.

7.1.2 Razas de maíz de Oaxaca

Del análisis de toda la base de datos disponible del cultivo de maíz en Oaxaca, encontramos que existen 35 razas distribuidas en todo el estado (Cuadro 7). Este número demuestra la gran diversidad local de maíces criollos, y soporta la teoría de que Oaxaca es uno de los Centros de Origen del maíz. En México existen reportadas 50 razas de maíz (Hernández, 1999), lo que quiere decir que Oaxaca posee el 70% de ésta diversidad.

Las razas de maíz bien representadas, en cuanto a número de colectas, en los Bancos de Germoplasma son: Bolita (415), Cónico (176), Mushito (144), Olotillo (127), Tepecintle (124), Tuxpeño (139) y Zapalote Chico (117) (Cuadro 7). En cambio, existen razas con una sola colecta, como por ejemplo: Ancho, Negro de Tierra Fría, Negro Mixteco, Palomero Toluqueño, Serrano Mixe, Tabloncillo, Tehua y Zamorano. En las comunidades donde se localizaron estas razas es necesario realizar una exploración detallada para rescatar mayor diversidad y evitar la pérdida de este valioso recurso.

Otro dato interesante que se debe rescatar del Cuadro 7, es que existen 88 colectas de maíz sin identificación racial, y corresponden principalmente a materiales de las colectas históricas. Estas colectas deben sembrarse para caracterizarlas y determinar a que raza pertenecen.

Cuadro 6. Número de colectas de maíz por distrito político y por región de Oaxaca.

Región	Distrito	Número de colectas	Porcentaje
Valles Centrales	Centro	27	1.48
	Ejutla	38	2.09
	Etla	105	5.76
	Ocotlán	60	3.30
	Tlacolula	75	4.13
	Zaachila	61	3.36
	Zimatlán	52	2.86
Subtotal		418	23.0
Mixteca	Coixtlahuaca	1	0.06
	Huajuapán	9	0.49
	Juxtlahuaca	16	0.88
	Nochixtlán	59	3.25
	Teposcolula	22	1.21
	Tlaxiaco	113	6.22
	Silacayoapam	0	0.00
Subtotal		220	12.1
Istmo	Juchitán	93	5.12
	Tehuantepec	57	3.14
Subtotal		158	8.6
Papaloapan	Choapam	40	2.20
	Tuxtepec	82	4.51
Subtotal		122	6.8
Cañada	Cuicatlán	114	6.27
	Teotitlán	120	6.60
Subtotal		234	12.9
Sierra Norte	Ixtlán	130	7.15
	Mixe	125	6.88
	Villa Alta	9	0.49
Subtotal		264	14.6
Sierra Sur	Miahuatlán	55	3.03
	Putla	44	2.42
	Sola de Vega	62	3.41
	Yautepec	8	0.44
Subtotal		161	8.8
Costa	Jamiltepec	91	5.00
	Juquila	102	5.61
	Pochutla	48	2.64
Subtotal		241	13.2
Total de colectas		1818	100

Cuadro 7. Número de colectas por raza de maíz de Oaxaca, México.

Número de Orden	Raza	Número de colectas
1	Ancho	1
2	Arrocillo	17
3	Bolita	415
4	Celaya	33
5	Chalqueño	31
6	Chiquito	39
7	Comiteco	56
8	Conejo	5
9	Cónico	176
10	Cónico Norteño	3
11	Elotes Cónicos	40
12	Elotes Occidentales	8
13	Mixeño	11
14	Mixteco	3
15	Mushito	144
16	Nal-Tel	35
17	Nal-Tel de altura	28
18	Negro de Tierra Fría	1
19	Negro Mixteco	4
20	Olotillo	127
21	Olotón	87
22	Olotón imbricado	2
23	Palomero Toluqueño	1
24	Pepitilla	10
25	Serrano	25
26	Serrano de Oaxaca	5
27	Serrano Mixe	1
28	Tabloncillo	1
29	Tehua	1
30	Tepecintle	124
31	Tuxpeño	139
32	Vandefío	27
33	Zamorano	1
34	Zapalote Chico	117
35	Zapalote Grande	12

Nota: Existen 88 colectas de maíz que no tienen identificación racial.

7.1.3 Color de las razas de maíz

Respecto al color principal (Color1) de las muestras de maíz de Oaxaca, se encontró que el 62.93% corresponden a maíces de color blanco, seguido por los materiales de color amarillo (20.13 %) (Cuadro 8). Los colores menos frecuentes son el rojo (27 colectas) y el naranja (38 colectas). Los materiales de color azul son interesantes para la elaboración de tortillas, para frituras y pigmentos, por lo que es importante contar con esta diversidad. En los Bancos de germoplasma de INIFAP y CIMMYT existen 128 colectas de este color. Es necesario resaltar que en los materiales criollos existe una alta mezcla de colores dentro de la misma colecta, lo cual para el autoconsumo de las familias no tiene ningún problema, pero cuando se comercializa el grano se ve afectado su precio, y más si se destina para la industria, quienes tienen estándares bien definidos para la tolerancia de mezclas.

Todas las colectas de maíz de los Bancos de INIFAP y CMMYT deben de ser clasificadas con una Tabla de Colores y un determinador de color Hunter Lab para que exista uniformidad en el criterio de definición del color. Actualmente se reportan solamente con los datos visuales del colector, nada cuantitativo o estandarizado.

La riqueza de colores de los maíces criollos de Oaxaca debe ser explotada para elaborar diferentes productos tradicionales e industriales que beneficien a los productores y a los consumidores finales. Hacen falta estudios a nivel bioquímico para determinar las cantidades de antocianinas, carotenos, vitaminas, etc. En los materiales locales.

Cuadro 8. Color de grano de las razas de maíz de Oaxaca, México.

Color	Número de colectas	Porcentaje
Amarillo	368	20.13
Azul	128	7.04
Blanco	1144	62.93
Naranja	38	2.09
Rojo	27	1.49
Negro	63	3.47
Sin datos de color	50	2.75
Total	1818	100

7.1.4 Distribución de razas por estrato altitudinal

Un aspecto importante dentro del mejoramiento genético del maíz es conocer el área de adaptación de las razas que se pretenden mejorar. En el caso de Oaxaca, se tienen identificadas las colectas y las razas adaptadas a cinco estratos altitudinales: Trópico, Bajío o Subtrópico, Zona de transición, Valles Altos y Valles muy Altos, con 521, 581, 203, 452 y 61 colectas, respectivamente (Cuadro 9). El estrato altitudinal con menor número de colectas y razas es el de Valles muy Altos (mayor de 1500 msnm). En los demás estratos existe suficiente variabilidad para seleccionar los materiales mejores para aplicar diferentes esquemas de pre-mejoramiento y mejoramiento vegetal.

Cuadro 9. Distribución de razas de maíz según diferentes estratos altitudinales en Oaxaca, México.

Estrato altitudinal (msnm.)	Número de colectas	Número de razas	Tipo de raza
1. Trópico (0-1000)	521	10	Celaya, Conejo, Elotes Occidentales, Nal-Tel, Olotillo, Tepecintle, Tuxpeño, Vandefío, Zapalote Chico, Zapalote Grande
2. Bajío o Subtrópico (1001-1800)	581	20	Bolita, Celaya, Chiquito, Comiteco, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Mixeño, Mixteco, Mushito, Nal-Tel, Nal-Tel de Altura, Negro de Tierra Fría, Olotillo, Olotón, Pepitilla, Serrano Mixe, Tehua, Tepecintle, Tuxpeño, Vandefío
3. Zona de transición (1801-2000)	203	14	Bolita, Chiquito, Comiteco, Cónico, Elotes Cónicos, Mushito, Nal-Tel, Nal-Tel de Altura, Olotillo, olotón, Olotón Imbricado, Serrano, Tepecintle, Zamorano
4. Valles Altos (2001-2500)	452	20	Arrocillo, Bolita, Chalqueño, Chiquito, Comiteco, Cónico, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Mixeño, Mixteco, Mushito, Nal-Tel de Altura, Negro Mixteco, Olotón, Serrano, Serrano de Oaxaca, Tepecintle, Vandefío
5. Valles muy altos (> 2500)	61	7	Chalqueño, Cónico, Elotes Cónicos, Mushito, Negro Mixteco, Palomero Toluqueño, Serrano

7.1.5 Razas de maíz manejadas por los grupos indígenas de Oaxaca

La distribución de las razas de maíz y la superficie cultivada de cada una de ellas varía dependiendo de los grupos indígenas que la cultivan, el clima, la topografía y el uso al que se destina. En Oaxaca existe una asociación estrecha entre razas de maíz y grupos indígenas. Por ejemplo, el maíz Zapalote chico se cultiva principalmente en el Istmo de Tehuantepec por los Zapotecos del Istmo; el maíz Bolita lo siembran los Zapotecos del Valle; la raza Olotón, Serrano y Tepecintle lo manejan los Mixes; el grupo Mixteco cultiva variedades criollos de la raza Chalqueño, Cónico, Olotón y Mushito, Arrocillo, Comiteco y Cónico; Los Mixtecos de la Costa tienen el maíz Olotillo, Tuxpeño y Conejito; los Zapotecos de la Sierra Sur plantan el maíz Mushito y Comiteco; en tanto los Chatinos tienen el maíz Comiteco, Olotillo y Tuxpeño, y los triques manejan principalmente los materiales Cónicos (Cuadro 10).

Hasta el año 2005 se han muestreado 13 grupos indígenas de los 16 que existen en el estado (Cuadro 10); por lo tanto, puede decirse que existe una buena representatividad de la diversidad manejada por las comunidades locales.

Cuadro 10. Número de colectas y razas de maíz manejadas por los grupos indígenas de Oaxaca, México.

Grupo indígena	Número de colectas	Razas y número de colectas
1. Amuzgos	9	Nal-Tel (1), Olotillo (7), No reportada (1)
2. Chatinos	91	Comiteco (27), Conejo (1), Elotes Cónicos (1), Mushito (1), Nal-tel de Altura (11), Olotillo (28), Olotón (4), Pepitilla (1), Tepecintle (4), Tuxpeño (20), Vandeño (1)
3. Chinantecos	65	Bolita 81), Cónico (8), Elotes Cónicos (3), Nal-Tel (1), Olotillo (6), Tepecintle (29), Tuxpeño (9), Vandeño (4)
4. Chocholtecos	6	Chaqueño (1), No reportadas (5)
5. Cuicatecos	67	Bolita (6), Celaya (5), Chalqueño (4), Chiquito (10), Comiteco (4), Cónico (2), Elotes Cónicos (3), Elotes Occidentales (2), Nal-Tel (2), Nal-Tel de Altura (3), Olotillo (2), Olotón (17)
6. Huaves	6	Tepecintle (1), Tuxpeño (1), Zapalote Chico (4)
7. Mazatecos	102	Arrocillo (1), Celaya (1), Chalqueño (4), Chiquito (10), Comiteco (4), Cónico (2), Elotes Cónicos (3), Elotes Occidentales (2), Nal-Tel (2), Nal-Tel de Altura (3) Olotillo (2), Olotón (17)
8. Mestizos	439	Arrocillo (1), Bolita (229), Celaya (8), Chalqueño (1), Conejo (1), Cónico (38), Elotes Cónicos (2), Elotes occidentales (2), Mixeño (2), Mushito (5), Nal-Tel (2), Nal-Tel de Altura (4), Olotillo (32), Olotón (4), Palomero Toluqueño (1), Pepitilla (4), Serrano (2), Tepecintle (20), Tuxpeño (46), Vandeño (6), Zapalote Chico (10), Zapalote Grande (3)
9. Mixes	139	Bolita (10), Celaya (1), Chiquito (16), Comiteco (1), Mixeño (1), Nal-Tel (6), Nal-Tel de Altura (5), Olotillo (2), Olotón (17), Serrano (17), Serrano de Oaxaca (2), Tepecintle (28), Tuxpeño (8), Vandeño (5), Zamorano (1), Zapalote Grande (3)

Cuadro 10. Número de colectas y razas de maíz manejadas por los grupos indígenas de Oaxaca, México.		
Grupo indígena	Número de colectas	Razas y número de colectas
10. Mixtecos		
a) Mixtecos de la parte alta	273	Ancho (1), Arrocillo (4), Bolita (46), Celaya (13), Chalqueño (24), Chiquito (9), Comiteco (1), Cónico (50), Cónico Norteño (3), Elotes Cónicos (12), Mixeño (7), Mixteco (1), Mushito (44), Nal-Tel (1), Nal-Tel de Altura (5), Negro Mixteco (2), Olotillo (1), Olotón (20), Olotón Imbricado (1), Pepitilla (5), Serrano de Oaxaca (3), Serrano Mixe (1), Tehua (1), Tepecintle (8), Tuxpeño (2), Vandeño (4), Zapalote Grande (1)
b) Mixtecos de la Costa	68	Conejo (3), Nal-Tel (1), Olotillo (33), Tepecintle (2), Tuxpeño (9), Vandeño (1), No reportadas (10)
11. Nahuatl	18	Chiquito (3), Mushito (11), Nal-Tel de Altura (1), Olotón (2), Vandeño (1)
12. Negros de la Costa	7	Nal-Tel (3), Tepecintle (2), No reportadas (2)
13. Triques	37	Celaya (1), Cónico (12), Elotes Cónicos (4), Mushito (12), Nal-Tel (1), Olotón (2), Serrano (1)
14. Zapotecos		
a) Zapotecos del Papaloapam	23	Tepecintle (13), Tuxpeño (1), No reportadas (7)
b) Zapotecos del Istmo	131	Celaya (1), Nal-Tel (1), Olotillo (1), Tuxpeño (13), Vandeño (1), Zapalote Chico (102), Zapalote Grande (5), No reportada (4)
c) Zapotecos del Valle	125	Bolita (108), Celaya (2), Elotes Cónicos (1), Vandeño (3), No reportadas (5)
d) Zapotecos de la Sierra Norte	88	Arrocillo (1), Bolita (4), Comiteco (2), Cónico (51), Elotes Cónicos (6), Mushito (2), Nal-Tel (3), Nal-Tel de Altura (3), Olotillo (3), Olotón (3), Serrano (3), Tabloncilo (1), Tepecintle (2), No reportadas (4)
e) Zapotecos de la Sierra Sur	78	Arrocillo (10), Bolita (1), Comiteco (8), Cónico (14), Elotes Cónicos (8), Mixeño (1), Mushito (22), Nal-Tel de Altura (2), Negro Mixteco (2), Olotillo (3), Olotón (1), Serrano (2), Tuxpeño (1), No reportadas (3)

7.2 Mapas de distribución real y potencial de las razas de maíz de Oaxaca.

A continuación se presentan los mapas de distribución real y potencial de las razas de maíz de Oaxaca. Cabe aclarar que solo se elaboraron los mapas de distribución potencial en aquellos materiales que tenían al menos seis datos diferentes de localización (Latitud y Longitud) y se utilizó la información geográfica solo de las razas puras (es decir sin introgresiones de otras razas). De esta manera se tiene una predicción más cercana a la realidad, ya que al incluir las cruza entre razas, el área de distribución potencial se distorsiona y se amplía a zonas que no son los nichos adecuados para el desarrollo de la raza.

7.2.1 Distribución total de las razas de maíz en Oaxaca

Las 35 razas de maíz encontradas en Oaxaca (Figura 10) se localizan en diferentes estratos altitudinales, climas, suelos, vegetación y grupos indígenas del territorio Oaxaqueño. Es sorprendente la diversidad de maíces criollos que manejan los agricultores en sus parcelas. En una misma comunidad es posible encontrar varias razas de maíz (Anexo 1 y Figura 10), lo cual permitiría seleccionar a aquellos municipios o agencias municipales que mantengan esa alta diversidad para proponerlos como sitios de conservación in situ. Con los datos disponibles hasta la fecha no sería difícil diseñar un plan estatal de conservación de las diferentes razas de maíz.

7.2.2 Arrocillo

Es una raza indígena antigua, cuyo nombre se refiere al tipo característico del grano. Esta raza tiene mazorcas delgadas y cónicas, granos cortos, con un número mediano de hileras, promedio de 15 hileras de granos (Anexo 2). Es un material que se adapta a las partes altas de las sierras de Oaxaca (Figura 11). Para la conservación in situ de este material, la comunidad de Santa María Lachixio, Sola de Vega, es la más indicada, ya que posee las versiones más puras de la raza.



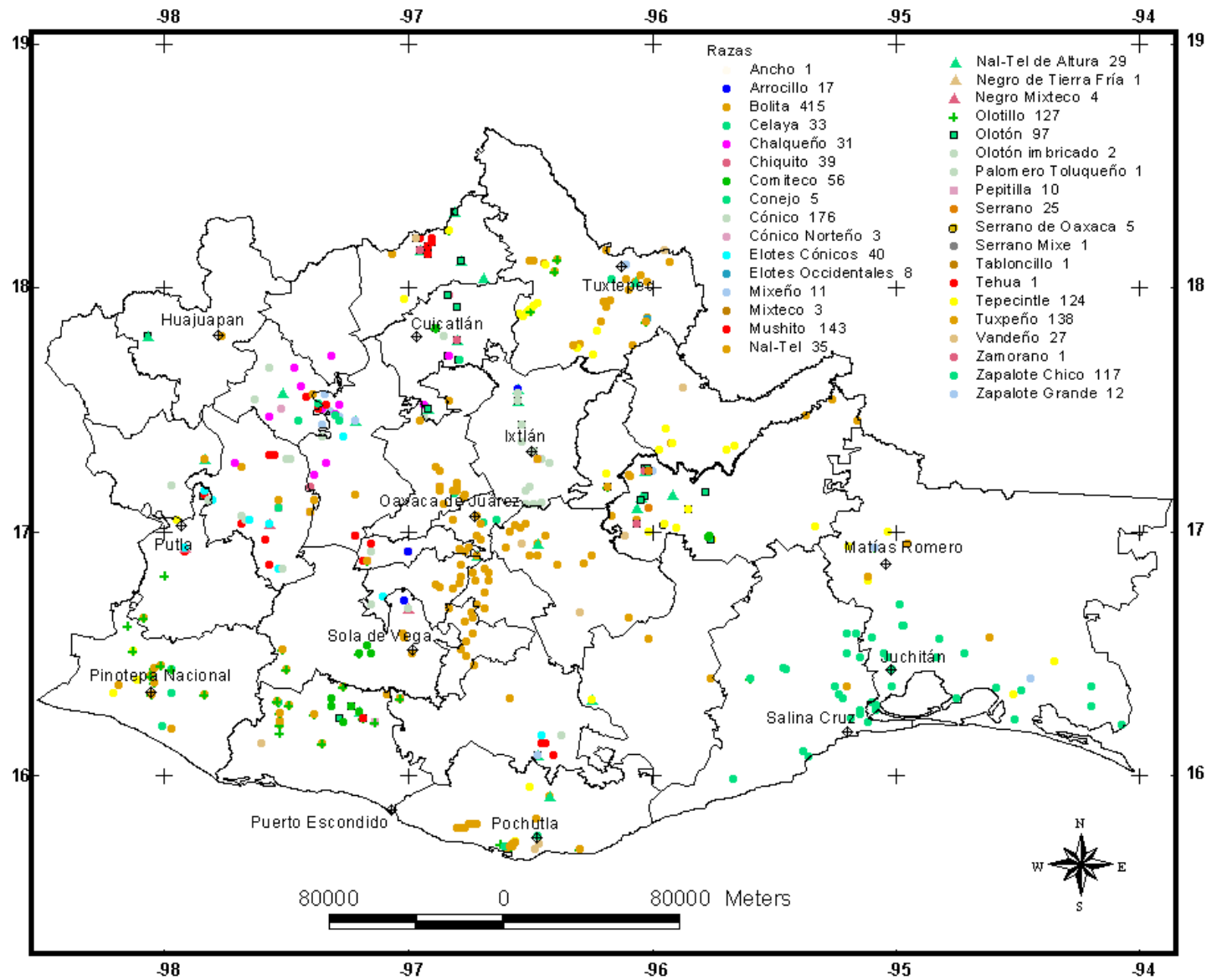


Figura 10. Distribución de las razas de maíz en Oaxaca, México

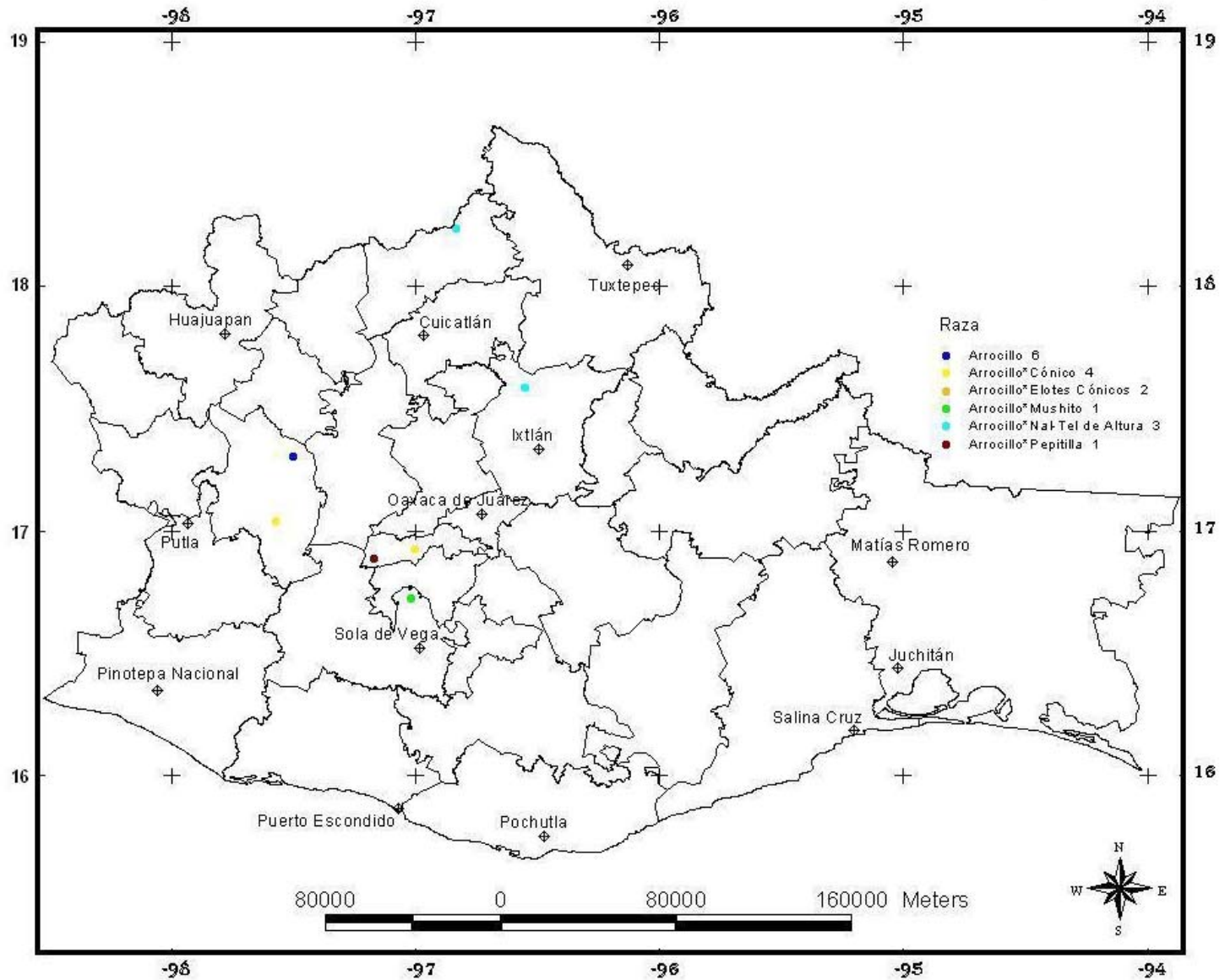


Figura 11. Distribución de la raza de maíz Arrocillo en Oaxaca, México.

7.3.3 Bolita

Esta raza tiene su origen en los Valles Centrales de Oaxaca (Figura 12); aunque tiene muchas introgresiones con otras razas, por lo que su área de adaptación es muy amplia. Puede encontrarse desde el trópico (1010 msnm) hasta los Valles Altos(2350 msnm). Se caracteriza por sus mazorcas cortas, provistas de una buena cobertura. Los granos tienen una apariencia redonda. Las mazorcas tienen pocas hileras, las plantas son de porte bajo y precoces (60 a 65 días a floración) (ver Anexo 2). Existe una amplia variedad de colores en esta raza de maíz. El criollo Bolita se cultiva en alrededor de 80,000 hectáreas en la región de los Valles Centrales. Con este material se elaboran las famosas tortillas “tlayudas” y la bebida refrescante y nutritiva denominada “Tejate”.

Algunos sitios que se pueden recomendar para la conservación in situ de la diversidad de esta raza de maíz son: Santa Ana Zegache, Ocotlán; San Bartolomé Quialana, Tlacolula; Santa Marta Chichihualtepec, Ejutla; La Trinidad, Zaachila; y San Juan Teitipac, Tlacolula.

Esta raza podría tener una marca colectiva porque está bien delimitada geográficamente, existe la mayor diversidad genética de la raza, así como por su bien definido uso cultural desde tiempos prehispánicos. La “Tlayuda del Valle”, tortillas elaboradas con maíz Bolita, podría ser una denominación del principal producto tradicional de la región de los Valles Centrales de Oaxaca. También la bebida tradicional de “Tejate”, es oriunda de esta región y fue desarrollada por los Zapotecos del Valle.



VC-34, criollo de la raza Bolita

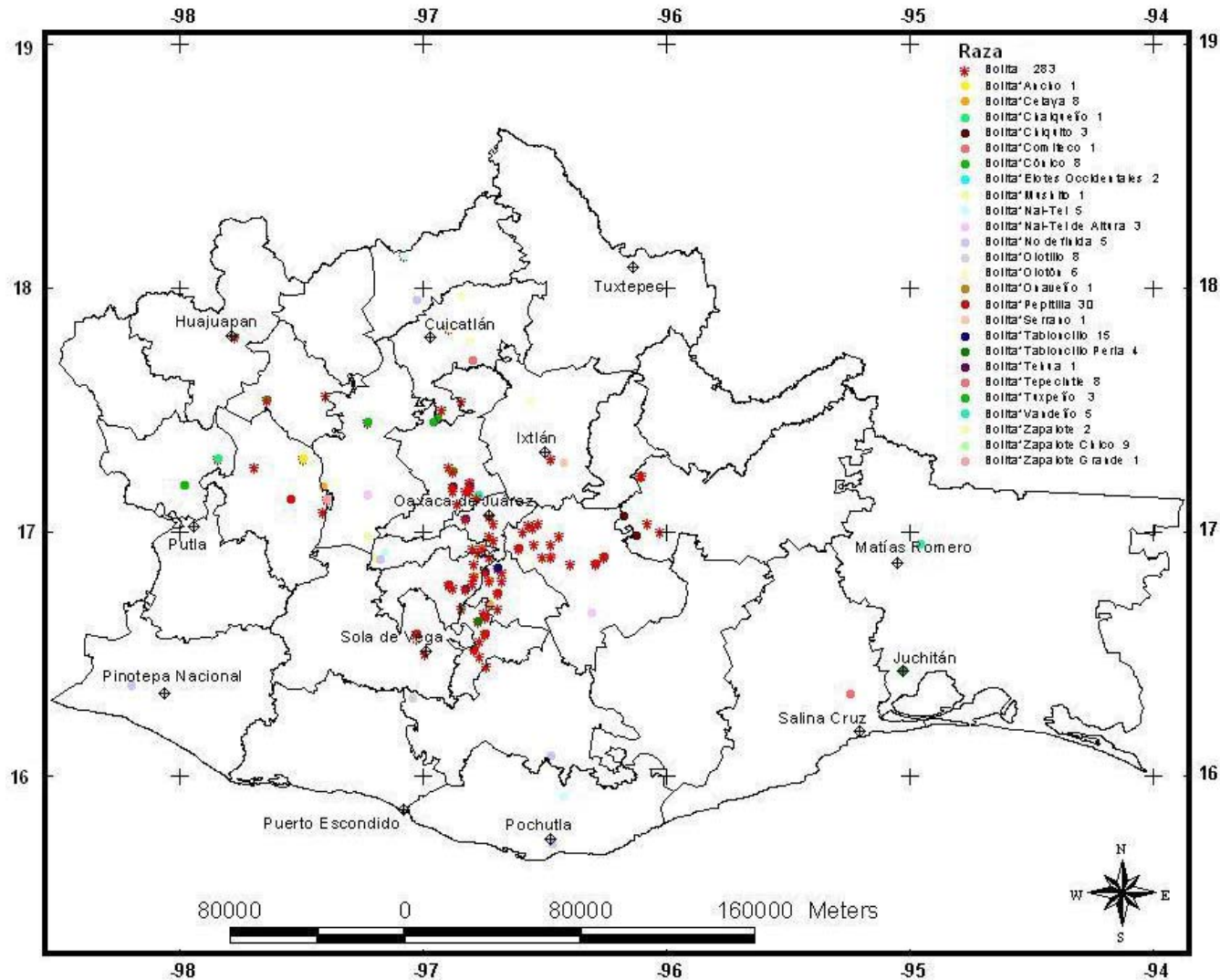


Figura 12. Distribución de la raza de maíz Bolita en Oaxaca, México

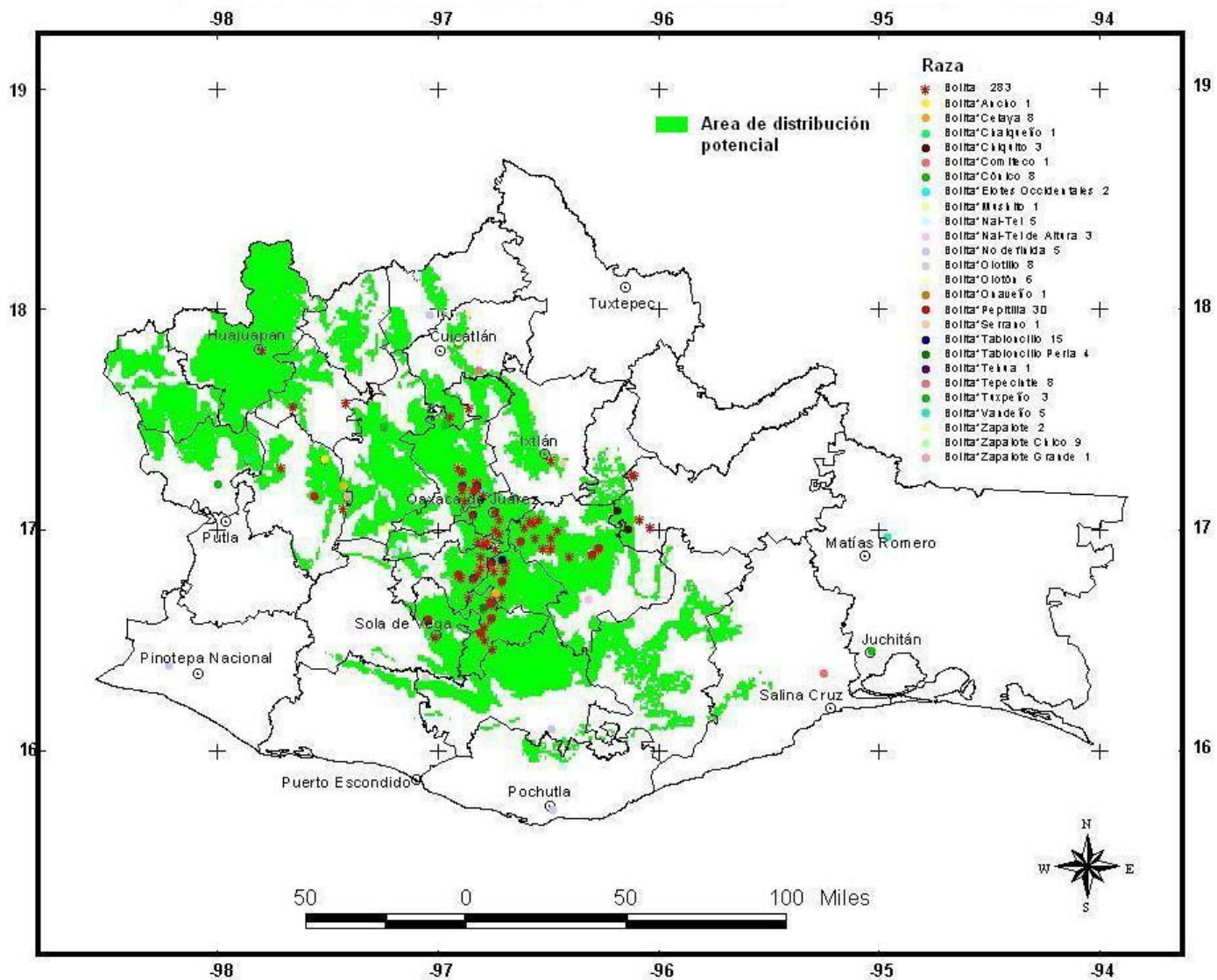


Figura 13. Área de distribución potencial de la raza de maíz Bolita en Oaxaca, México

7.2.4. Celaya

La raza Celaya no tiene una región definida de distribución en Oaxaca, se han encontrado muestras dispersas en varias regiones del estado y en su mayoría son cruza con otras razas. Solamente cuatro muestras representan a la raza pura (Figura 14). Este material tiene plantas medianamente altas, de dos tres metros, y son un poco tardías; sin embargo, cuando se cruza con otras razas como chalqueño presenta plantas muy altas (arriba de los tres metros) (Anexo 2). El rango de adaptación de la raza es desde los 20 m. hasta los 1640 m. de altitud, una temperatura promedio de 18 a 22 °C y una precipitación de 715 a 2754 mm.

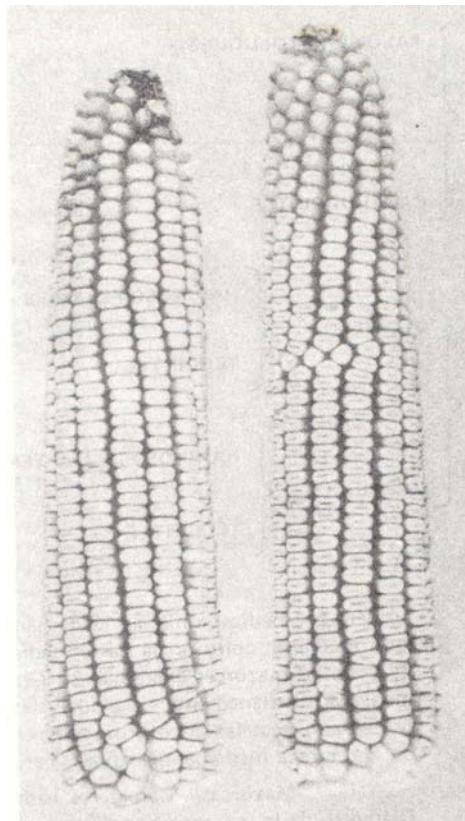


Foto tomada de Wellhausen et al. (1951)

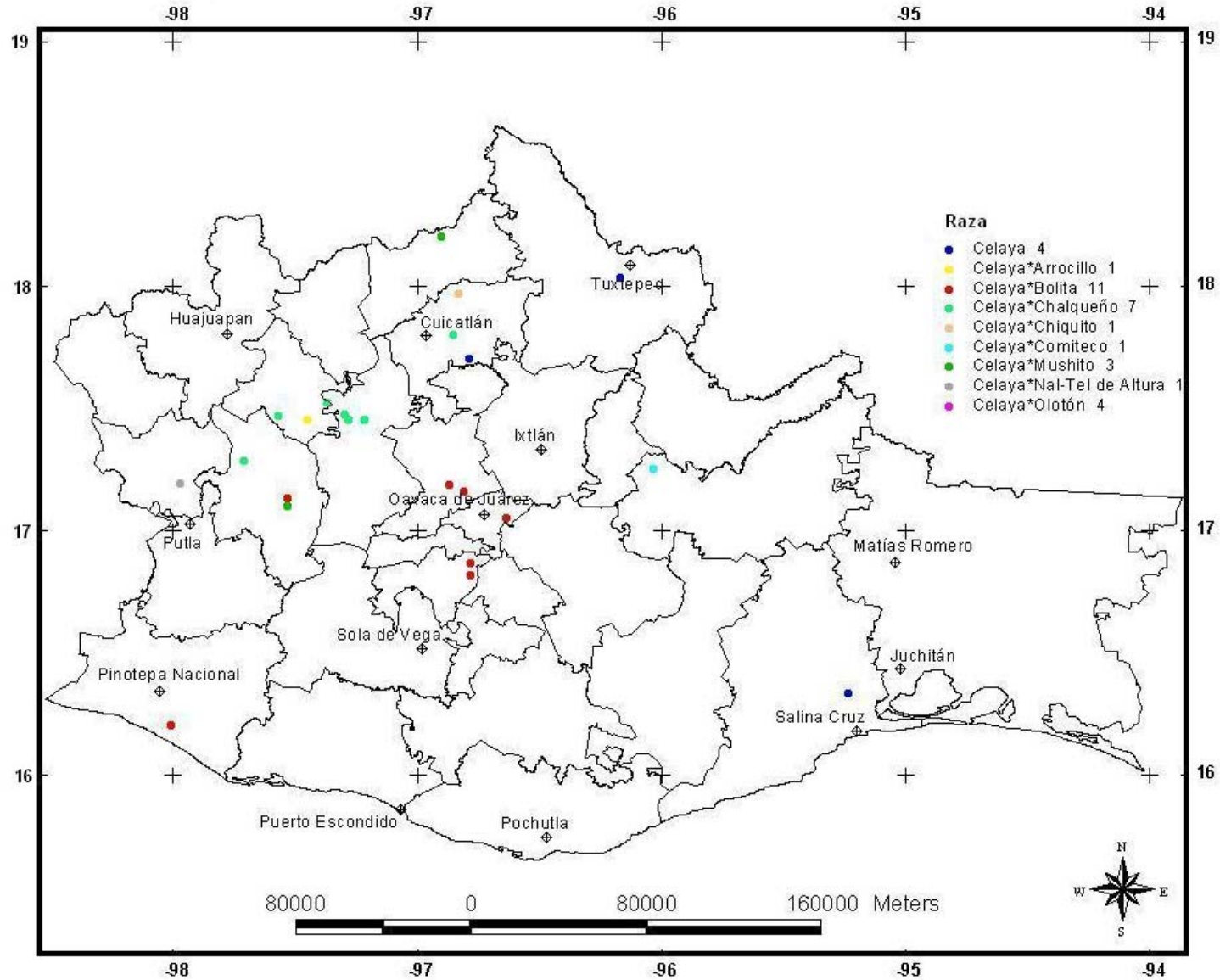


Figura 14. Distribución de la raza de maíz Celaya en Oaxaca, México

7.2.5 Chalqueño

La raza Chalqueño pertenece al grupo de las razas modernas incipientes. Su distribución principal es en la región Mixteca (parte alta) (Figura 15). Se caracteriza por tener plantas altas y tardías, mazorcas medianas a largas, grano grande y con un número de hileras superior a 12 (Anexo 2). Su principal área de distribución se localiza en la Mixteca Alta de Oaxaca y en algunas comunidades de la región de la Cañada (Figura 15). Los promedios de elementos climáticos de la raza son: Altitud: de 2020 a 2600; Temperatura media: de 16.6 a 16.7 °C; Precipitación: en un rango de 560 a 1125 mm.

El área de distribución potencial de la raza se ubica principalmente en la Mixteca Alta, con pequeñas áreas en la Sierra Sur, Cañada y Valles Centrales (Figura 16).



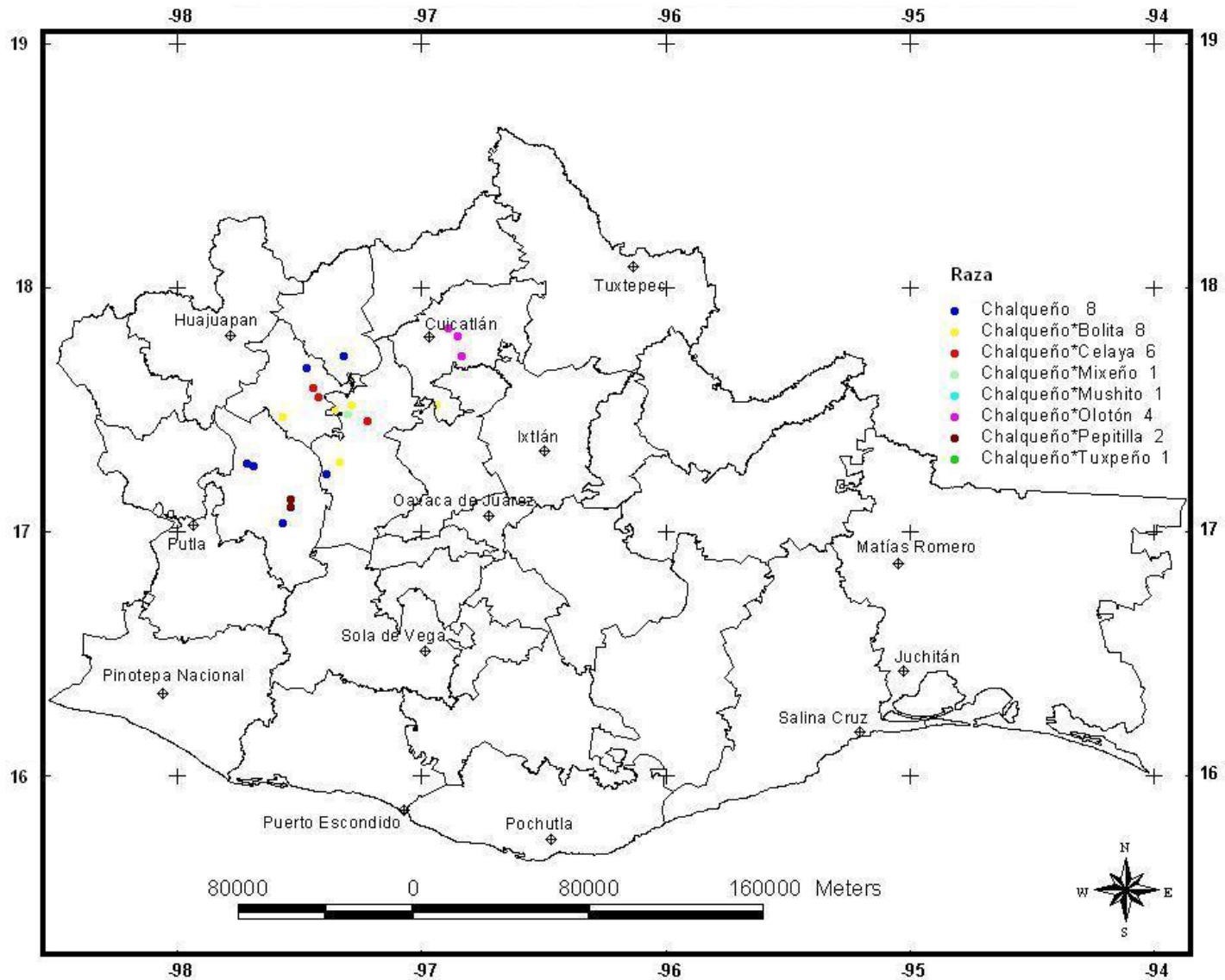


Figura 15. Distribución de la raza de maíz Chalqueño en Oaxaca, México

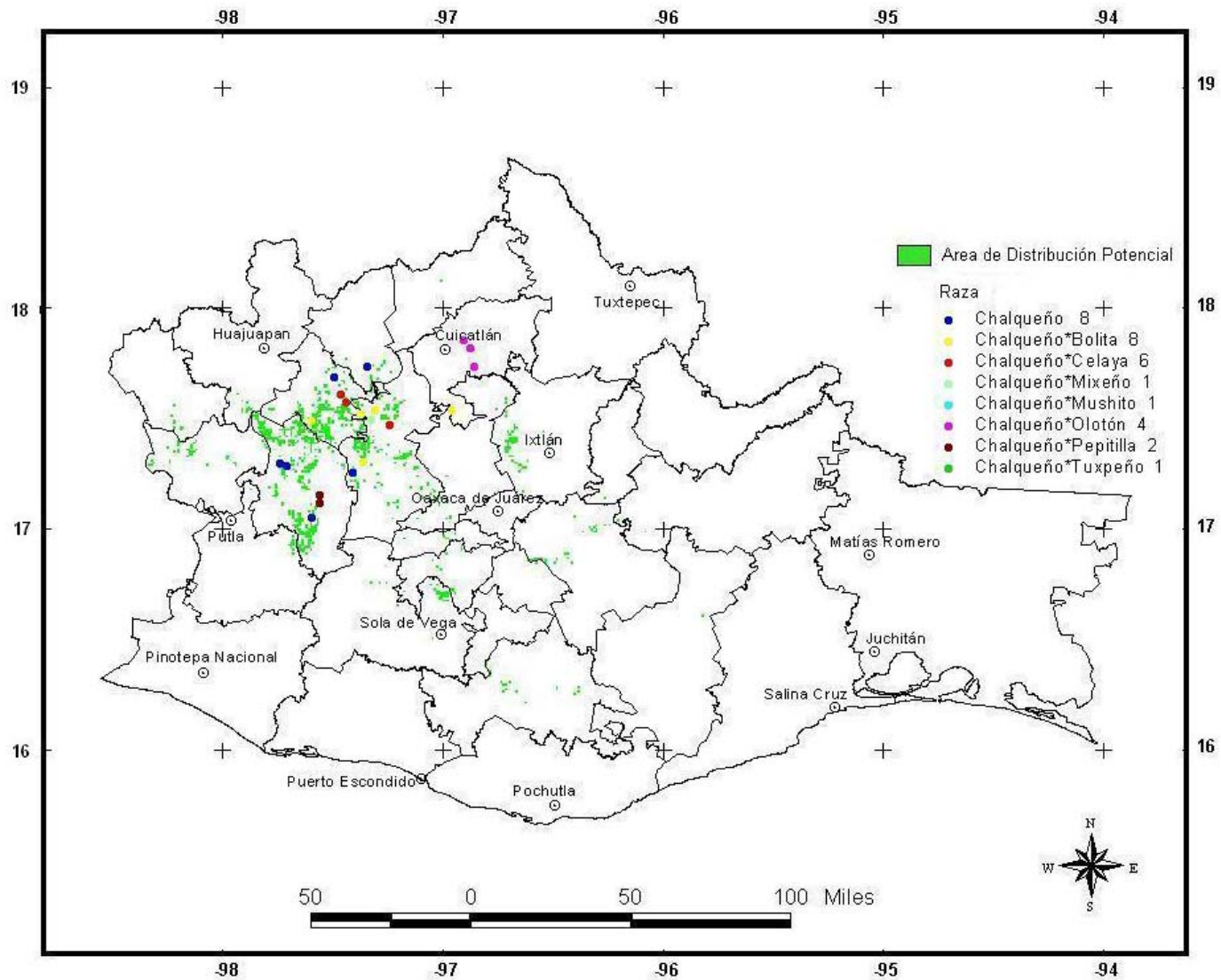


Figura 16. Área de distribución potencial de la raza de maíz Chalqueño en Oaxaca, México.

7.2.6 Chiquito

Es una raza no bien definida que se localiza principalmente en la región Sierra Norte y Cañada (Figura 17). Las comunidades con mayor número de ejemplares son: Concepción Pápalo, Cuyamecalco Villa de Zaragoza y Santos Reyes Pápalo. Los rangos y promedios climáticos de la raza son: Altitud: 1700 a 2170 m.; Temperatura media: 14.6 a 18.6 °C; y una precipitación de 745 a 2012 mm. Son materiales de porte intermedio, ciclo tardío, mazorcas de 15 a 17 cm. y con 12 a 14 hileras,

La distribución potencial de la raza es en las partes altas de la Sierra Sur, Mixteca, Cañada y Sierra Norte (Figura 18).

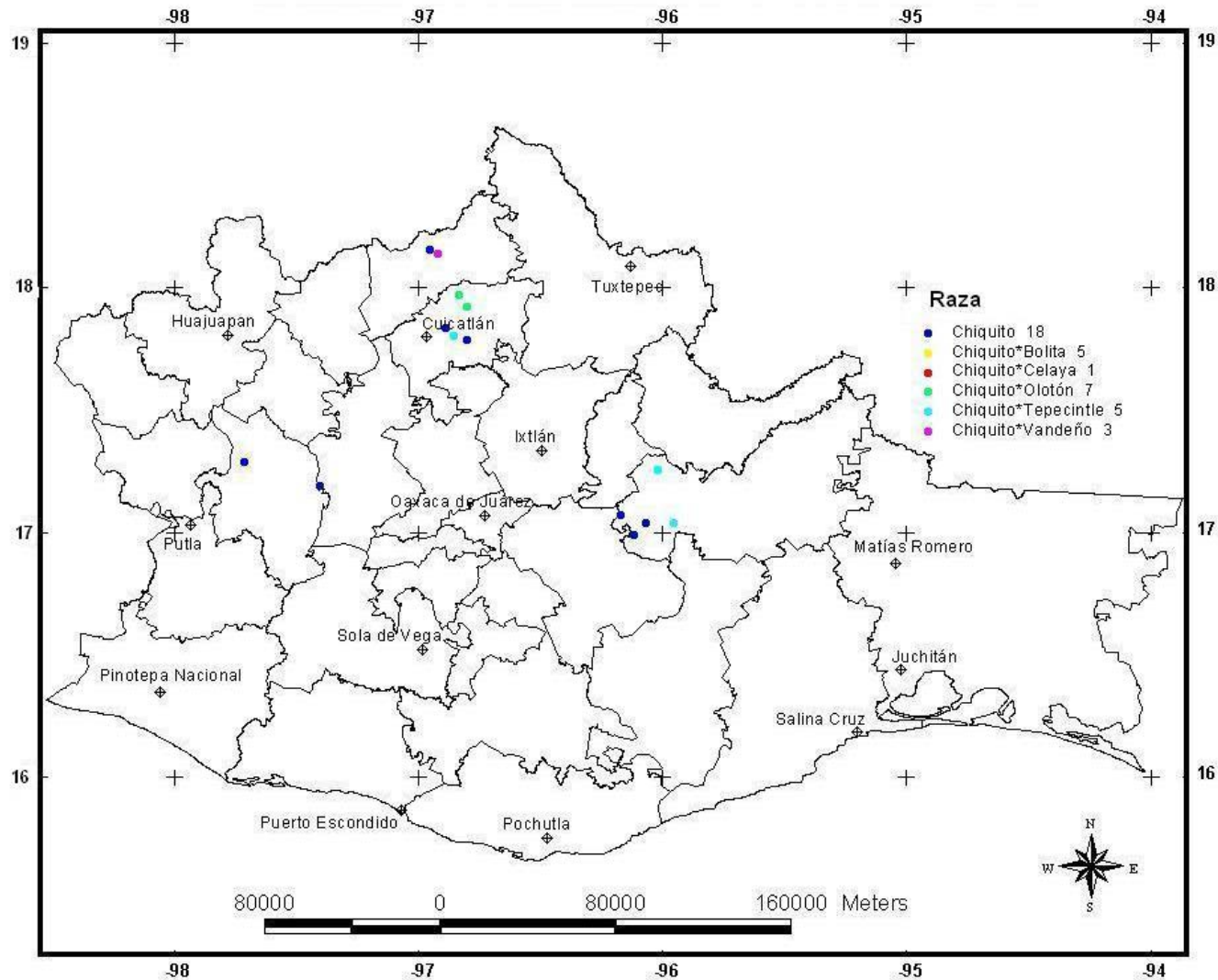


Figura17. Distribución de la raza de maíz Chiquito en Oaxaca, México

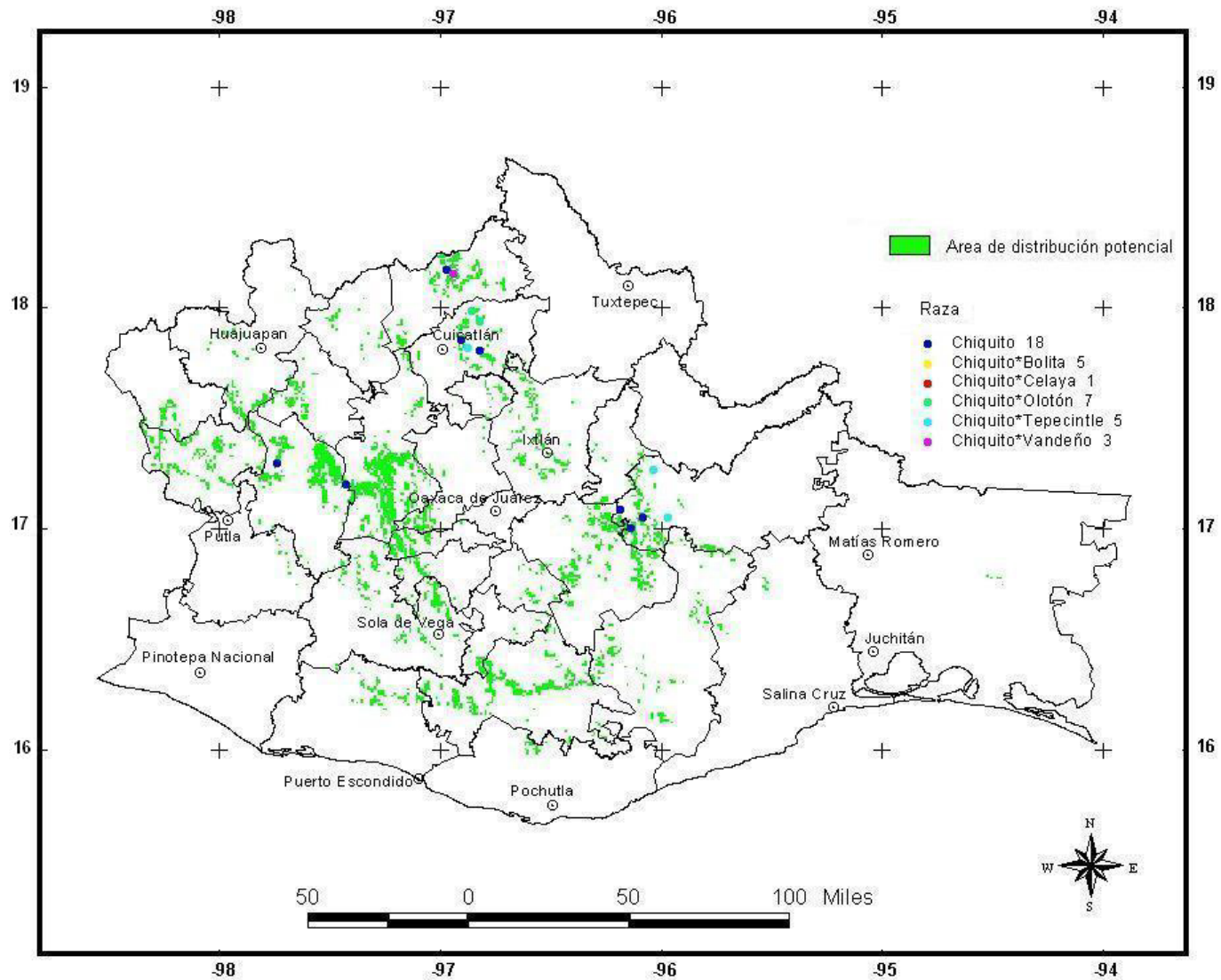


Figura 18. Área de distribución potencial de la raza de maíz Chiquito en Oaxaca, México

7.2.7 Comiteco

Esta raza posee plantas muy altas, con frecuencia superiores a los 3.5 metros. Es muy tardío (más de 120 días a floración), tiene tallos gruesos, y está adaptado a altitudes que van desde los 1300 hasta los 2340 m., temperatura media de 14.9 a 20.6 °C, y una precipitación de 1154 a 1962 mm. El área de distribución real de la raza se ubica principalmente en la Sierra Norte, Sierra Sur y Costa (Figura 19). Los municipios con una diversidad interesante de Comiteco son: San Juan Quiahije, Juquila; Concepción Pápalo, Cuicatlán; y Totontepec Villa de Morelos, Mixe.

La predicción de los modelos de distribución potencial del maíz Comiteco, ubica áreas dispersas en la parte montañosa de Oaxaca (Figura 20), localizadas en la Sierra Norte, Cañada, Mixteca y Sierra Sur, principalmente. Las áreas compactas de distribución potencial están ubicadas en las comunidades donde se colectaron la mayor cantidad de razas puras.



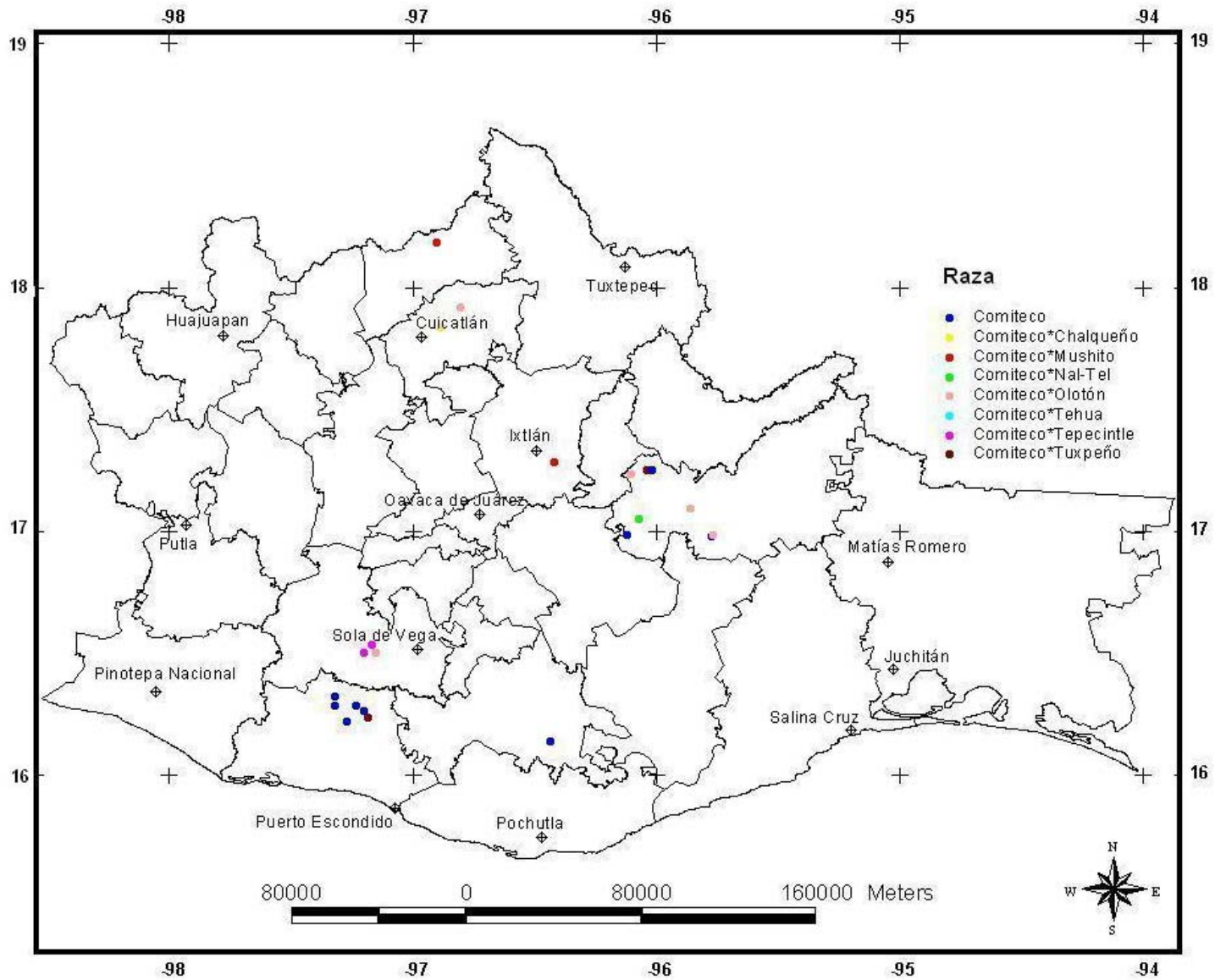


Figura 19. Distribución de la raza de maíz Comiteco en Oaxaca, México

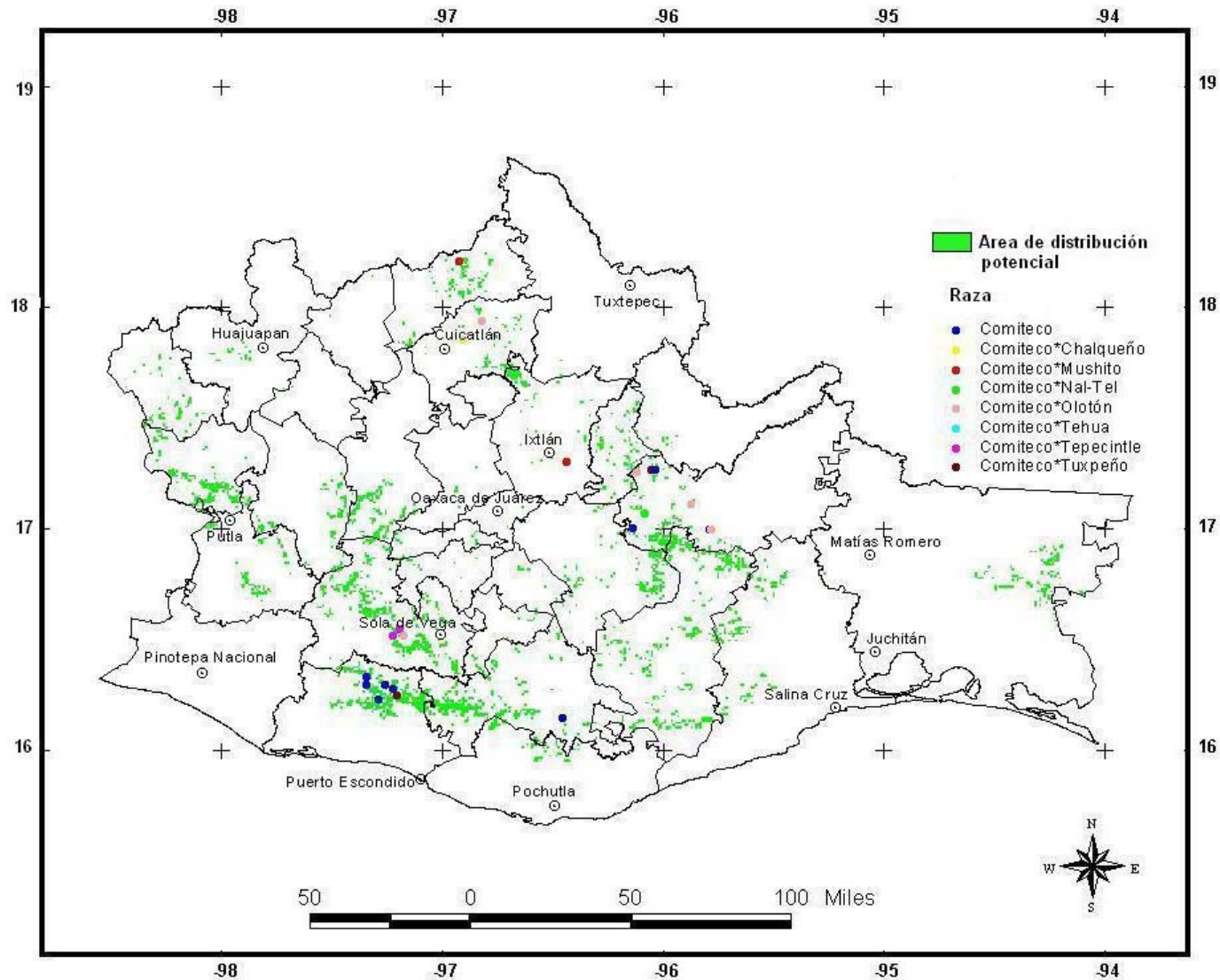


Figura 20. Área de distribución potencial de la raza de maíz Comiteco en Oaxaca, México

7.2.8 Conejo

Solo se tienen cinco colectas de esta raza, de las cuales solo dos se consideran como raza pura, las demás son introgresiones con Olotillo y Tepecintle. Su área de distribución se localiza en la región de la Costa (Figura 21), en las comunidades de San Pedro Jicayán, Pinotepa de Don Luís y Tataltepec de Valdéz. Es un material muy precoz (44-50 días a floración), de mazorca pequeña y plantas de porte bajo. Representa una alternativa para aquellos agricultores que desean obtener cosechas rápidas para el autoconsumo. Algunos productores le dan el reconocimiento como “maíz de pobres”



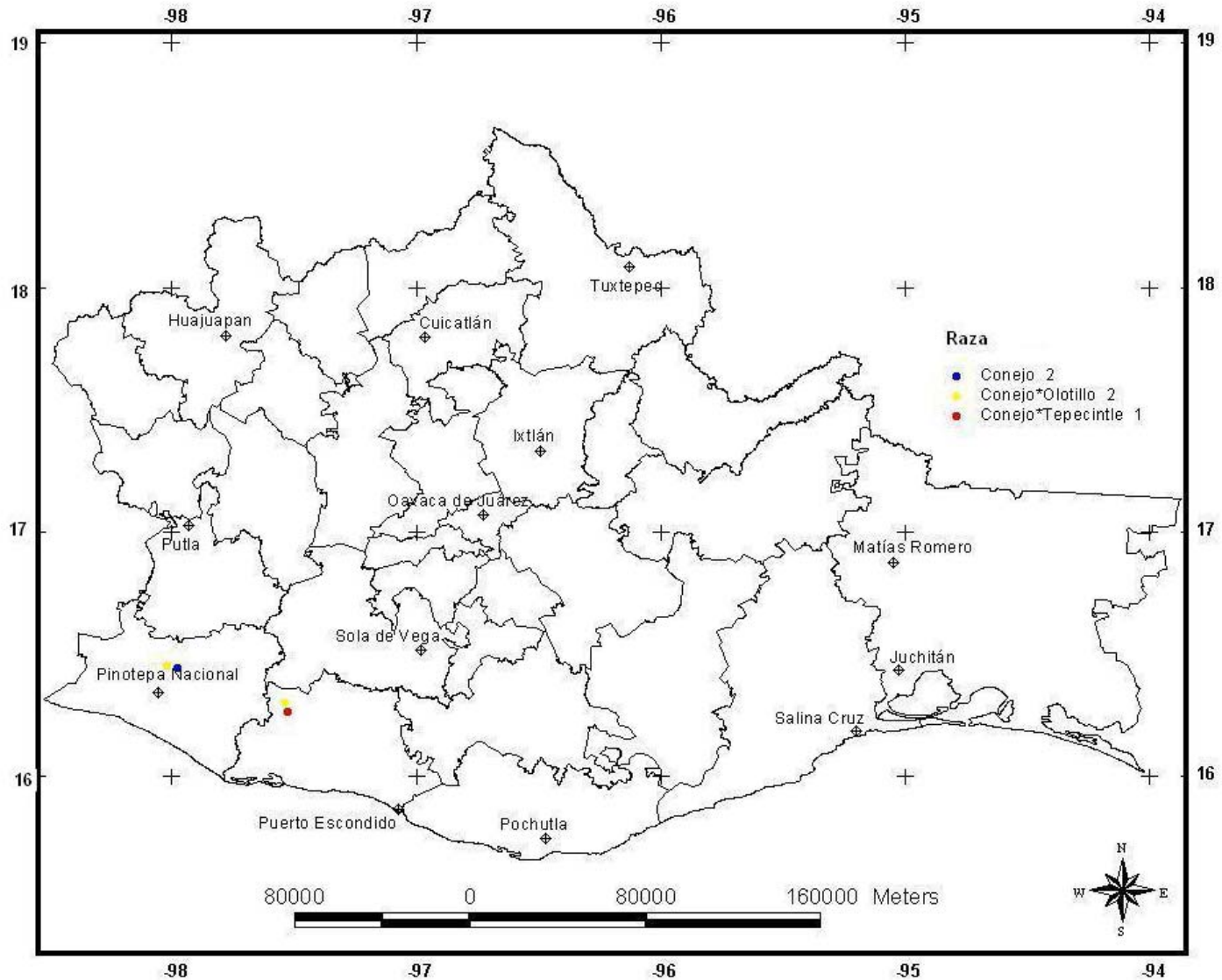


Figura 21. Distribución de la raza de maíz Conejo en Oaxaca, México

7.2.9 Cónico

Es una raza mestiza prehistórica que se encuentra en los valles altos de Oaxaca, principalmente en la región de la Mixteca, Sierra Norte y Sierra Sur (Figura 22). Los rangos de los elementos climáticos en donde se produce este maíz se encuentra desde los 1949 m. hasta los 2298 m. de altitud. Las comunidades con mayor diversidad de esta raza, y que pudieran considerarse en la conservación in situ son: Chalcatongo de Hidalgo, Santa Catarina Tayata, San Esteban Atlatlahuaca, san Vicente Lachixio, Santa Catarina Lachatao, Santiago Comaltepec y Santiago Xiacui.

Las plantas del maíz cónico son de porte bajo a intermedio, son precoces a intermedias, y tienen diferentes colores de grano. El rasgo distintivo de la raza es la forma cónica de su mazorca, con adelgazamiento pronunciado y uniforme de la base hacia el ápice. Las características agromorfológicas de los diferentes ejemplares de esta raza están contenidas en el Anexo 2.

La distribución potencial del maíz cónico se presenta en la región Mixteca, Sierra Norte y Sierra Sur (Figura 23). Estas áreas son las más propicias para su desarrollo.



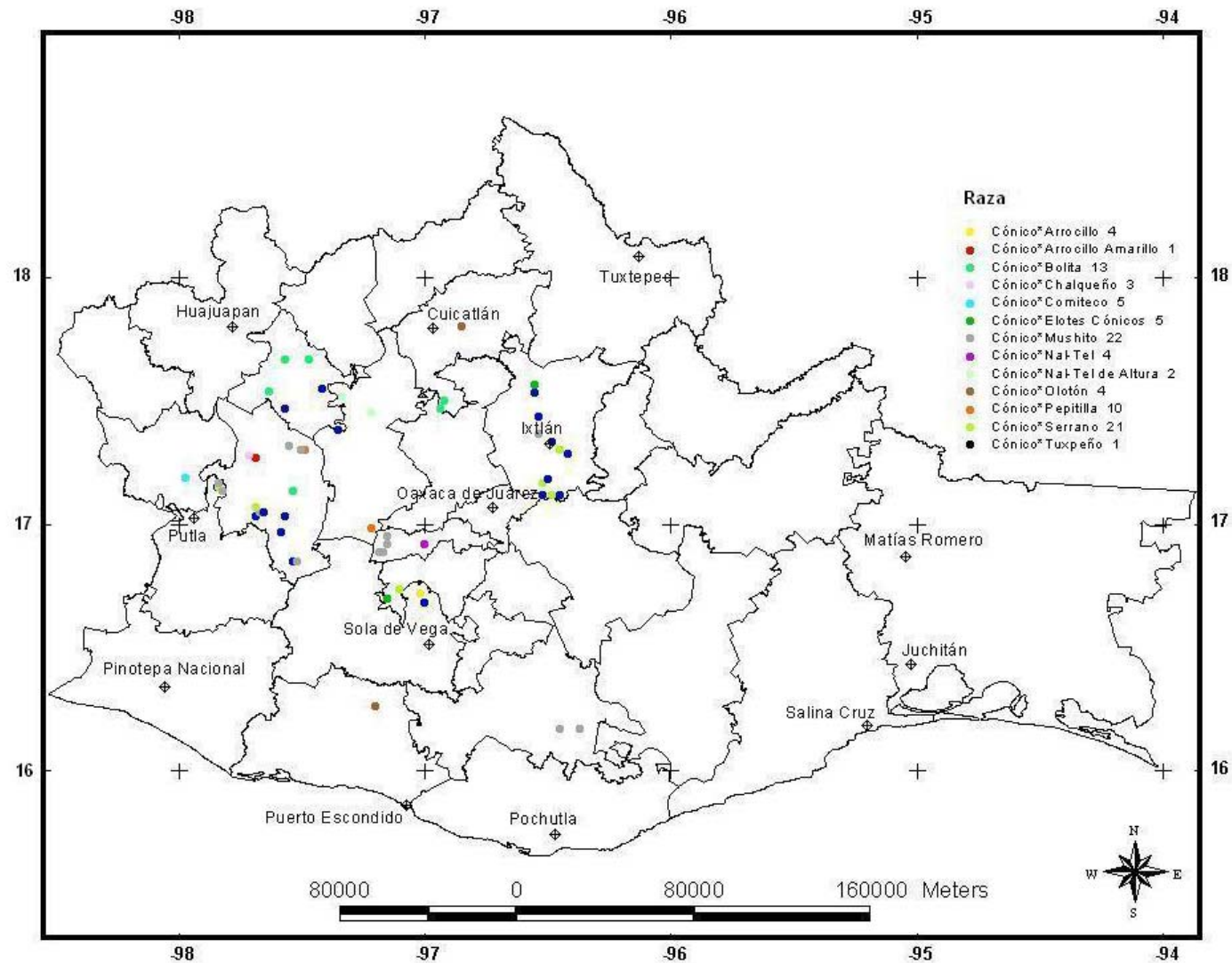


Figura 22. Distribución de la raza de maíz Cónico en Oaxaca, México

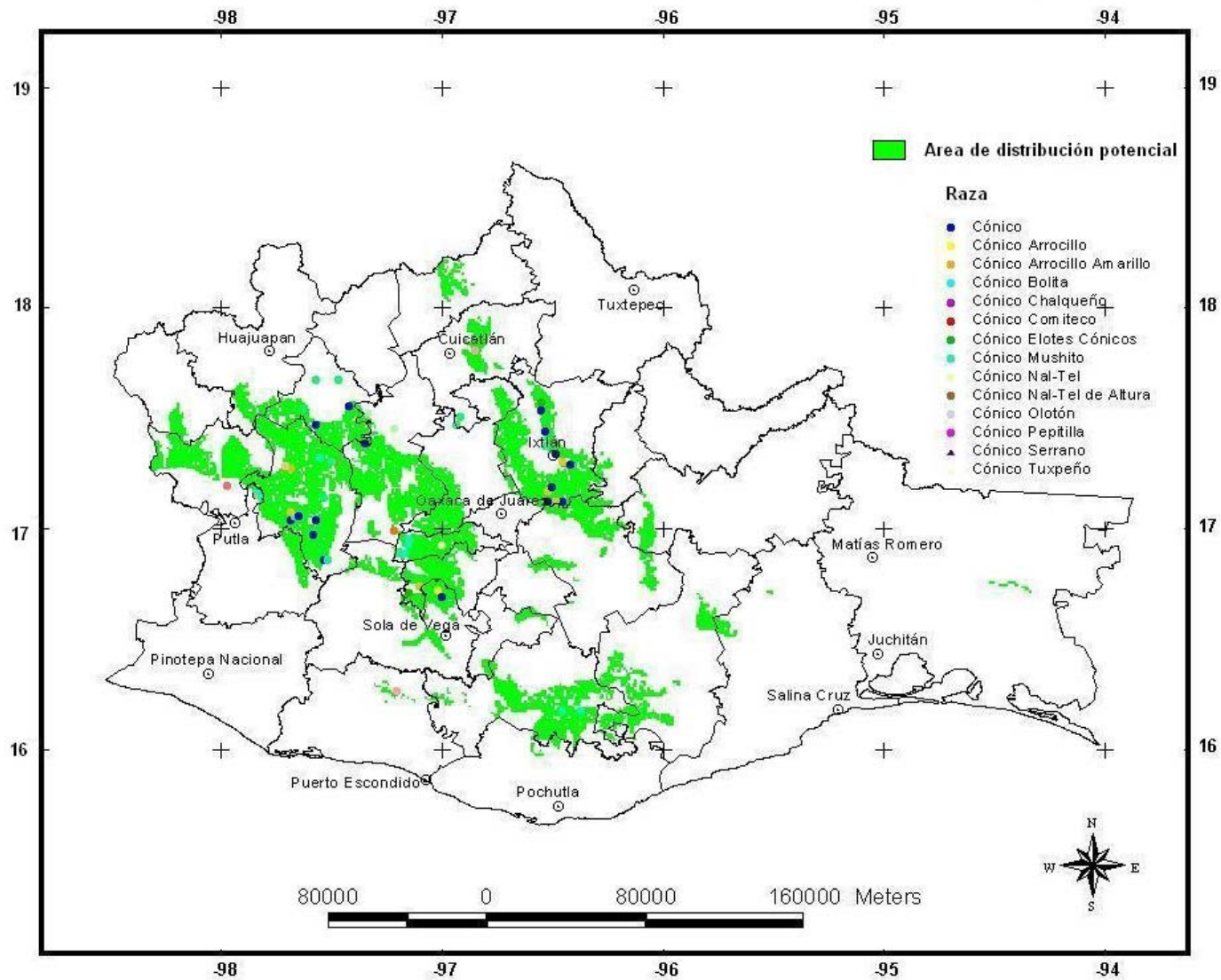


Figura 23. Área de distribución potencial de la raza de maíz Cónico en Oaxaca, México

7.2.10 Elotes Occidentales

Se considera una sub-raza del Harinoso de Ocho. En Oaxaca se han encontrado ocho muestras de elotes occidentales en la Región de los Valles Centrales y la Cañada (Figura 24). Son materiales de un ciclo intermedio, porte medio de planta, mazorca de 12 a 16 cm., y con 10 a 12 hileras de granos. Invariablemente el color del grano es azul. Las características climáticas donde se desarrolla la raza son: Altitud: 93 a 2170 m.; Temperatura media: 16.3 a 25.6 °C; precipitación: de 707 a 2684 mm.



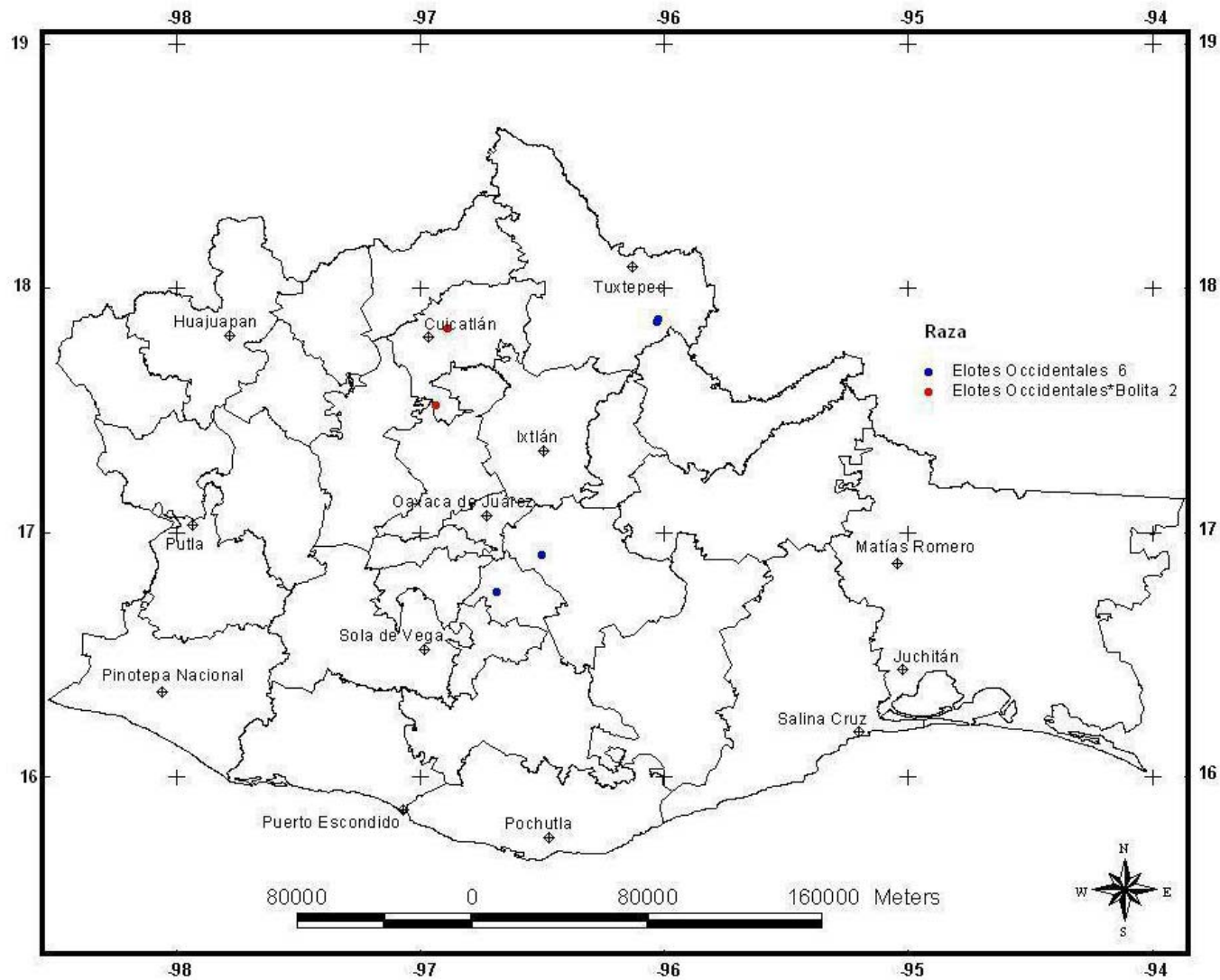


Figura 24. Distribución de la raza de maíz Elotes Occidentales en Oaxaca, México

7.2.11 Elotes Cónicos

La distribución de la raza elotes cónicos es dispersa en las áreas montañosas de Oaxaca, pero la mayor frecuencia de colectas se ha realizado en la región de la Mixteca (Figura 25). Las áreas de conservación in situ deberían ubicarse en las comunidades de Chalcatongo de Hidalgo (Región Mixteca), Santiago Comaltepec (Sierra Norte) y San Vicente Iachixio (Sierra Sur).

Los rangos y promedio climáticos de la raza son: Altitud: 1658 a 2750 m.; temperatura media: 12.5 a 22.4 °C; precipitación: 560 a 1878 mm.

La raza tiene un ciclo intermedio, porte de mediano a alto, mazorca mediana (de 12 a 17 cm.), y generalmente tienen un grano de color azul o negro.



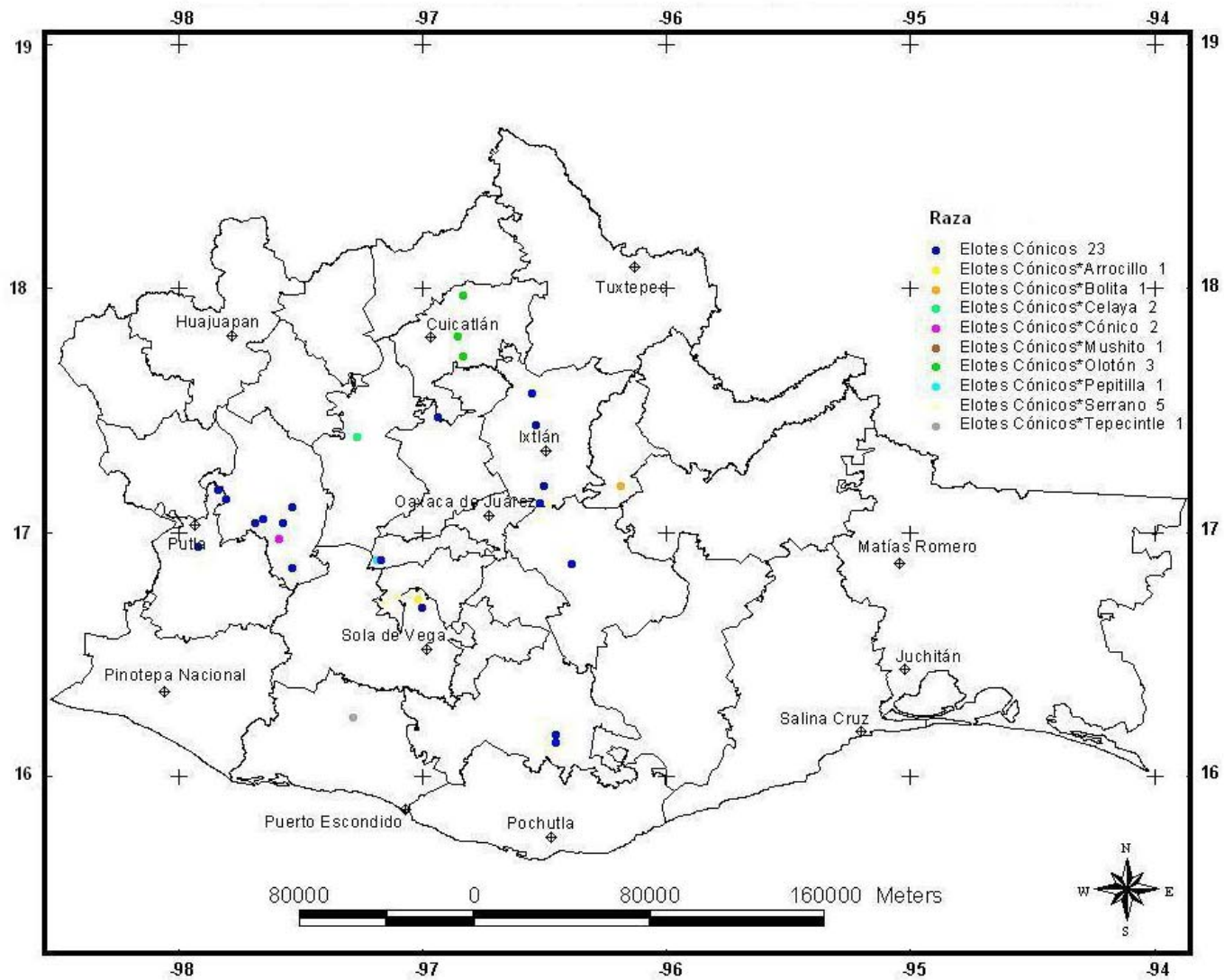


Figura 25. Distribución de la raza de maíz Elotes Cónicos en Oaxaca, México

7.2.12 Mixeño

Esta raza se denomina así por su localización inicial en la zona Mixe de la Sierra Norte de Oaxaca, aunque la mayor parte de las colectas se reportan en la región Mixteca (Figura .26). La raza se localiza entre los 1500 y 2460 msnm., una temperatura media de 13.6 a 18.6 °C, y una precipitación de 500 a 1862 mm. En el Anexo 2 se describen las características agromorfológicas de cada una de las colectas de la raza.

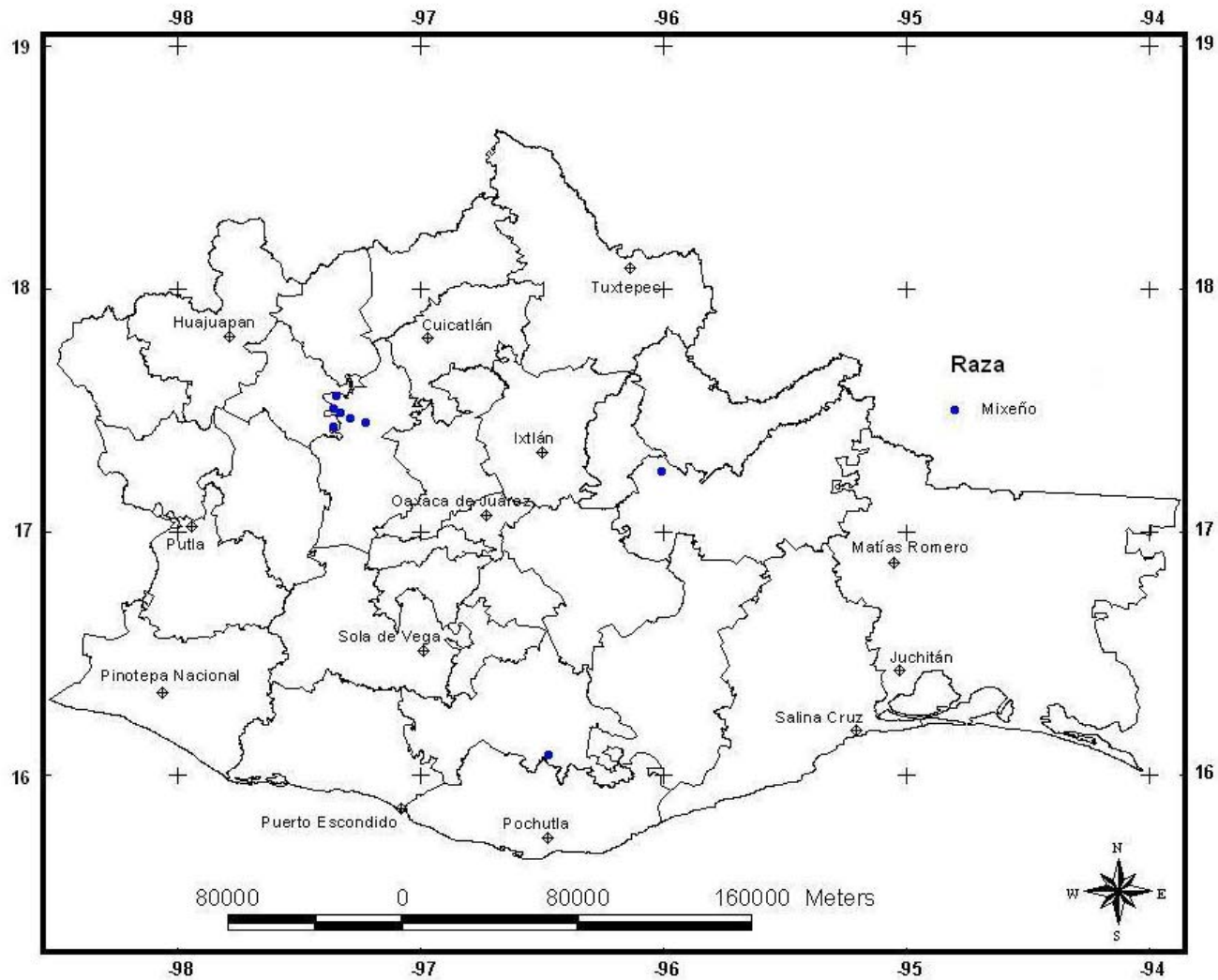


Figura 26. Distribución de la raza de maíz Mixeño en Oaxaca, México

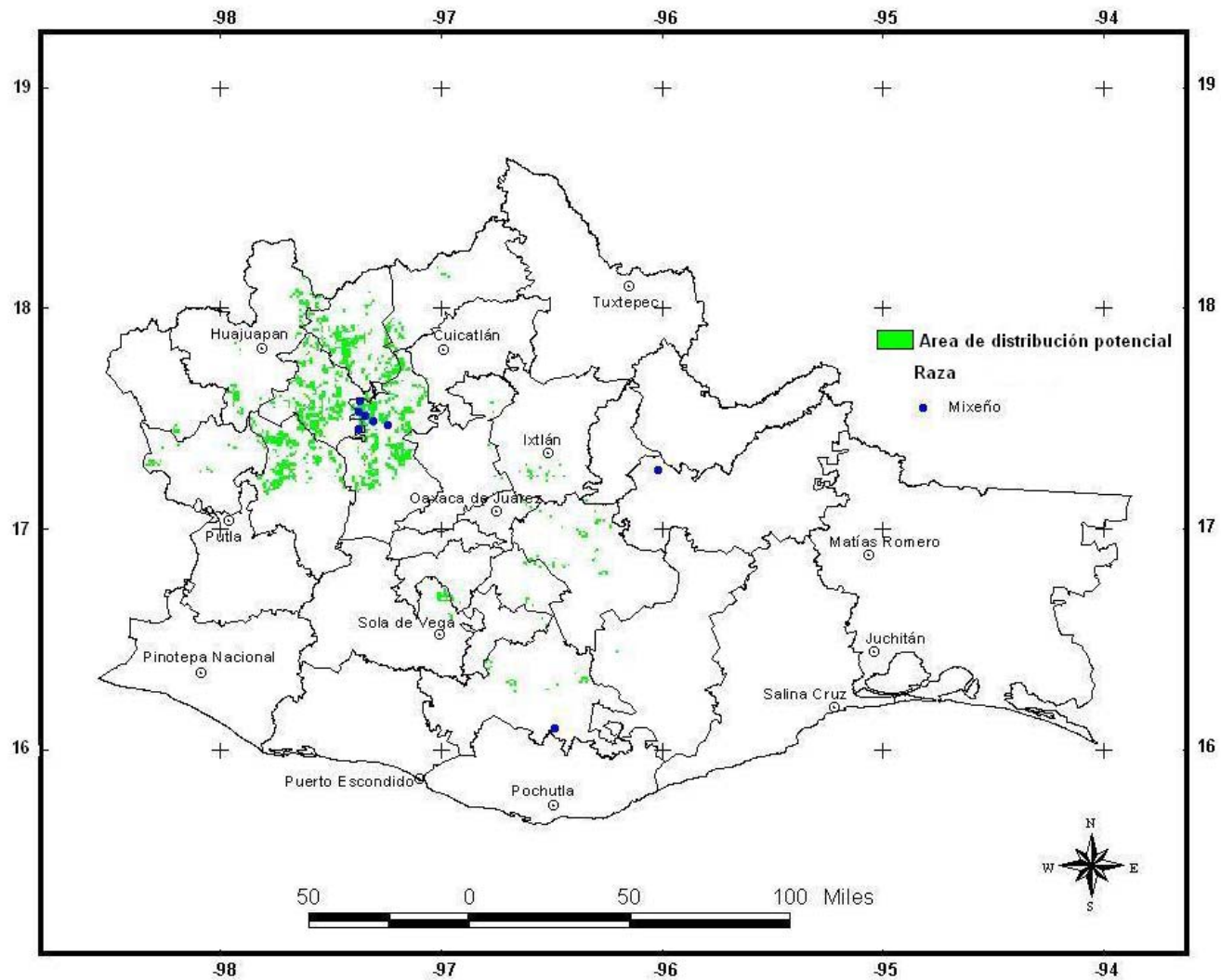


Figura 27. Área de distribución potencial de la raza de maíz Mixeño en Oaxaca, México

7.2.13 Mushito

Wellhausen y colaboradores (1951) agrupo está raza dentro de las razas no bien definidas. En Oaxaca tiene una amplia distribución en la Sierra Sur, Mixteca Alta y Cañada (Figura 28). Los municipios donde se encuentra la mayor diversidad de la raza son: San Miguel Suchixtepec (Sierra Sur), San Pedro Ocopetatlillo (Cañada), San Marcial Ozolotepec (Sierra Sur), San Lorenzo Cuaunecuiltitla, San Francisco Huehuetlán y Santiago Texcalcigo. La altitud mínima a la que se encontrado Mushito es a los 1725 m. y la máxima a 2574 m.; en tanto la temperatura media tiene un rango de 12.7 a 23.7 °C, y la precipitación va desde los 757 mm hasta los 2379 mm.

Mushito es una raza muy tardía, de porte alto de planta, mazorca larga y de grano dentado (Anexo 2). Tiene un alto potencial de rendimiento.

En la Figura 29 se presenta la distribución potencial de la raza Mushito. Es amplia el área donde puede encontrarse o cultivarse esta raza. Abarca todas las partes altas de la Sierra Sur, Mixteca Alta, Cañada y Sierra Norte.



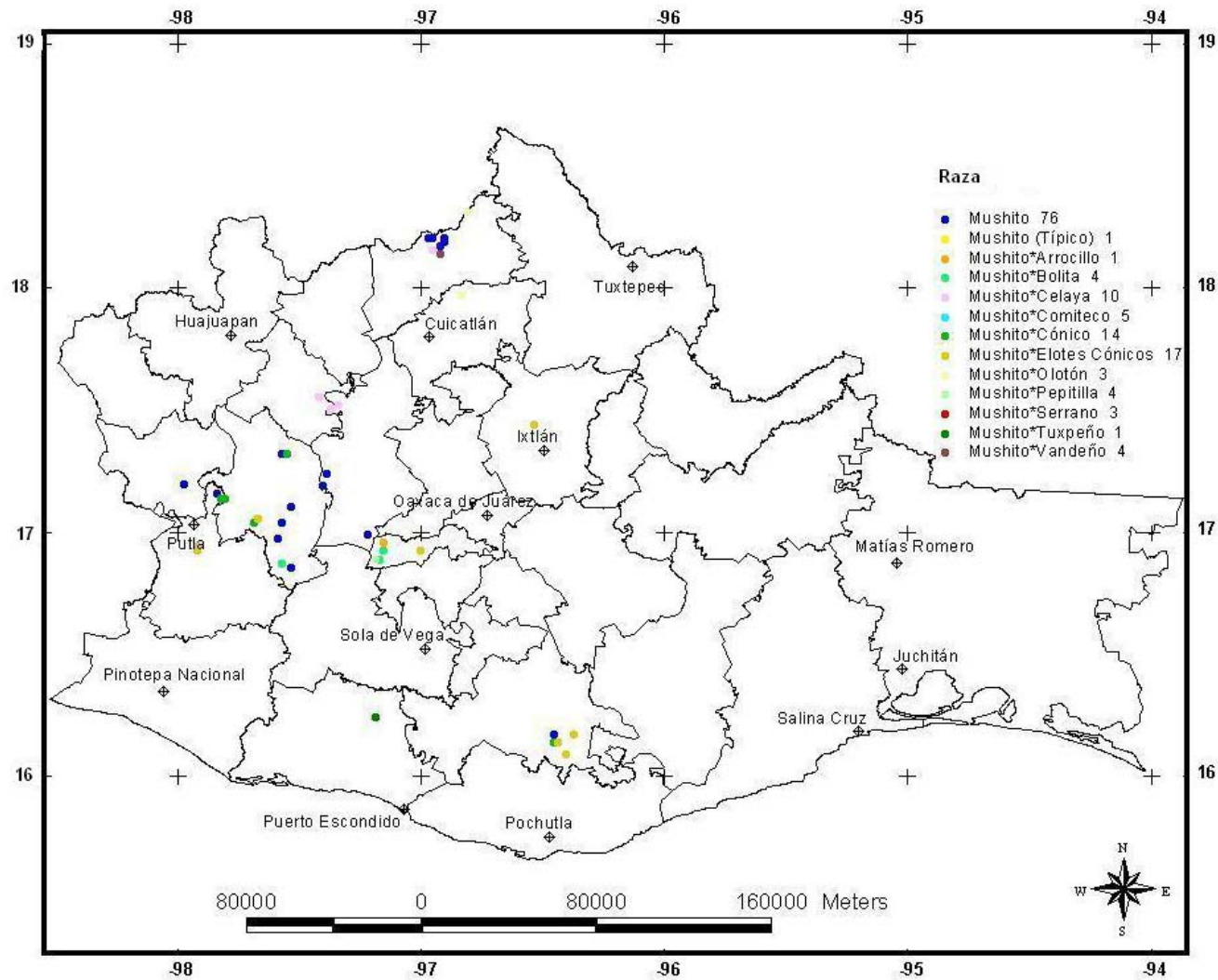


Figura 28. Distribución de la raza de maíz Mushito en Oaxaca, México

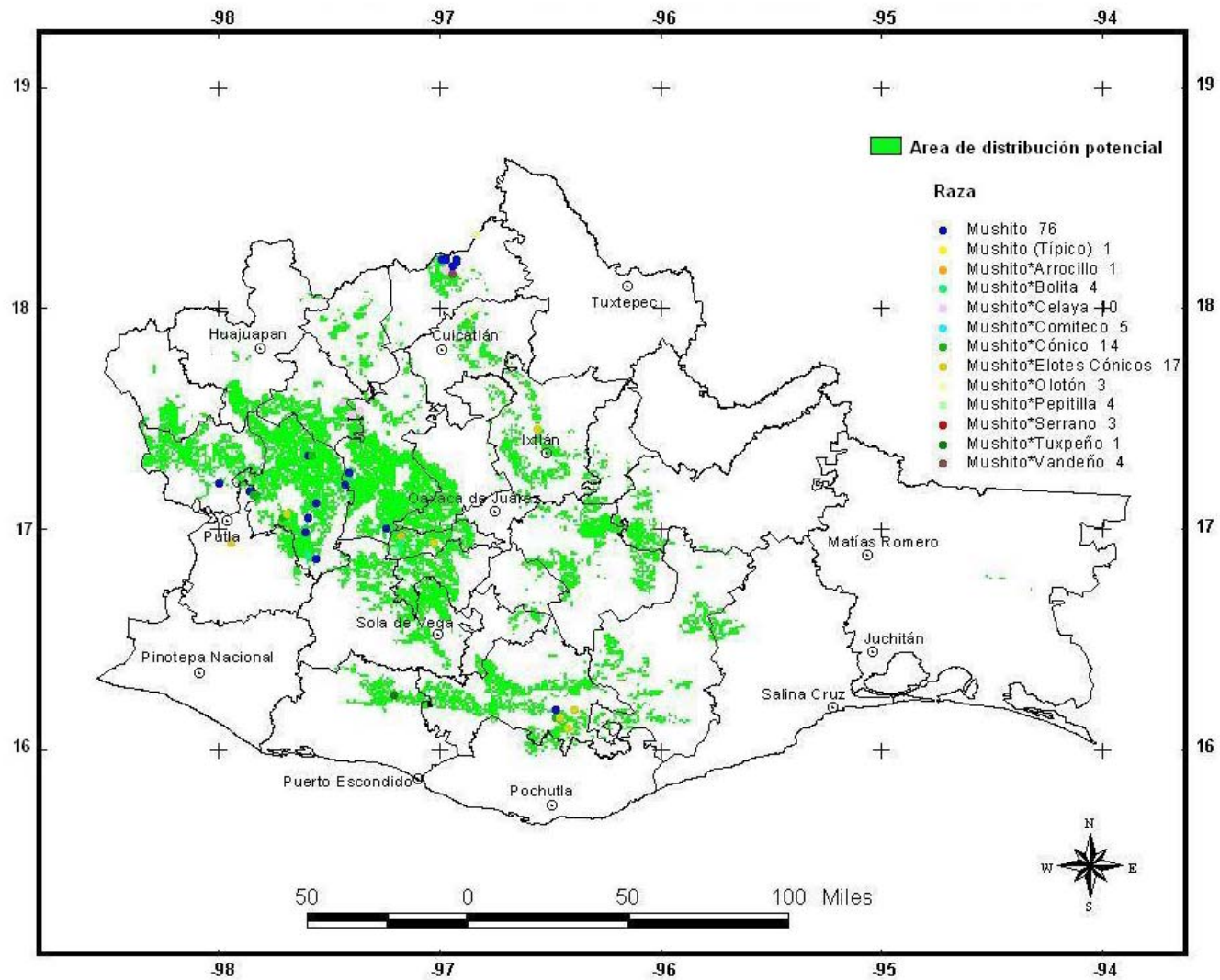


Figura 29. Área de distribución potencial de la raza de maíz Mushito en Oaxaca, México

7.2.14 Nal-Tel

Nal-Tel es el nombre que se usa comúnmente para designar a esta raza en la Península de Yucatán. En el estado de Oaxaca se han encontrado muestras de esta raza en sitios dispersos de la Costa, Istmo, Papaloapan y Sierra Norte (Figura 30). Las razas puras se han encontrado en San Miguel Tlacamama y San Pedro Amuzgos. Es un material precoz, de porte bajo, mazorca pequeña y granos dentados (Anexo 1 y 2).

El área potencial donde puede cultivarse Nal-Tel es pequeña, y se localizan principalmente en las áreas cálidas de la región de la Costa e Istmo de Tehuantepec (Figura 31).

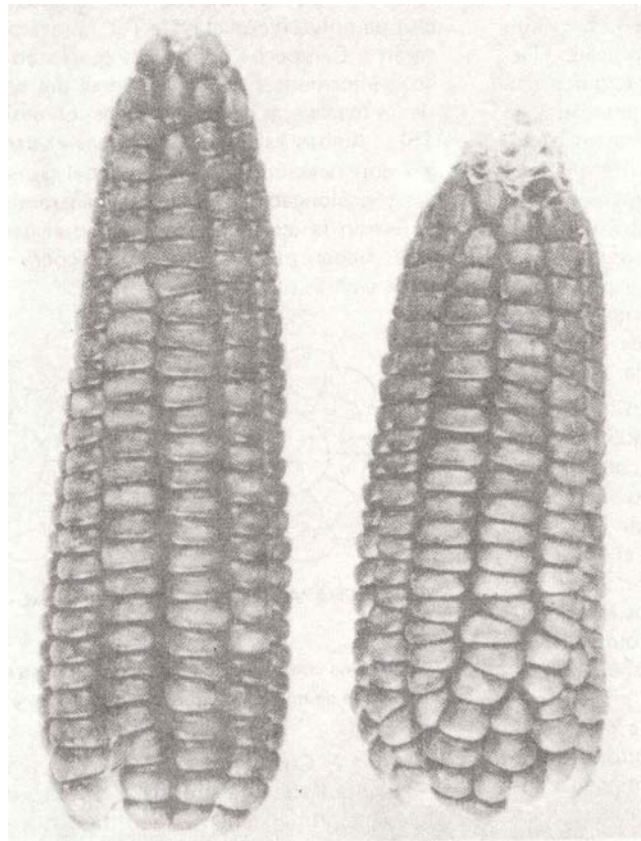


Foto tomada de Wellhausen et al. (1951)

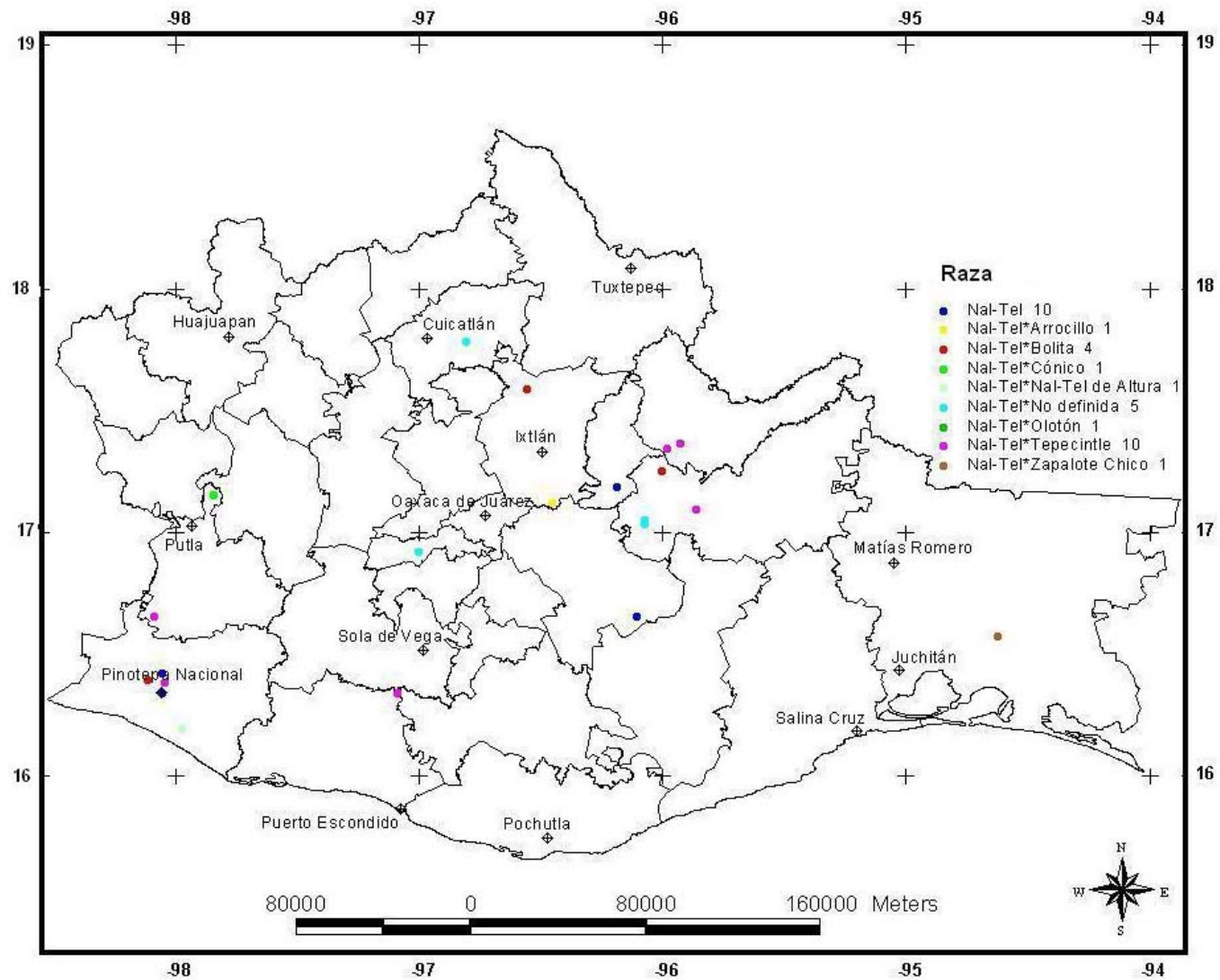


Figura 30. Distribución de la raza de maíz Nal-Tel en Oaxaca, México

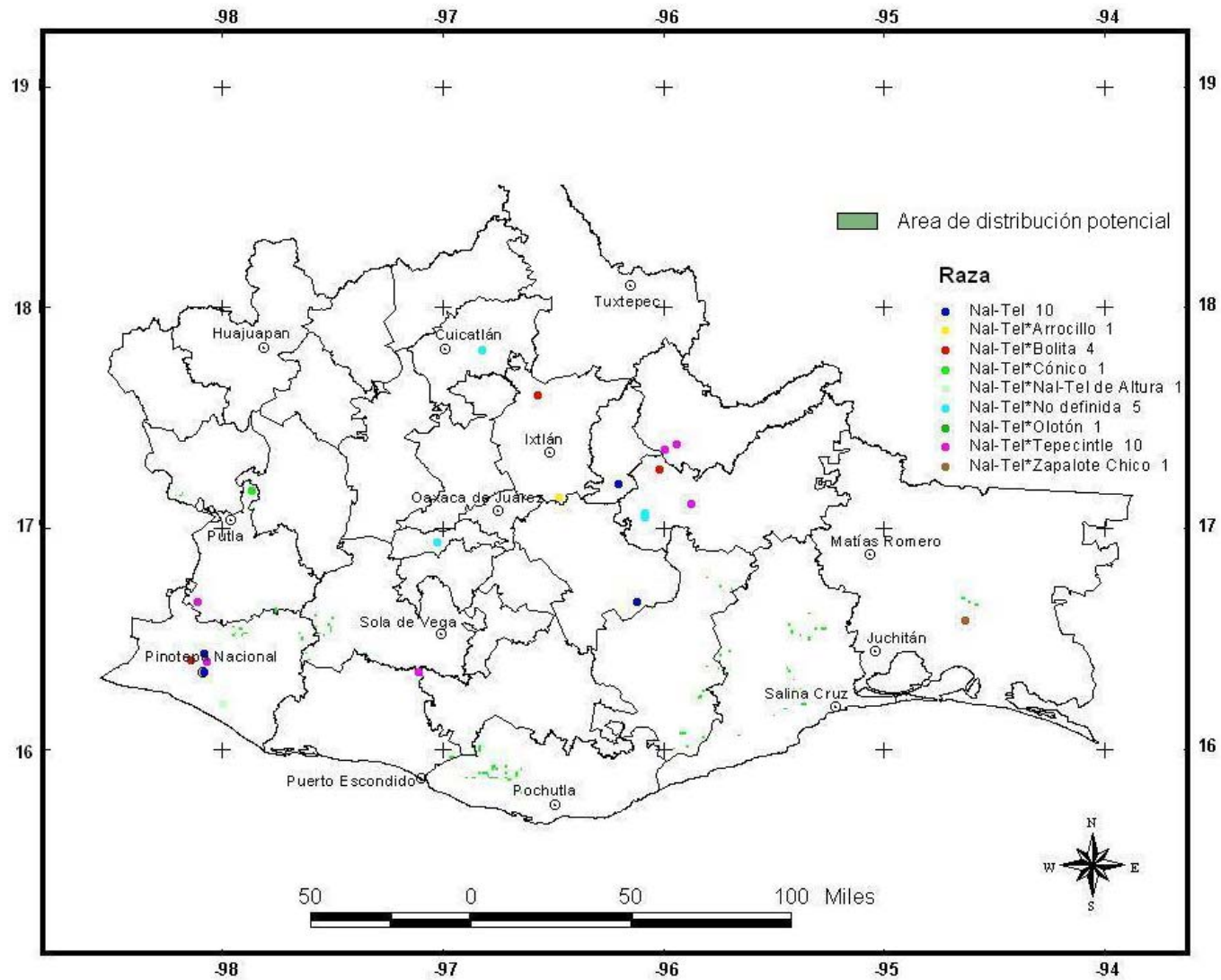


Figura 31. Área de distribución potencial de la raza de maíz Nal-Tel en Oaxaca, México

7.2.15 Nal-Tel de Altura

Esta raza se distribuye en varios sitios de la región del Papaloapan, Valles Centrales, Mixteca, Sierra Sur Cañada y la Costa (Figura 32). Los sitios con mayor diversidad de la raza son: San Pablo Macuiltianguis y San Pedro Yolox en la Sierra Norte, y Santa María Pápalo en la región de la Cañada. Es un material de ciclo intermedio, con plantas de porte medio a alto (Anexo 2). Se han encontrado ejemplares desde esta raza desde los 50 msnm. Hasta los 2500 m., en un rango de temperatura de 15.9 a 26.8 °C, y un rango de precipitación de 500 a 3158 mm.

El área de distribución potencial se localiza en las partes altas de la Mixteca, Sierra Sur, Cañada Y Sierra Norte (Figura 33).

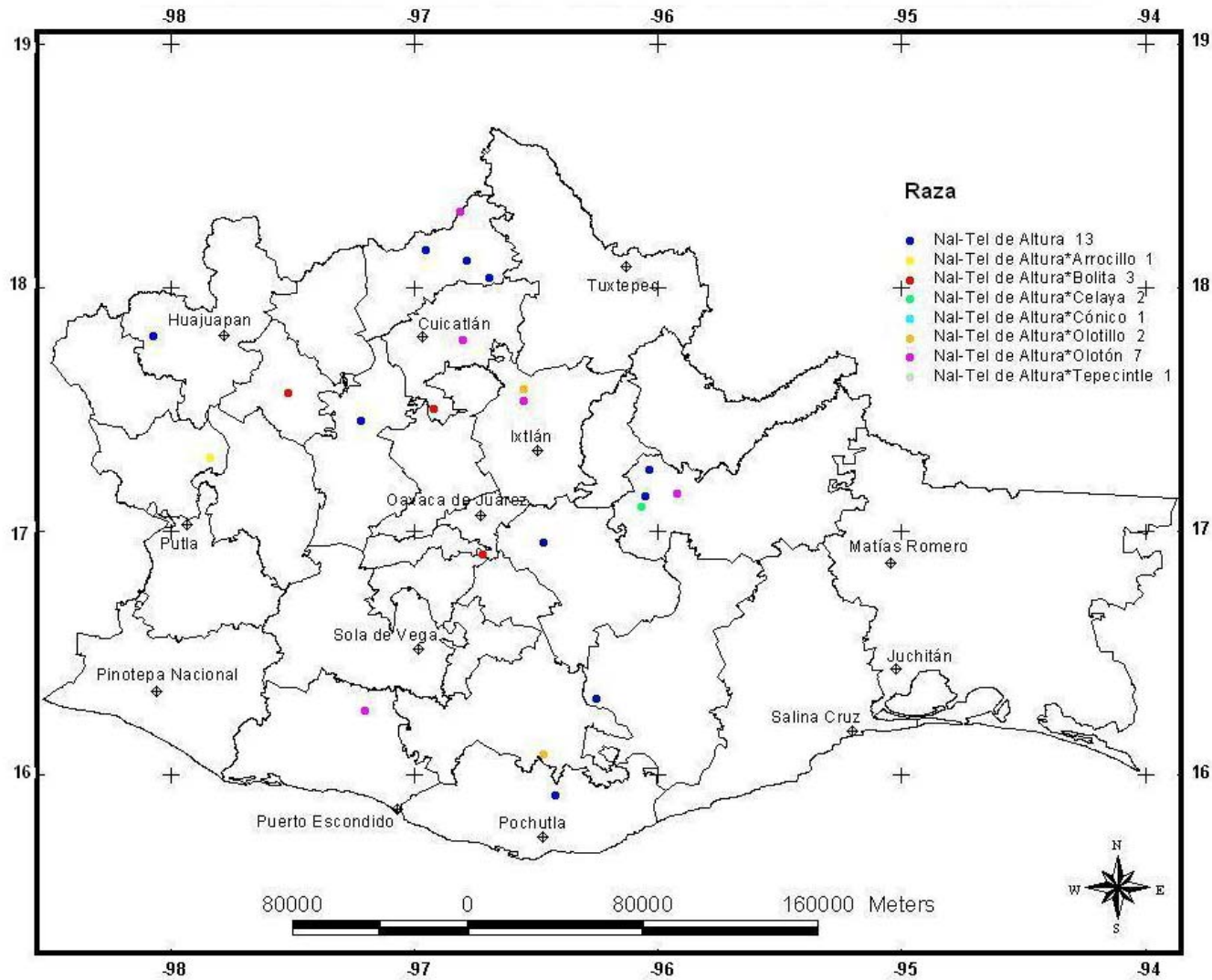


Figura 32. Distribución de la raza de maíz Nal-Tel de Altura en Oaxaca, México

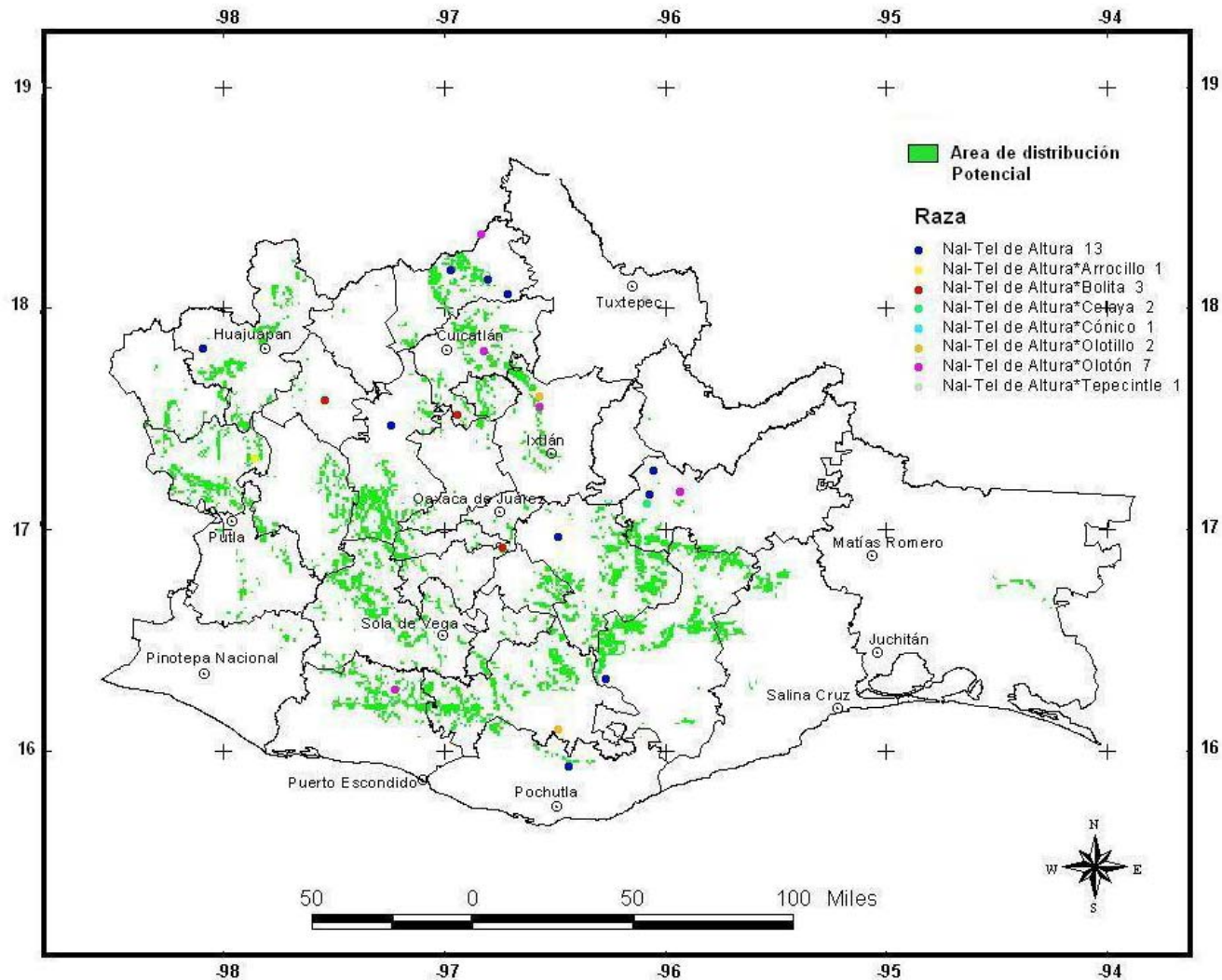


Figura 33. Área de distribución potencial de la raza de maíz Nal-Tel de Altura en Oaxaca, México

7.2.16 Olotillo

El rasgo distintivo del maíz olotillo es su olote delgado y flexible, mazorca larga, delgada y cilíndrica, con bajo número de hileras. Sus plantas son altas y de un ciclo intermedio (Anexo 2). La distribución principal de esta raza se encuentra en los distritos políticos de Juquila y Jamiltepec (Figura 34). Los sitios recomendables para la conservación in situ son: San Miguel Tlacamama, San Pedro Amuzgos, Santa Cruz Tututepec, Santa Catarina Mechoacan, Pinotepa de Don Luís y San Pedro Jicayán.

El área de distribución potencial del maíz Olotillo se extiende en una amplia superficie de la región de la Costa, el Istmo de Tehuantepec y partes cálidas de la Sierra Sur y la Mixteca (Figura 35).



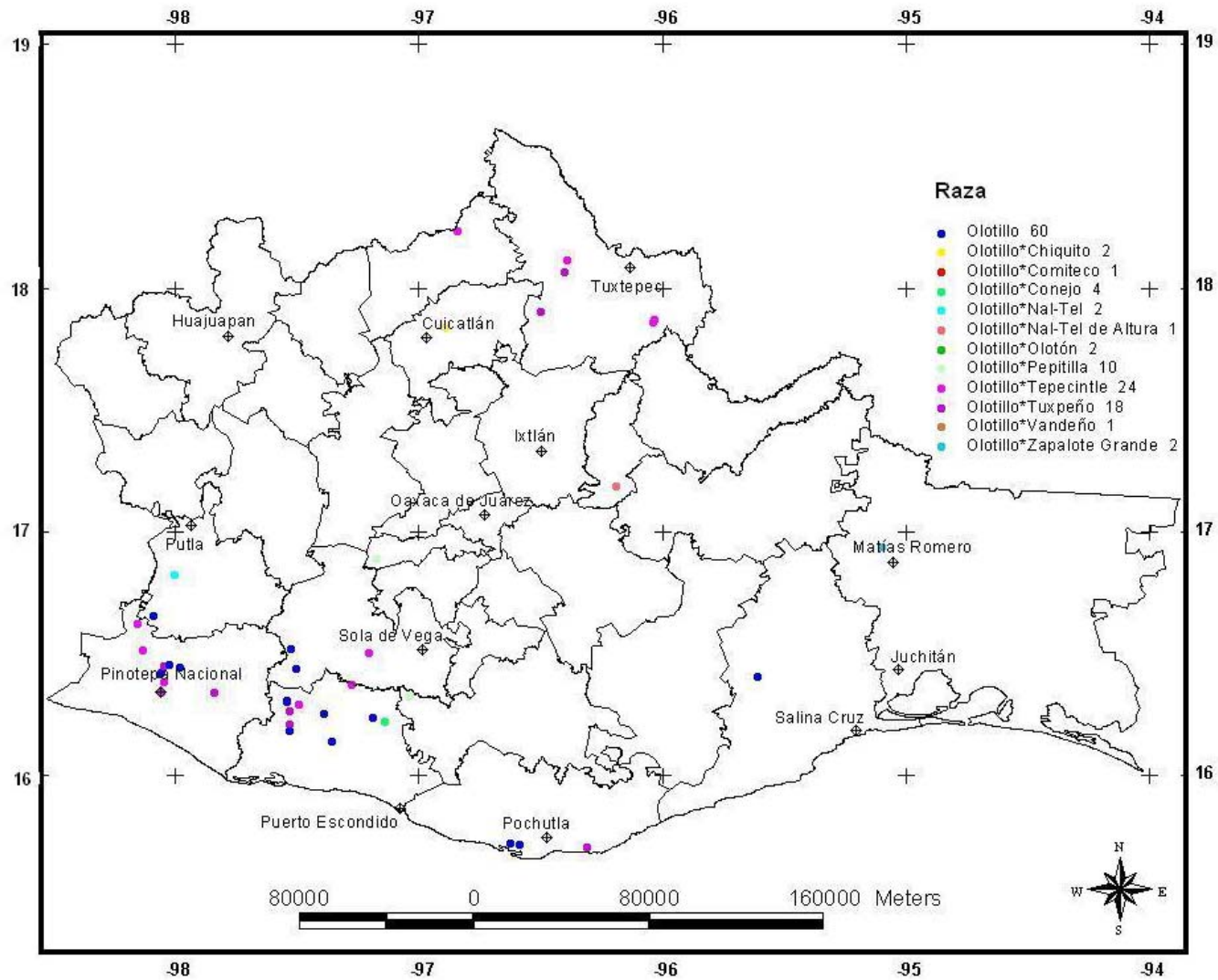


Figura 34. Distribución de la raza de maíz Olotillo en Oaxaca, México

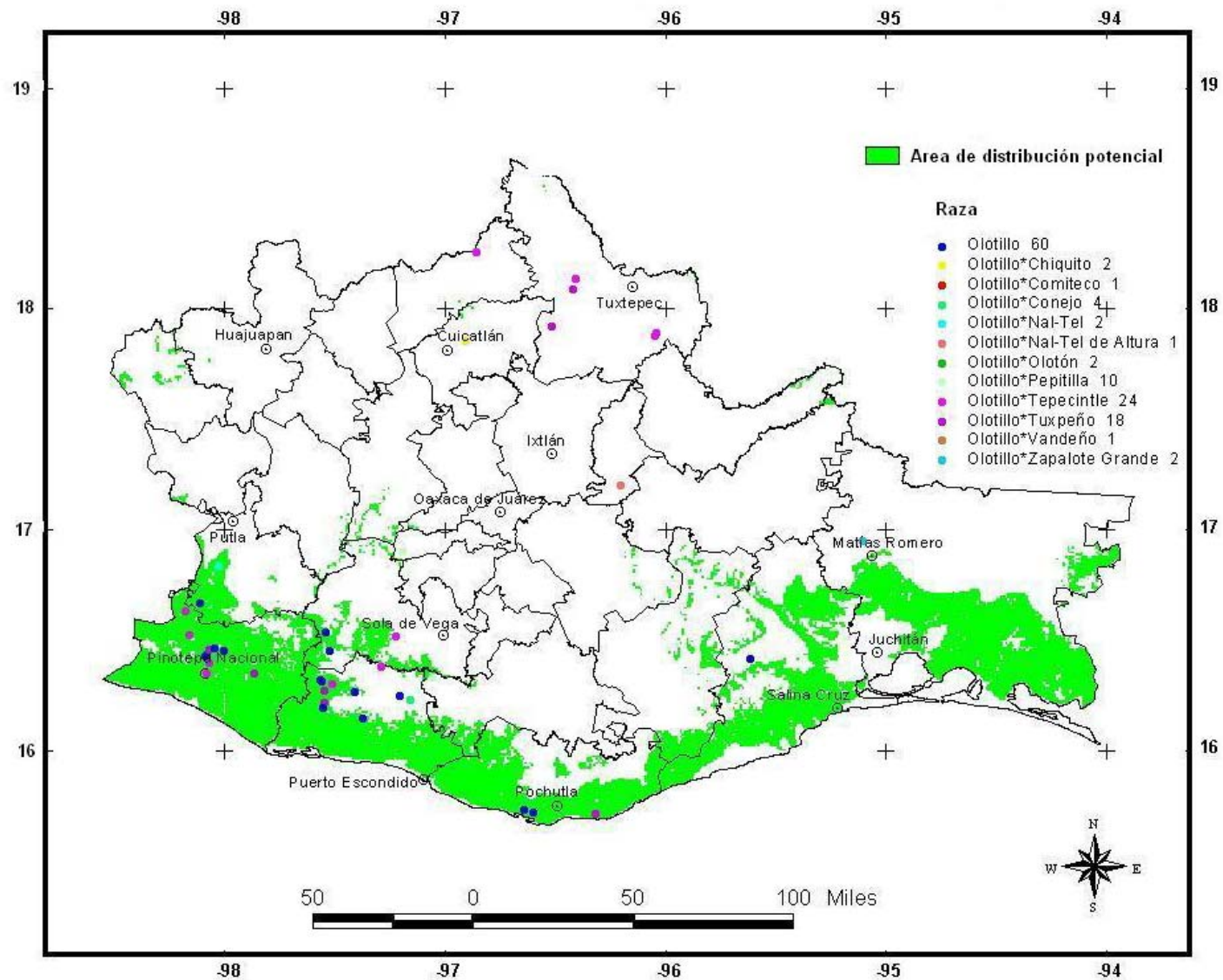


Figura 35. Área de distribución potencial de la raza de maíz Olotillo en Oaxaca, México

7.2.17 Olotón

Esta raza tiene una amplia distribución en las partes altas (arriba de los 1900 msnm) de Oaxaca. Se encuentra en las comunidades indígenas Triques, Mixtecos, Mixes, Chatinos, Chinantecos, Mazatecos, Zapotecos de la Sierra Norte y Sierra Sur, entre otras. El maíz Olotón tiene una altura aproximada de 2.0 a 3.0 metros, un periodo vegetativo de seis a nueve meses, las mazorcas tienen un abultamiento en la base, y el número de hileras no está bien definido. Posee mazorcas medianas a largas (Anexo 2) y tiene múltiples colores del grano (Anexo 1). En la figura 36 se muestra la distribución real de la raza en el territorio Oaxaqueño. Los sitios donde se ha encontrado este material son fundamentalmente en la Sierra Norte, partes altas de la Cañada y estribaciones elevadas de la Sierra Sur. El rango de adaptación, considerando solamente las razas puras, es desde los 1280 m. hasta los 2460 m. de altitud, una precipitación de 587 mm. Hasta los 3711 mm, y una temperatura promedio que va desde los 13.6 °C a los 22.6 °C.

La distribución potencial de olotón (Figura 37) se localiza en las serranías de Oaxaca, fundamentalmente en las región de la Sierra Norte, Cañada, Mixteca y Sierra Sur.



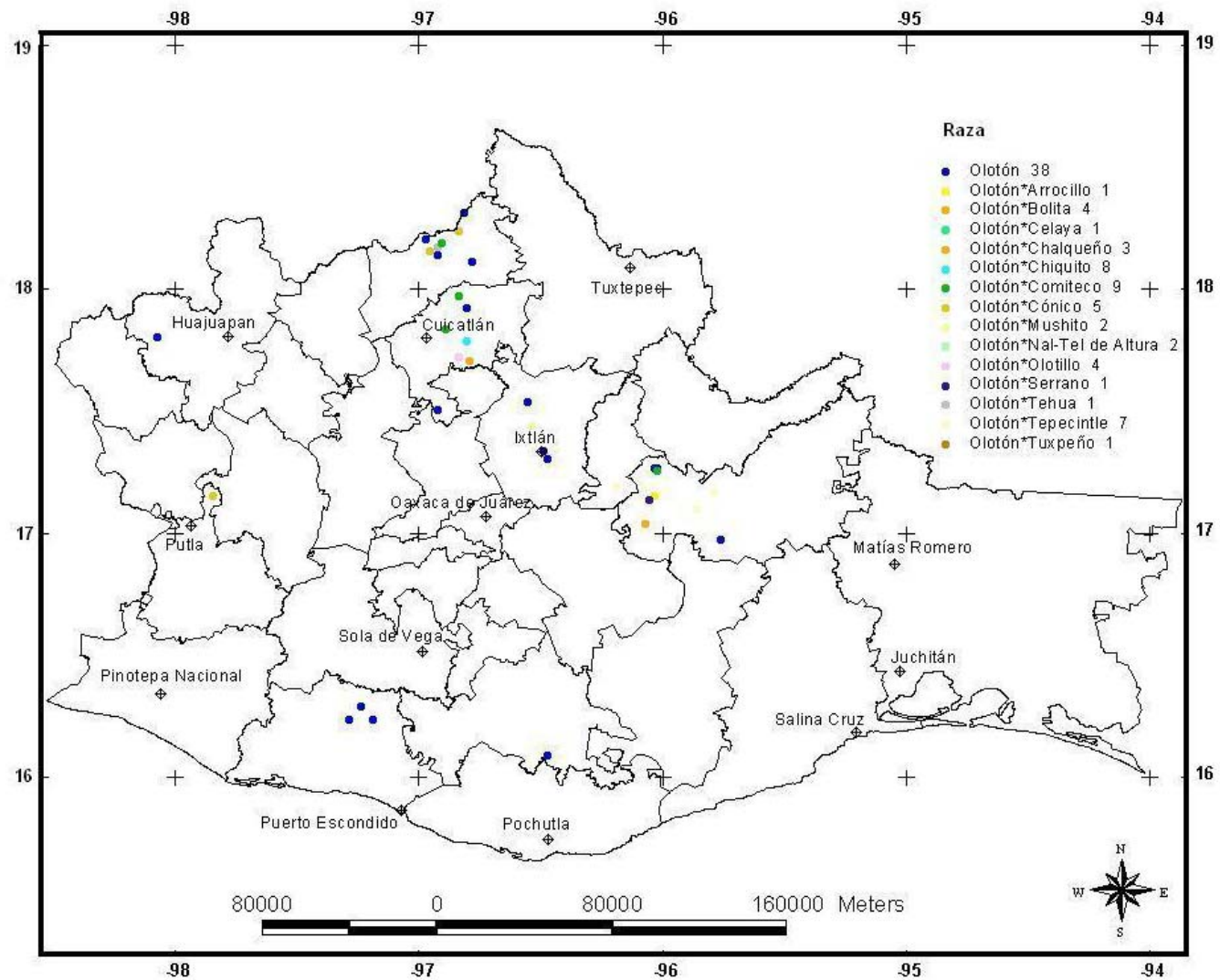


Figura 36. Distribución de la raza de maíz Olotón en Oaxaca, México

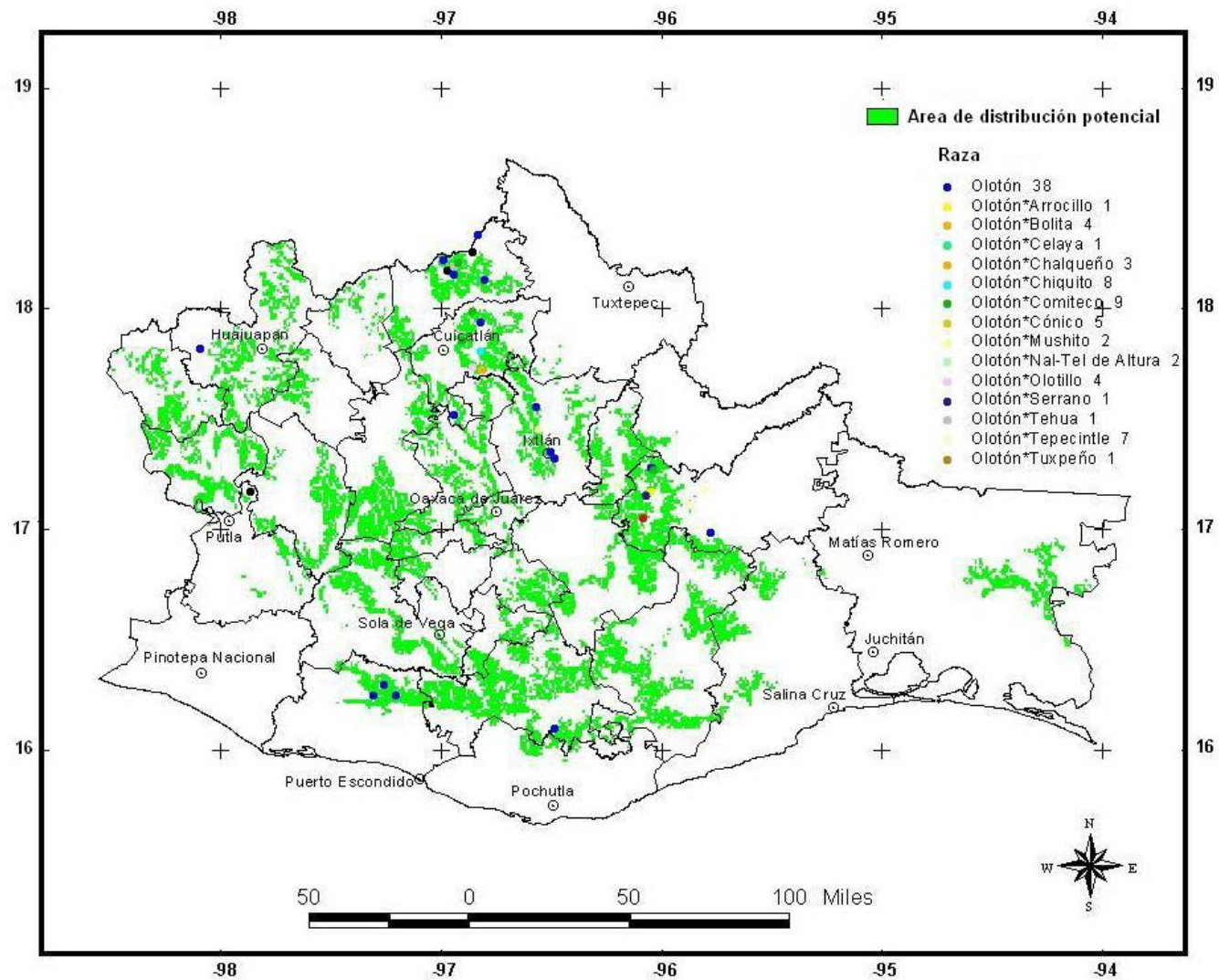


Figura 37. Área de distribución potencial de la raza de maíz Olotón en Oaxaca, México

7.2.18 Pepitilla

Es una raza distintiva por su forma de la semilla, parecida a la de calabaza. Su área de distribución en Oaxaca es dispersa, y solamente se han localizado dos razas puras, las demás son introgresiones con otras razas como Mushito, Zapalote Chico, Bolita, Nal-Tel y Olotillo (Figura 38). Su rango de adaptación, como raza pura, va desde los 1366 hasta los 1675 msnm., en un rango de temperatura media de 18.9 a 19.5 °C, y una precipitación que oscila desde los 698 mm. Hasta los 1027 mm. Sus características morfológicas son: Ciclo intermedio, porte de planta de medio a alto, mazorca de 13 a 16 cm., con 10 a 12 hileras.



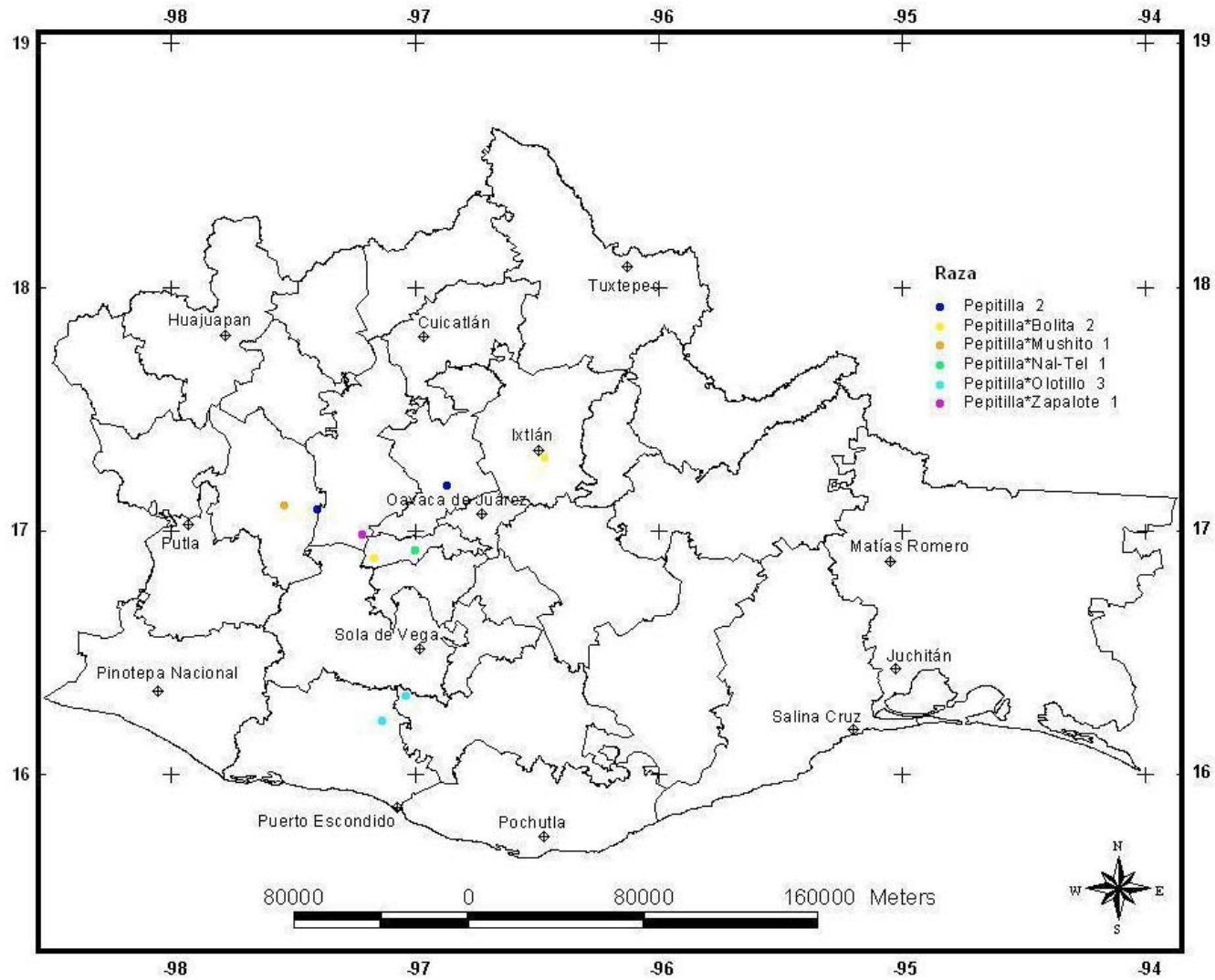


Figura 38. Distribución de la raza de maíz Pepitilla en Oaxaca, México

7.2.19 Serrano

La raza de maíz Serrano se distribuye principalmente en la Sierra Norte y la Mixteca Alta (Figura 39). Las comunidades con las razas típicas de esta material son: Asunción Cacalotepec; Rancho Texas, Tlahuitlotepec; Santa María Yacochi, Tlahuitlotepec; y Totontepec Villa de Morelos. Los rangos y promedios climáticos de la raza son: Altitud: 1900 a 1675 m.; temperatura media: 10.7 a 22.4; y precipitación: 964 a 2012 mm. Son materiales de ciclo intermedio tardío, porte intermedio de planta, mazorca de tamaño mediano, y de 10 a 12 hileras de grano.

Las áreas con mayor potencial para la distribución y cultivo de la raza Serrano se localizan en la Sierra Norte, Cañada y Sierra Sur, aunque el área es pequeña (Figura 40).



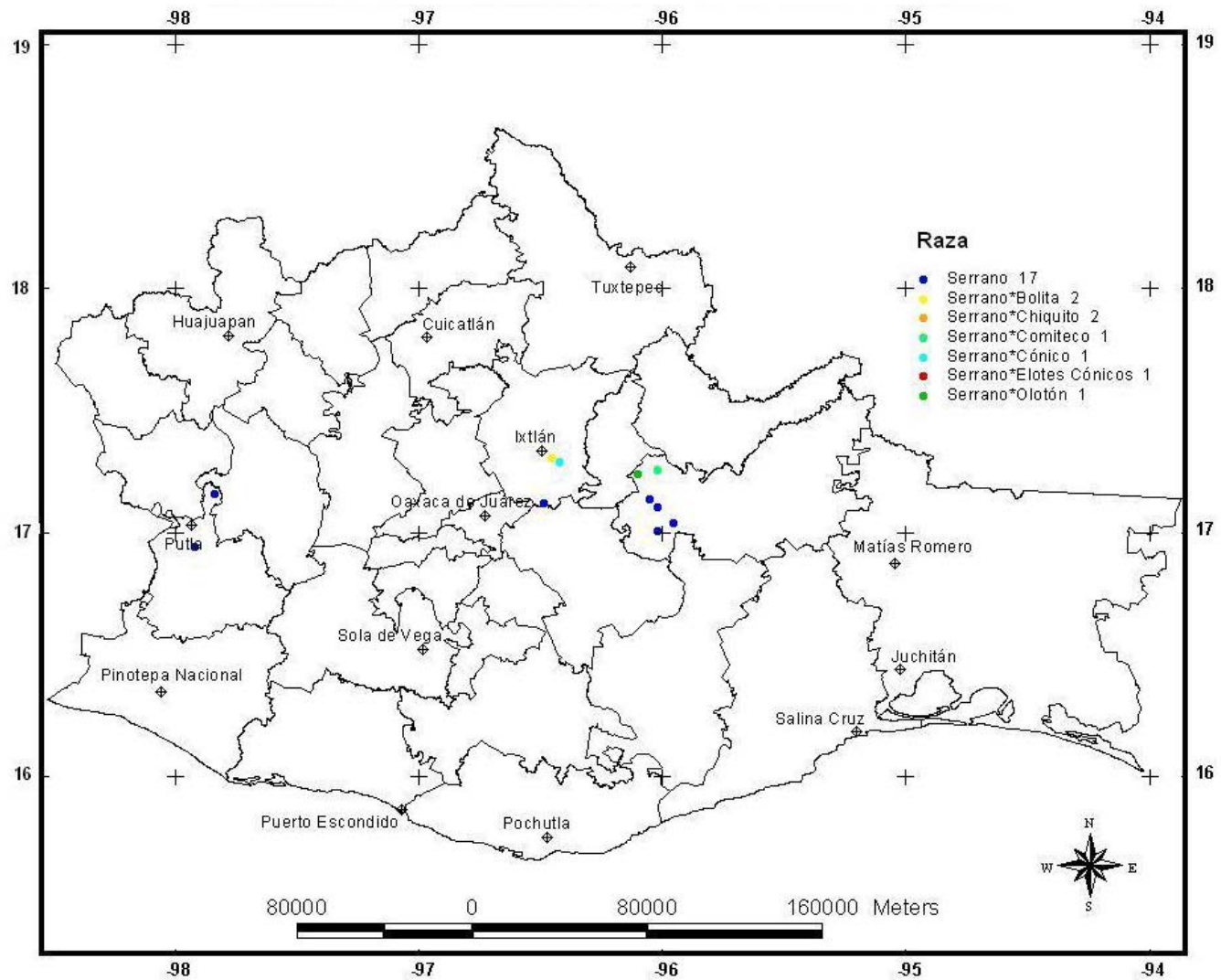


Figura 39. Distribución de la raza de maíz Serrano en Oaxaca, México

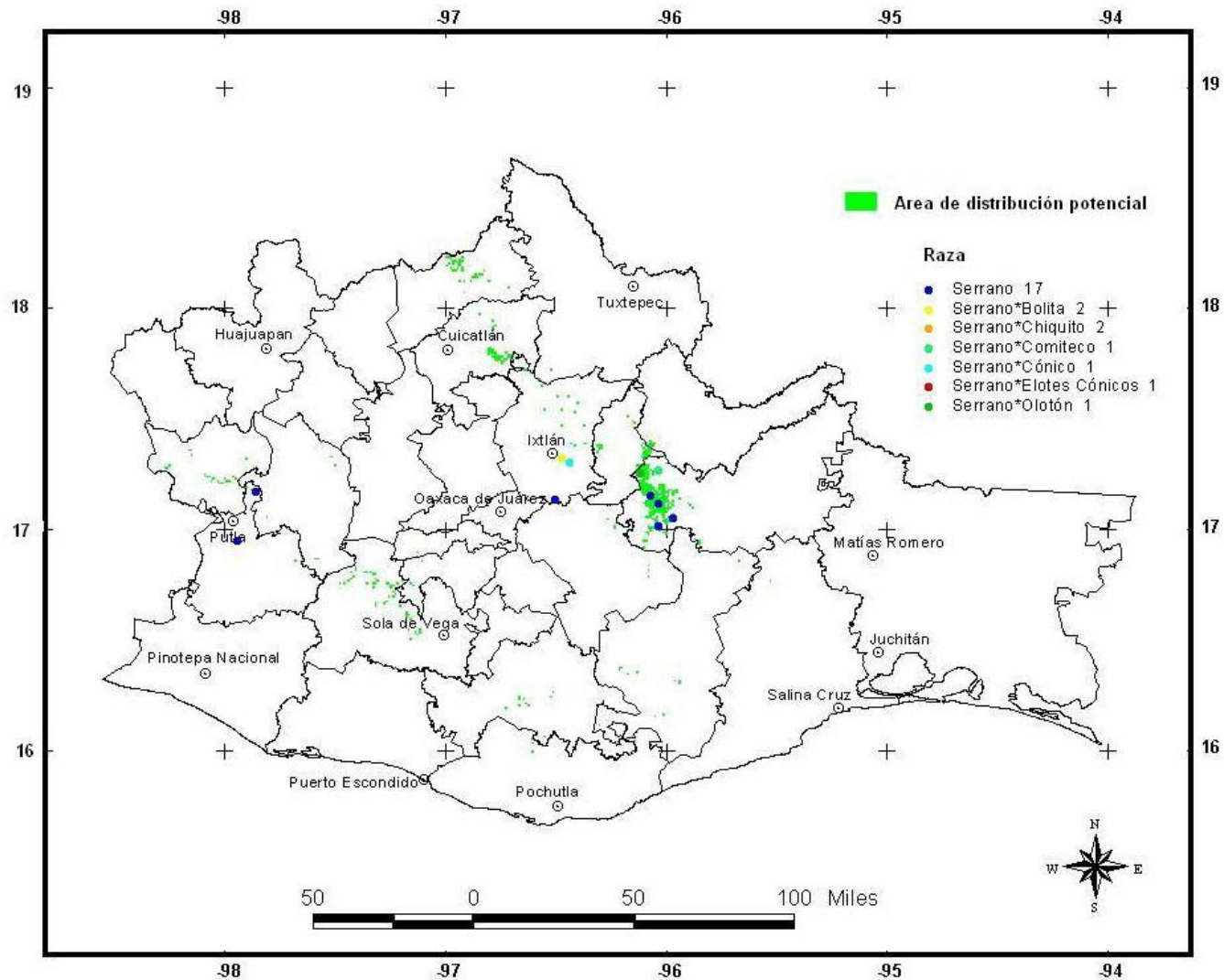


Figura 40. Área de distribución potencial de la raza de maíz Serrano en Oaxaca, México

7.2.20 Tepecintle

Tiene un número elevado de nudos cromosómicos, las mazorcas se caracterizan por tener olotes grandes descubiertos en el ápice. Se han encontrado muestras en las regiones de la Costa, Istmo y Papaloapan (Figura 41). Las comunidades donde se ha encontrado mayor diversidad de la raza son: Santa María Chilchotla (Cañada), Santiago Yaveo (Papaloapan), Santiago Choapam (Papaloapan) y San Juan Guichicovi (Istmo).

Los rangos de adaptación de la raza son: Altitud: de 90 a 2050 m.; temperatura media: de 16.5 a 27.8 °C; precipitación: de 518 a 3793 mm. Anuales.

La distribución potencial del maíz Tepecintle cubre una amplia zona en las áreas tropicales de la Costa, Istmo y el Papaloapan (Figura 42).



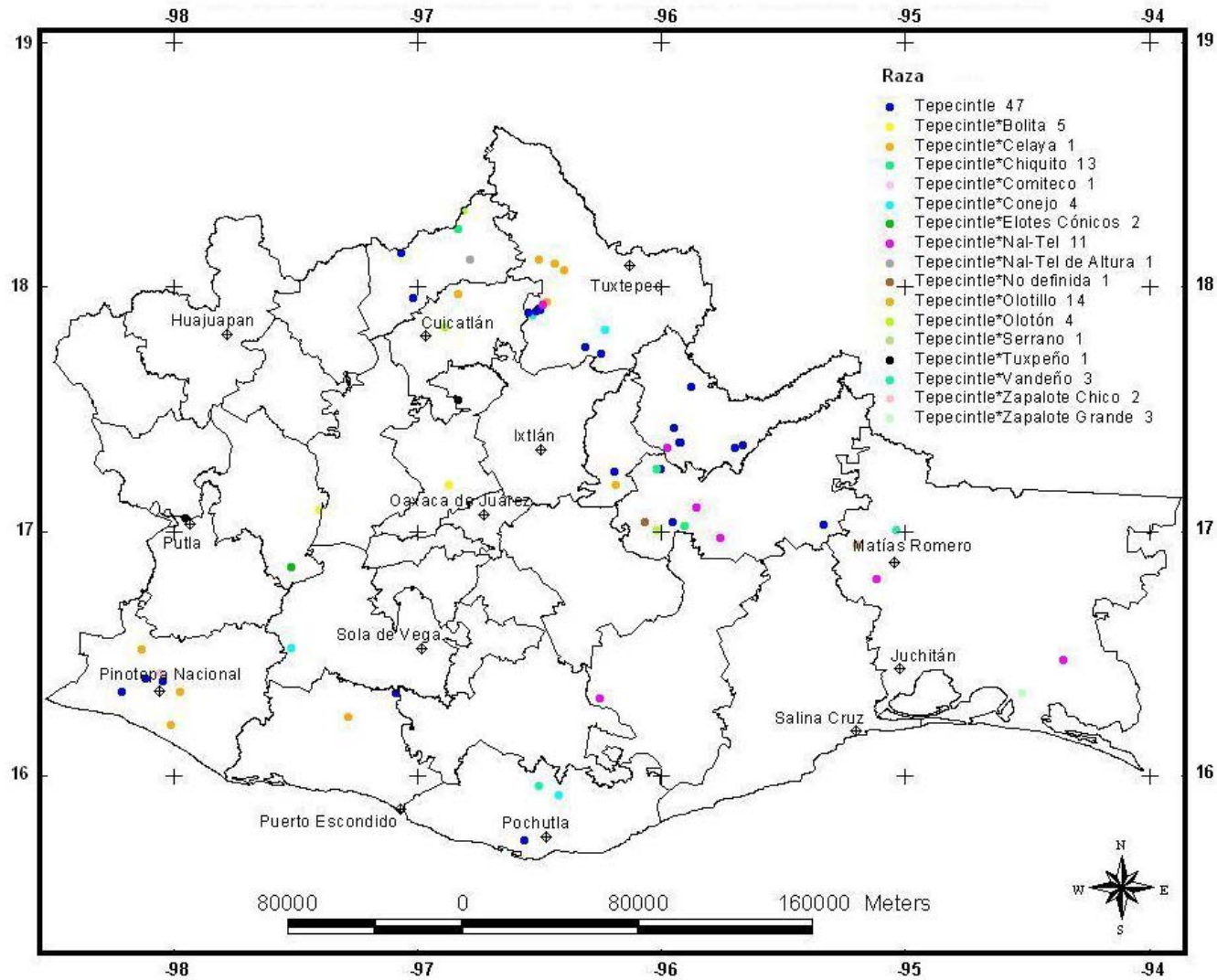


Figura 41. Distribución de la raza de maíz Tepecintle en Oaxaca, México

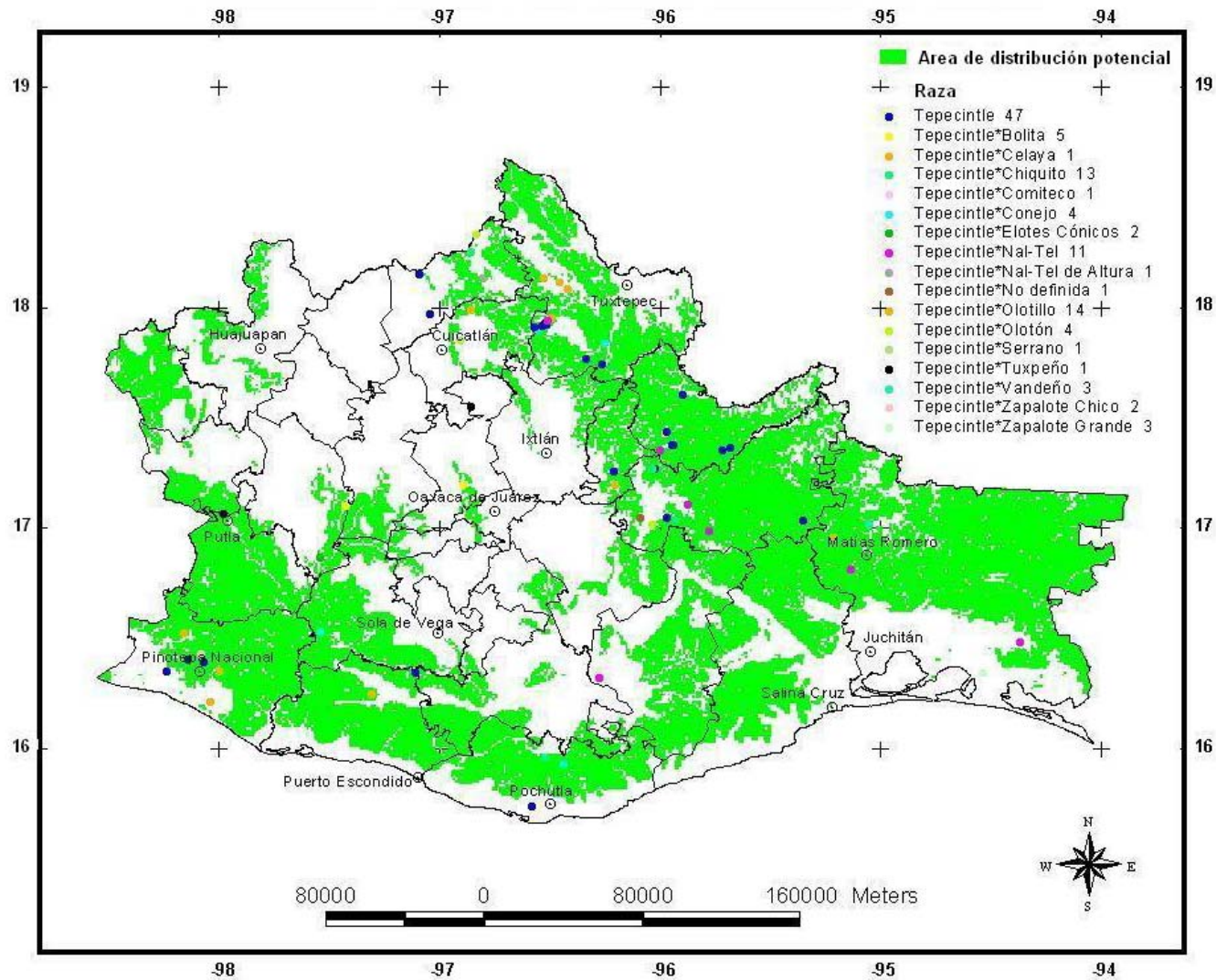
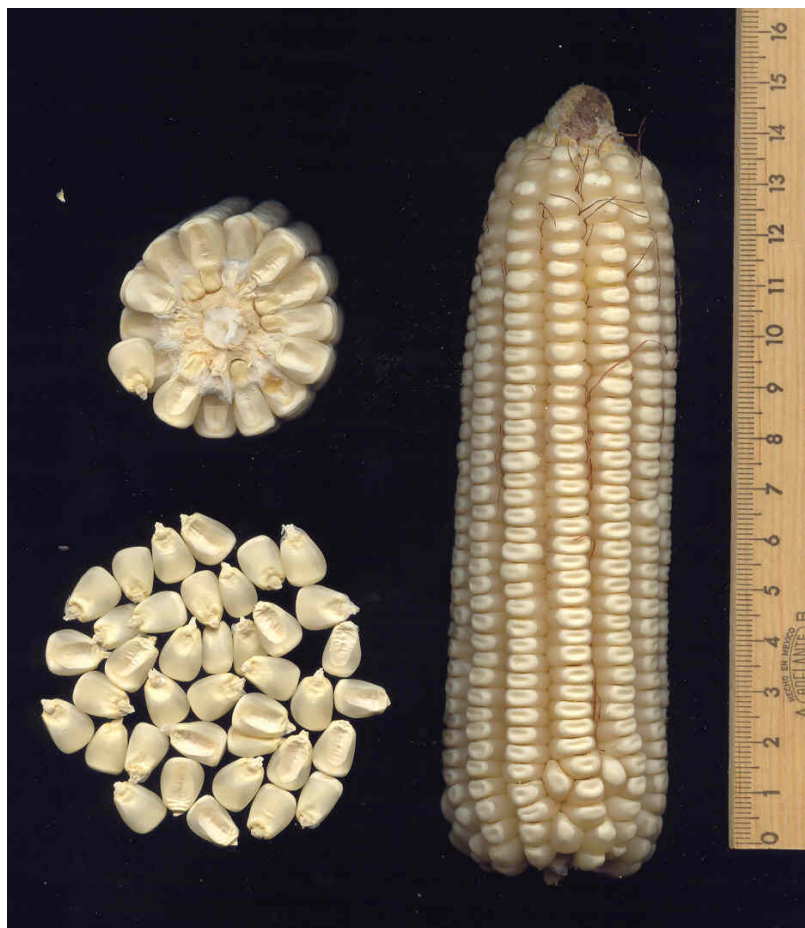


Figura 42. Área de distribución potencial de la raza de maíz Tepecintle en Oaxaca, México

7.2.21 Tuxpeño

Tuxpeño, se le denomina así por la Ciudad de Tuxpan, Veracruz, lugar donde encontraron poblaciones típicas de la raza en las primeras colecciones de maíz en México (Wellhausen y colaboradores, 1951). Su área de distribución en Oaxaca es principalmente en las áreas tropicales de la Costa, Papaloapan y puntos dispersos en la Sierra Sur e Istmo (Figura 43). Esta raza es de los materiales más productivos de las áreas tropicales, tiene porte alto de planta, mazorca larga, cilíndrica y con un número de hileras de 12 a 16 (Anexo 2).

El potencial de cultivo del maíz Tuxpeño es muy amplio, puede adaptarse perfectamente bien en toda la superficie tropical de la Costa, istmo y Papaloapan, así como pequeñas áreas con clima calido en la Sierra Sur (Figura 44). Algunos de los municipios que poseen razas típicas de Tuxpeño y posibles candidatos para la conservación in situ de la raza son: santa María Huatulco, San Miguel Tlacamama, Santa Cruz Tepenixtlahuaca (Tataltepec de Valdéz) y san Juan Guichicovi.



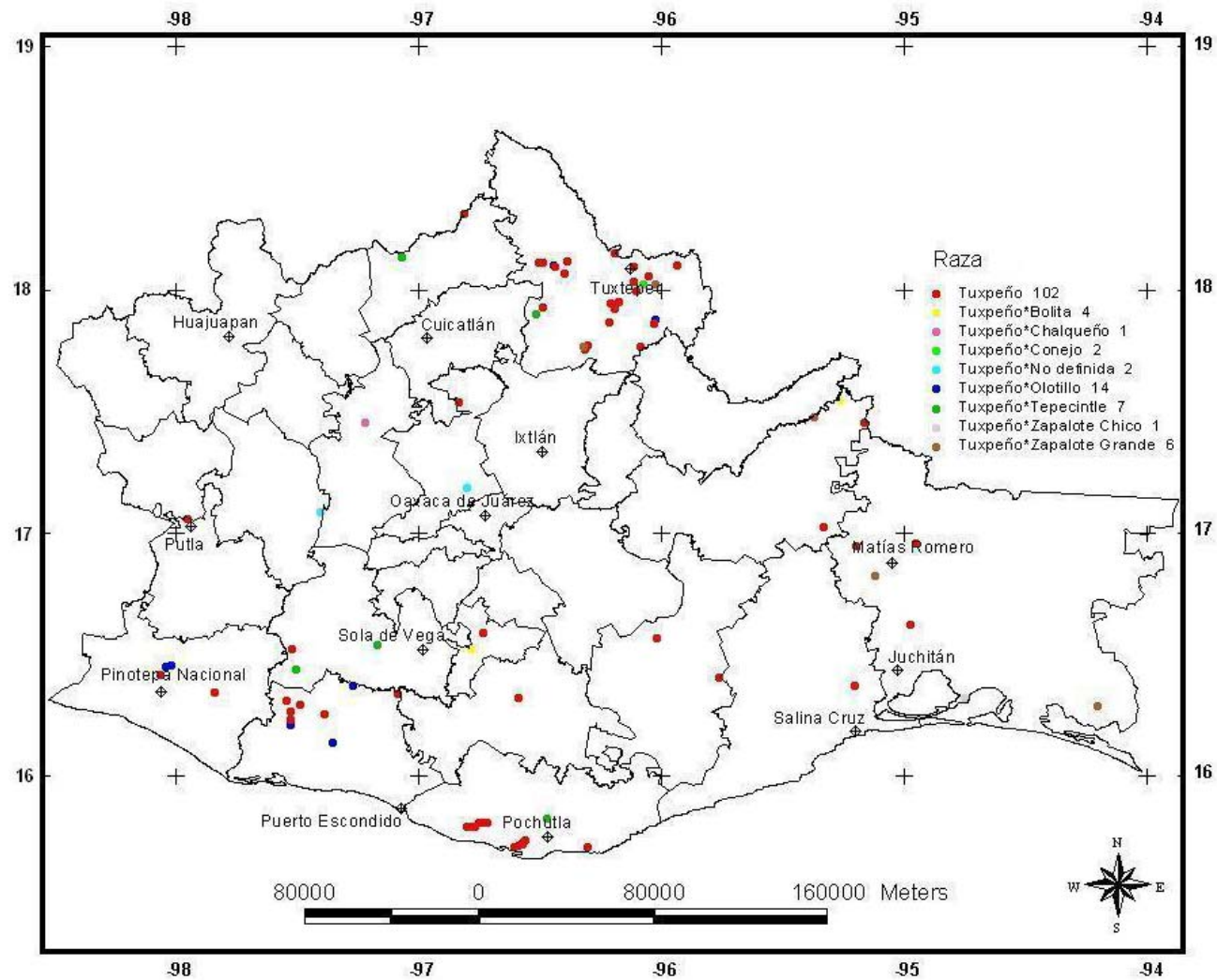


Figura 43. Distribución de la raza de maíz Tuxpeño en Oaxaca, México

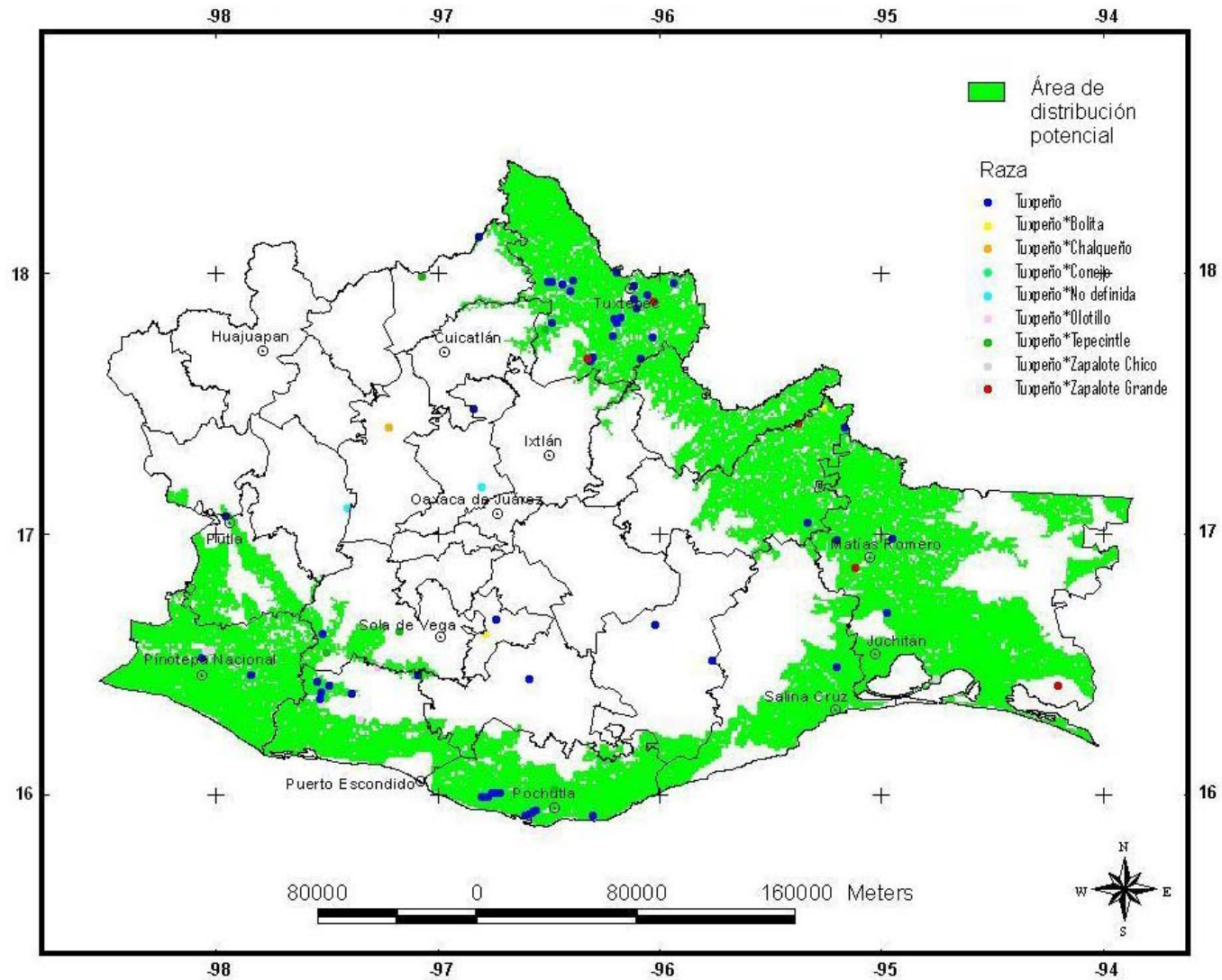


Figura 44. Área de distribución potencial de la raza de maíz Tuxpeño en Oaxaca, México

7.2.2 Vandeño

Vandeño solo tiene siete razas puras en Oaxaca, las demás son introgresiones con razas como: Tepecintle, Chiquito, Bolita, Elotes occidentales, Olotón, Tuxpeño y Zapalote Grande. El área de distribución se ubica principalmente en la región de la Costa (Figura 45). Las muestras de esta raza se han encontrado desde los 80 msnm. hasta los 2080 m. Es un material con mazorcas medianamente cortas y gruesas, planta de altura mediana, y tiene un periodo vegetativo mediano (Anexo 2). El área de distribución potencial de Vandeño son pequeñas áreas de la Costa, Istmo y Mixteca (Figura 46).



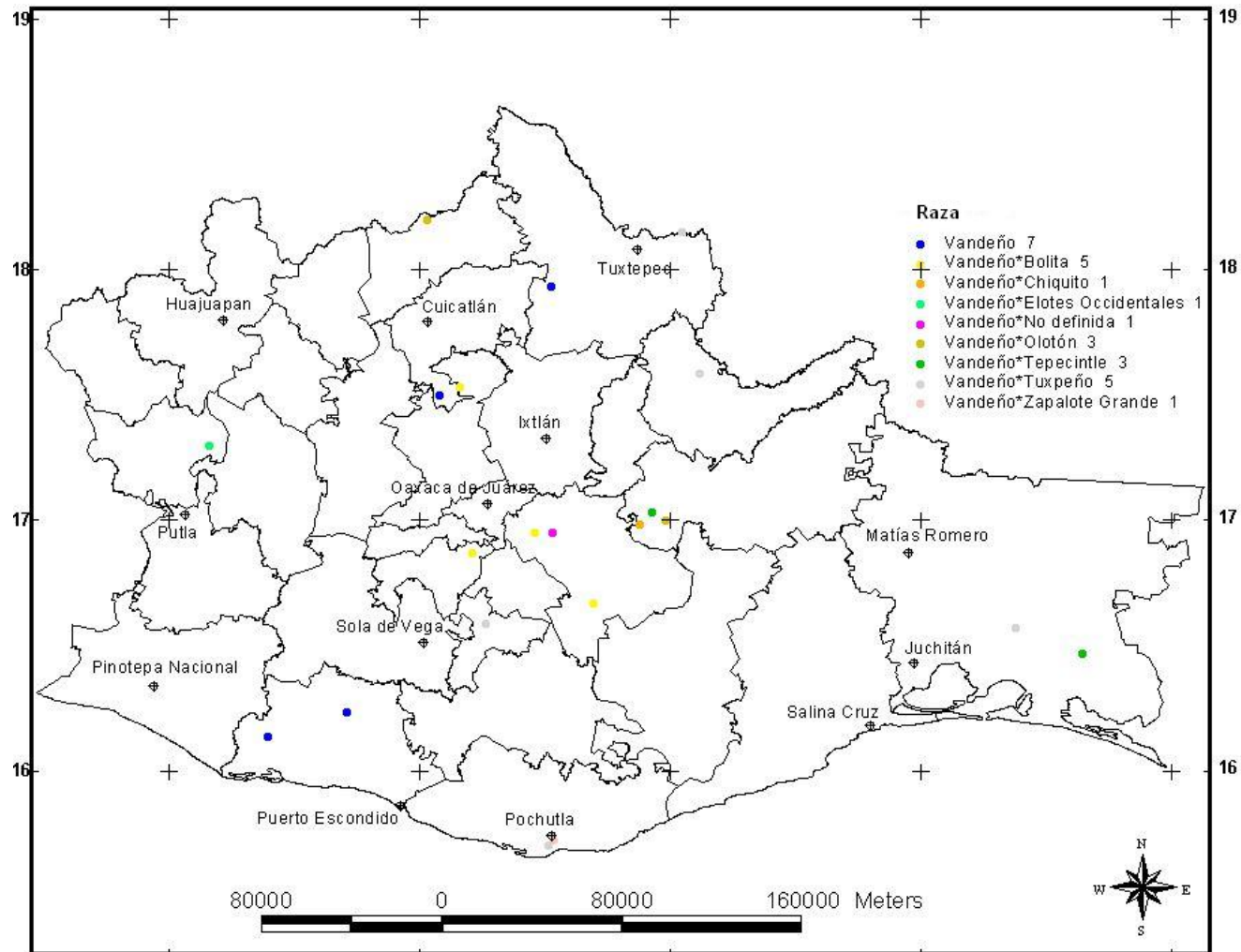


Figura 45. Distribución de la raza de maíz Vandeño en Oaxaca, México

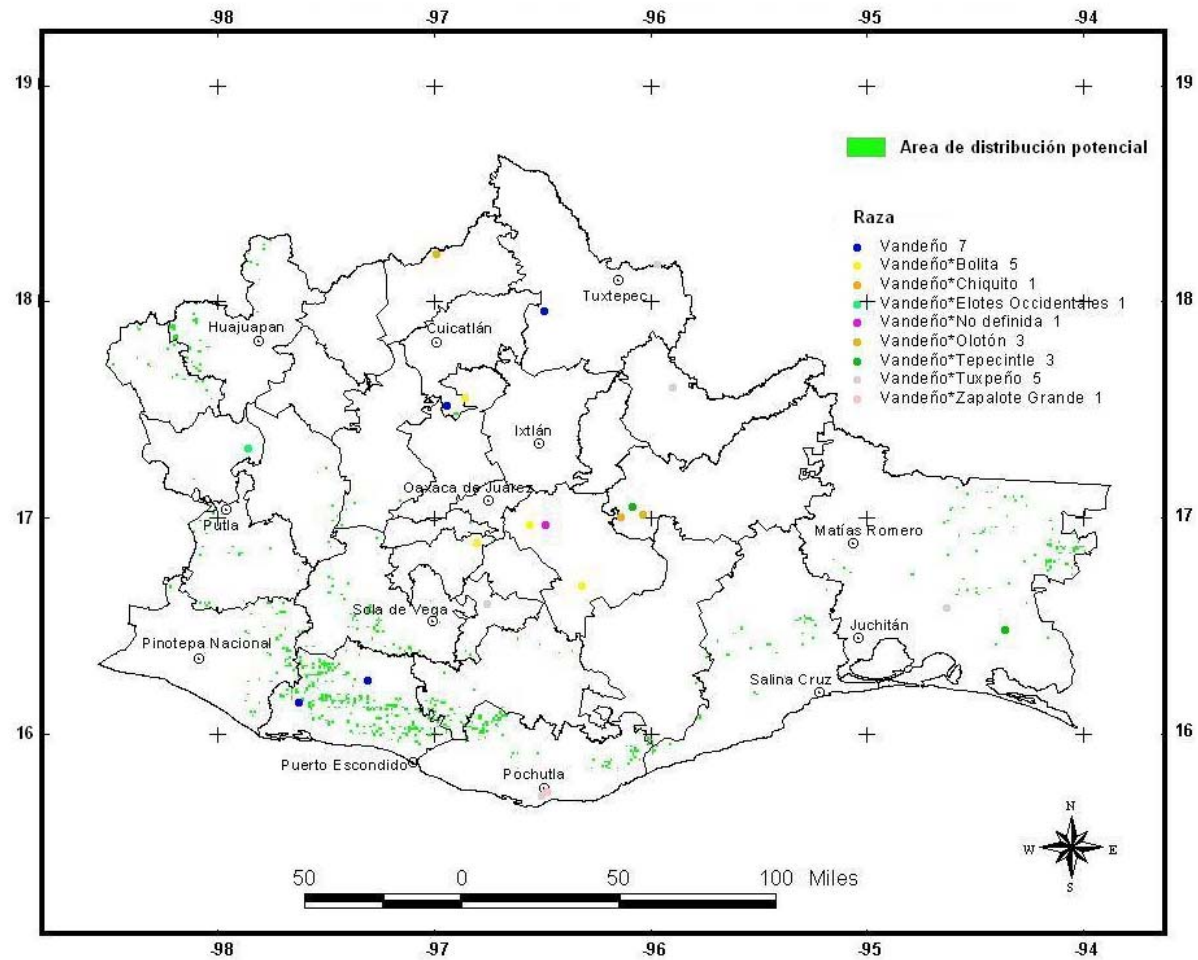


Figura 46. Área de distribución potencial de la raza de maíz Vandeyo en Oaxaca, México

7.2.23 Zapalote Chico

El maíz Zapalote Chico es el “Rey del Istmo”. Cubre una extensa área de la planicie costera del Istmo de Tehuantepec (Figura 47). Es de las razas que mejor definida tienen su área geográfica de distribución, junto con la raza Bolita. Sus características agromorfológicas son envidiables en las condiciones climáticas donde se desarrolla. Muñoz (1991, 1992) la considera una obra perfecta del mejoramiento genético tradicional de los zapotecas. Es un material muy precoz (85 días a madurez) que resiste fuertes vientos, el ataque de gusano cogollero, resiste sequía, por su excelente cobertura de mazorca se protege de las plagas de granos almacenados; Por su tipo de almidón, es único en la elaboración de los famosos totopos del Istmo (tortilla tostada en comezcal). Tiene un bajo porte de planta, mazorca pequeña y el grano tiene un endospermo muy suave. Este maíz criollo es el primer candidato a considerar para la definición de una marca colectiva. Se podría tener una denominación de origen para los “Totopos del Istmo”.

Los rangos climáticos donde se distribuye el Zapalote Chico son: Altitud de 1 a 840 m.; Temperatura mínima de 16.5 a 22.5 °C, temperatura máxima de 29.5 a 34.6 °C, Temperatura media de 23.1 a 28 °C; y una precipitación que oscila de 588 a 1667 mm.

Potencialmente, el Zapalote Chico, puede cultivarse en toda la planicie del Istmo hasta los límites con Guerrero en la Costa Oaxaqueña (Figura 48). Existen algunas introgresiones de esta raza en materiales locales de la Costa.



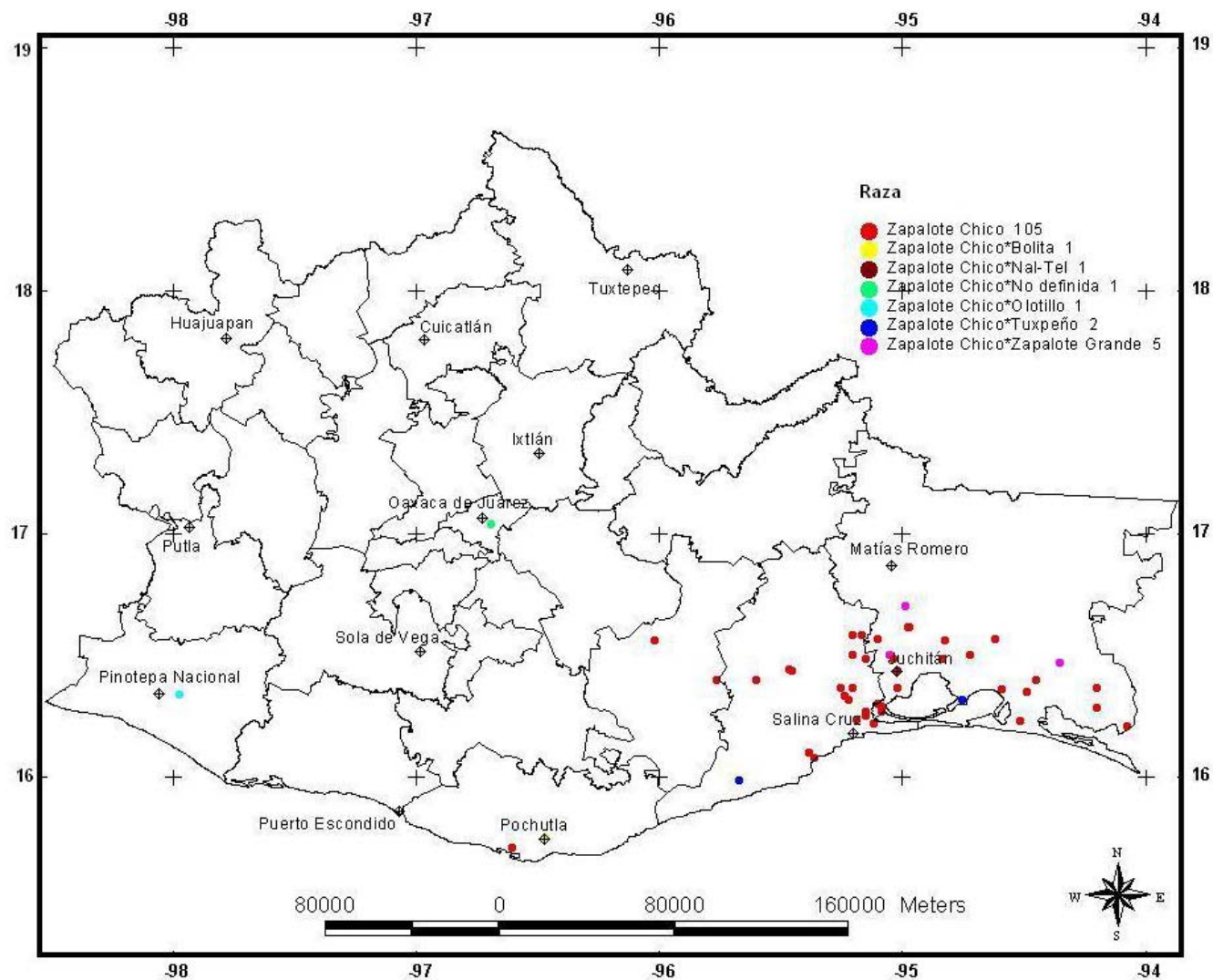


Figura 47. Distribución de la raza de maíz Zapalote Chico en Oaxaca, México

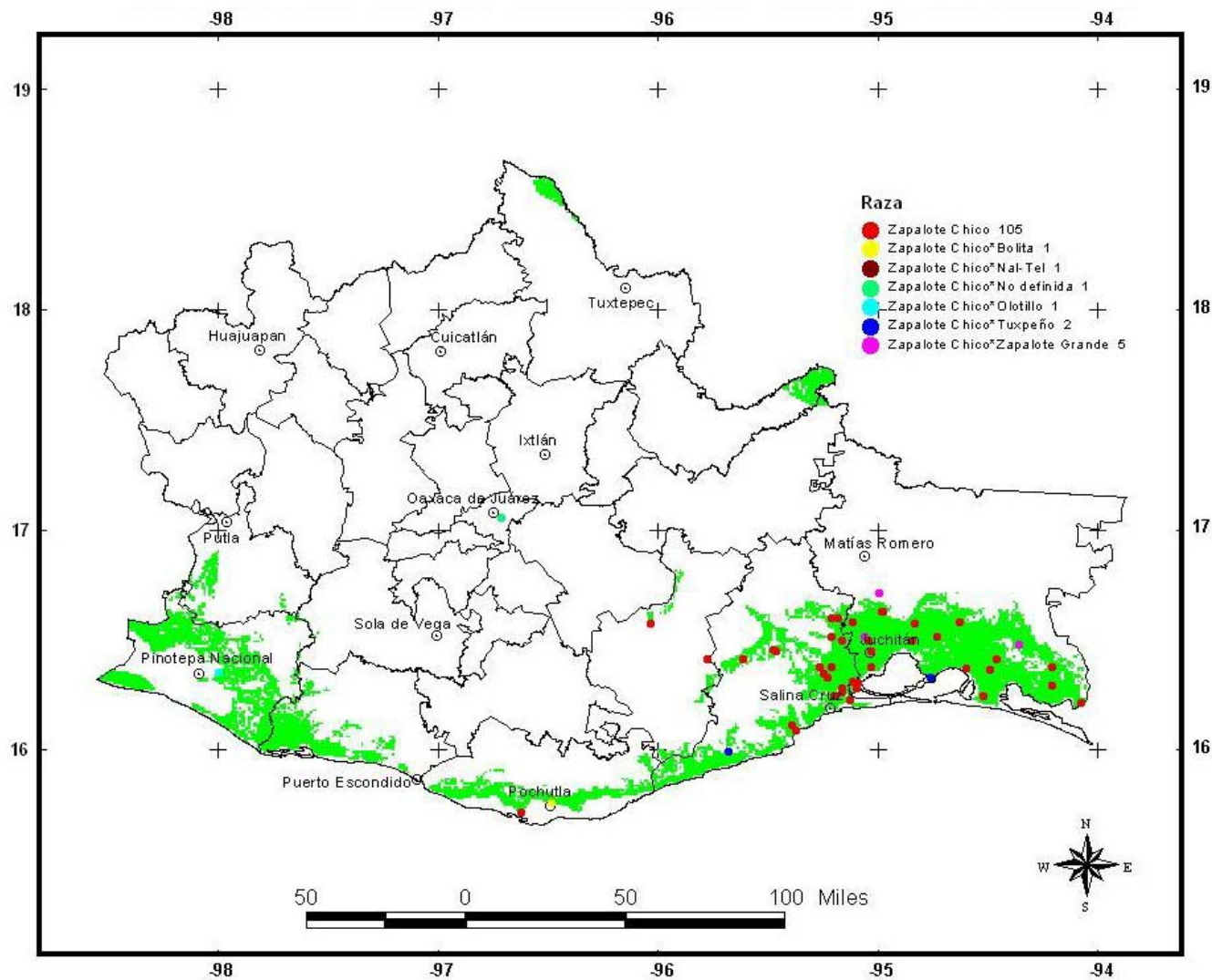


Figura 48. Área de distribución potencial de la raza de maíz Zapalote Chico en Oaxaca, México

7.2.24 Zapalote Grande

Esta raza de maíz se distribuye principalmente en el Istmo de Tehuantepec (Figura 49), desde una altitud de 20 m. hasta los 270 m.; una temperatura media de 24.7 a 27.0 °C; y en una área con precipitación de 675 a 2061mm. El zapalote grande tiene gran parecido en la mazorca con zapalote chico, pero se diferencian porque el primero tiene mayor número de hileras, tiene plantas más grandes y un ciclo a cosecha mucho más largo (Anexo 2).

Potencialmente el maíz Zapalote grande puede prosperar en toda la región tropical del Istmo y de la Costa de Oaxaca (Figura 50).

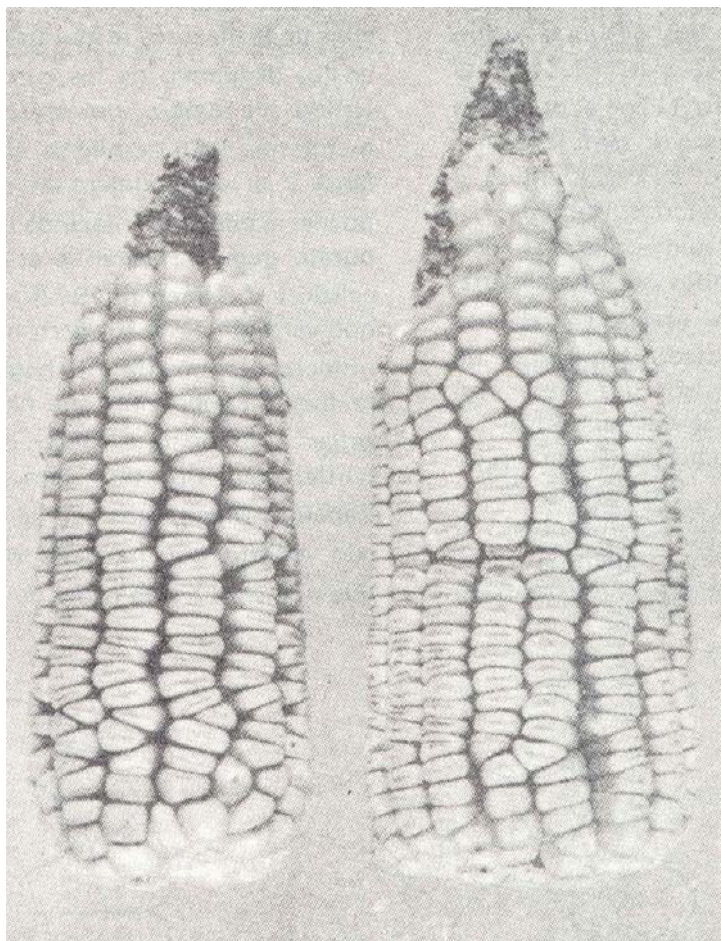


Foto tomada de Wellhausen et al. (1951)

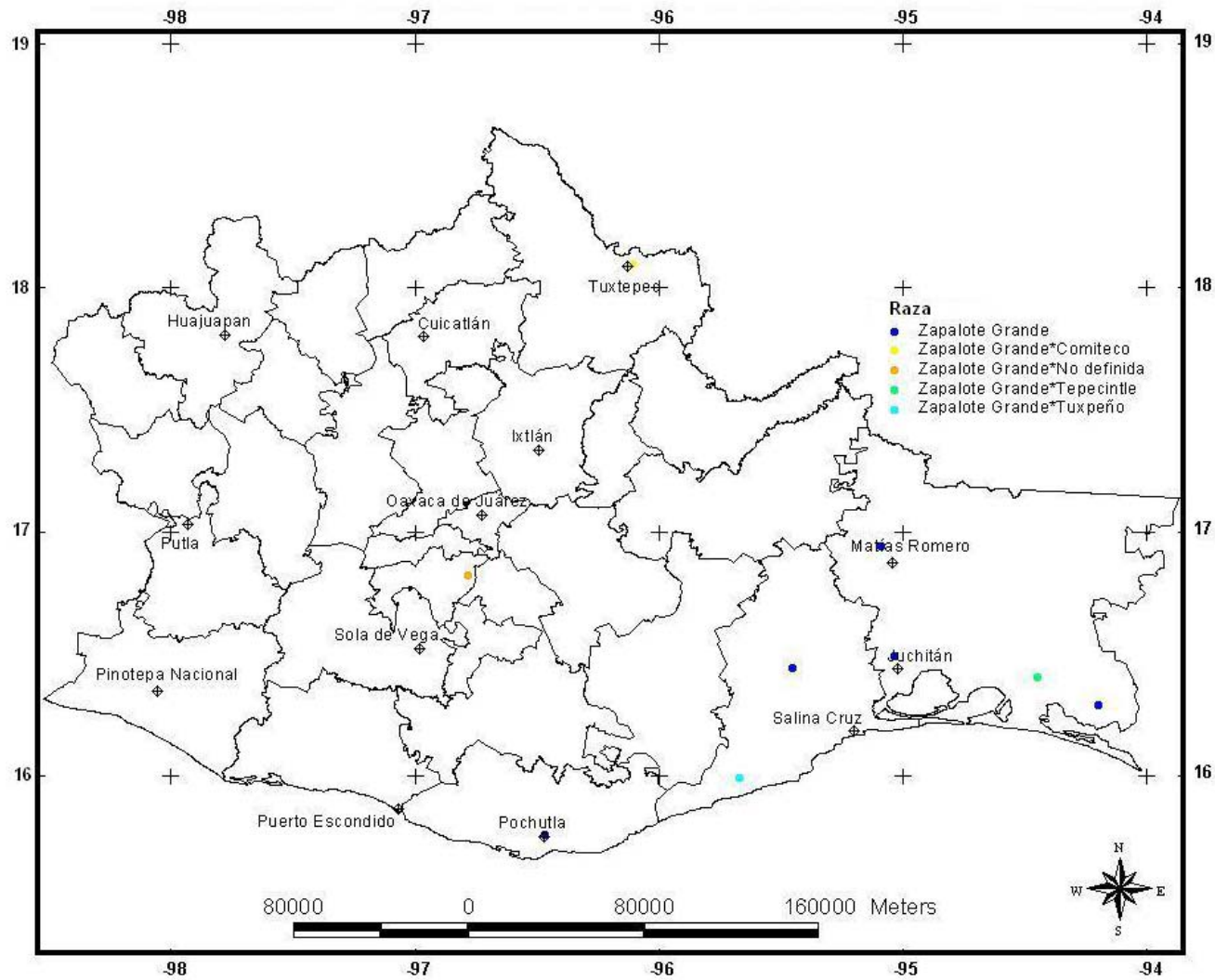


Figura 49. Distribución de la raza de maíz Zapalote Grande en Oaxaca, México

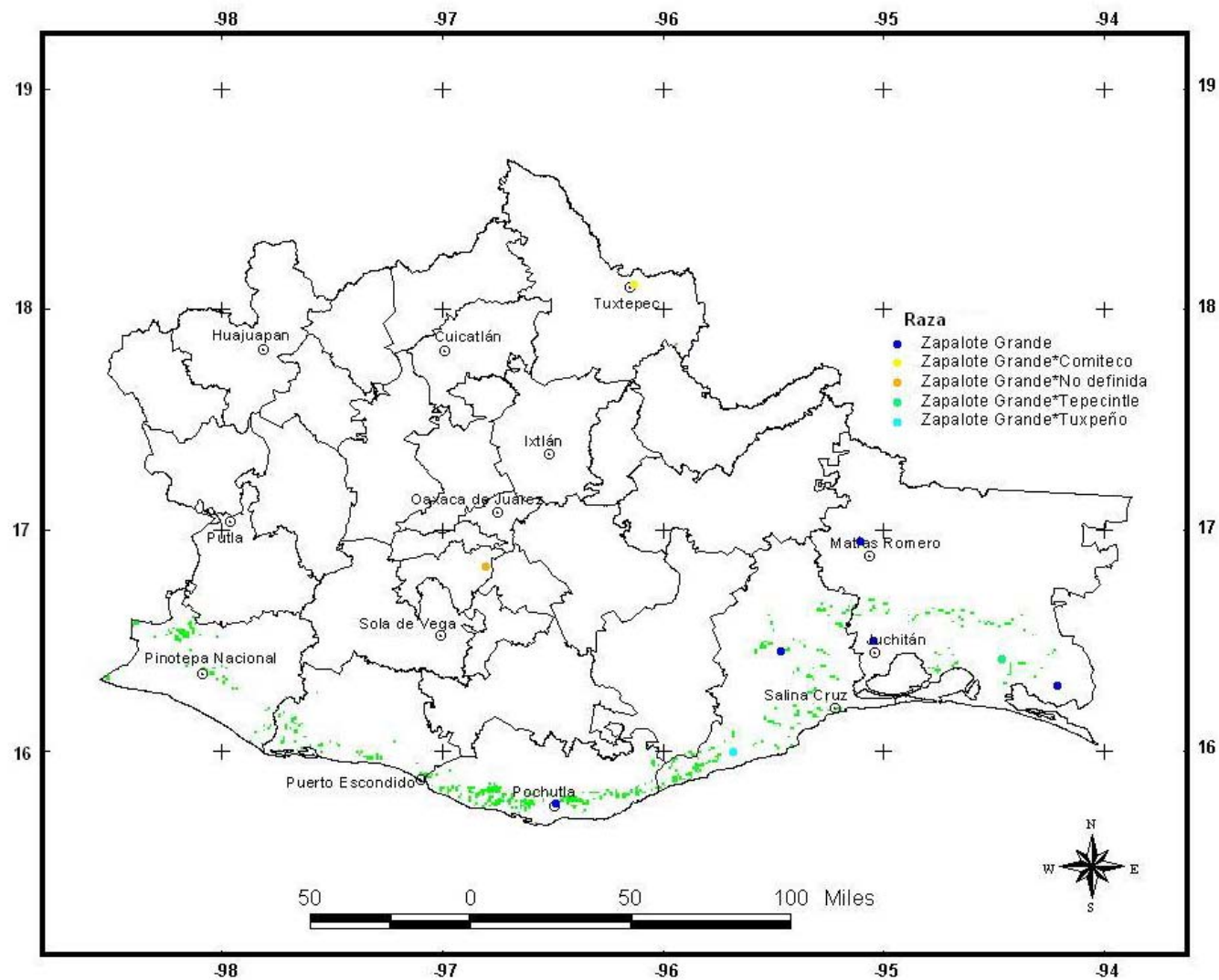


Figura 50. Área de distribución potencial de la raza de maíz Zapalote Grande en Oaxaca, México

7.2.25 Colectas varias

En la Figura 51 se agrupan 12 razas que tienen poca representatividad de colectas en la base de datos de pasaporte (Anexo 1). Dentro de este grupo existen razas no bien identificadas y no reportadas aún en las investigaciones de maíz en México como son: Olotón Imbricado (dos colectas), Serrano Mixe (1 colecta), Negro Mixteco (4 colectas) y Serrano de Oaxaca (cinco colectas). Estos materiales, aún cuando ya tienen una caracterización preliminar, es necesario evaluarlos con otras razas de adaptación y distribución similar para definir si realmente pertenecen a otro grupo racial. En el Anexo 2 se describen sus características agromorfológicas.



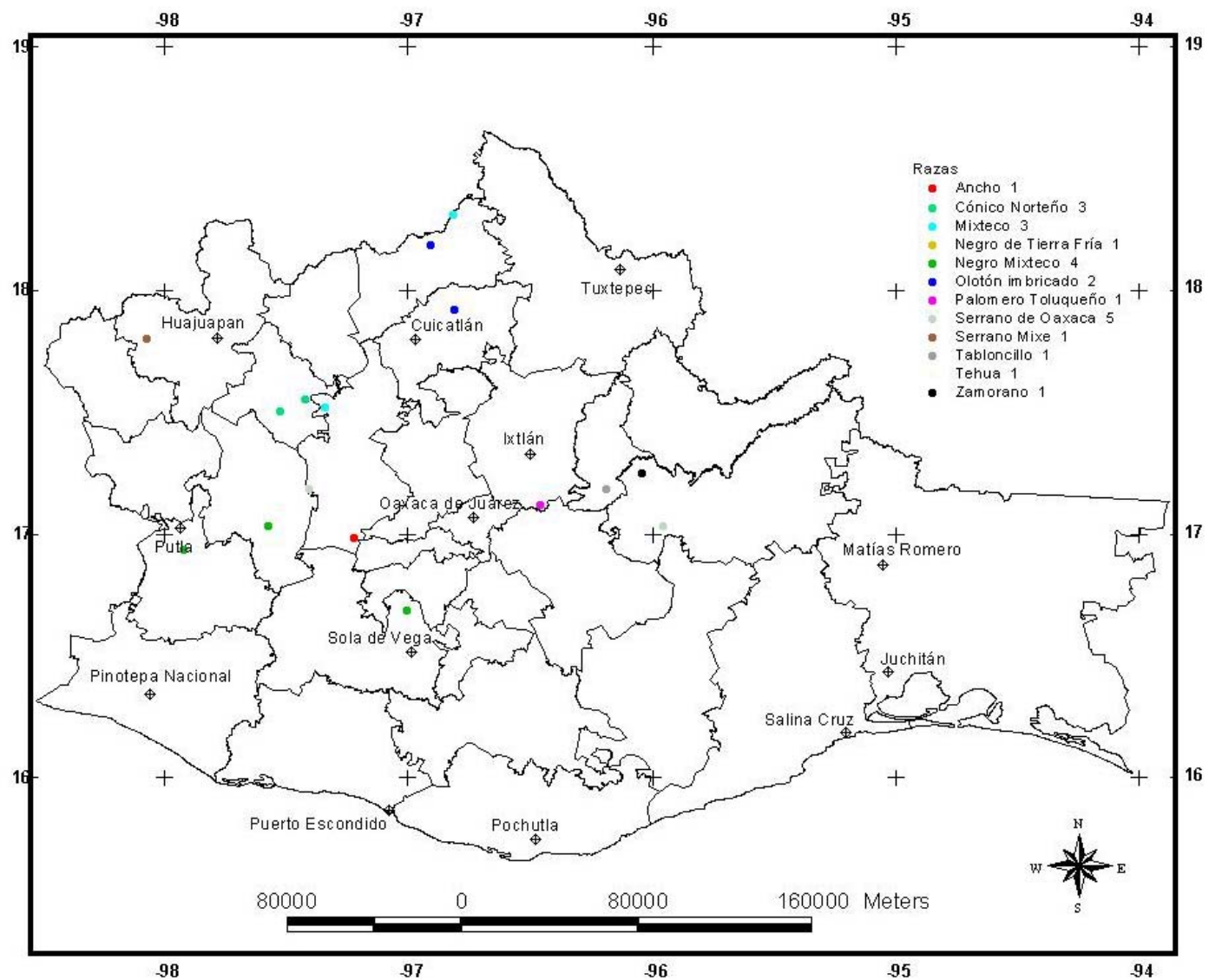


Figura 51. Distribución de razas con poca representatividad de colectas en Oaxaca, México

7.3 Base de datos de características agromorfológicas de maíces criollos de Oaxaca.

Para utilizar el germoplasma de maíz, primeramente deberá estar bien caracterizado para saber que características agronómicas importantes posee. De esta manera se podrán incorporar a los procesos de mejoramiento genético, su uso en la industria o en los procesos tradicionales de consumo. En el Anexo 2 se anotan las características de importancia agronómica de las colectas de maíz que han sido caracterizadas en campo.

Hace falta, para tener al 100 % la caracterización de los maíces criollos de Oaxaca, sembrar los 116 materiales que no poseen información agronómica. También es necesario uniformizar el número de variables a registrar en las caracterizaciones para tener una información más amplia del germoplasma. En algunas razas son pocas las variables registradas en la regeneración del material por lo es necesario evaluar detalladamente estos materiales para tener una buena información de los mismos.

En el Anexo 2, se podrá observar también que una misma colecta se repite varias veces. Esto ocurre, debido a que decidimos mantener todos los datos de la colecta y observar su comportamiento en varios ambientes de evaluación y caracterización. También hay que resaltar que en algunas ocasiones, aún cuando es la misma colecta, tiene diferente nombre racial. Normalmente esto ocurre en las colectas que no son puras y tienen introgresión de varias razas, por lo que en el proceso de regeneración, alguna raza de la cruce comienza a predominar sobre la otra.

Se puede observar una alta variación en las características agromorfológicas de las colectas (Anexo 2). Los materiales más precoces son los zapalotes chicos, y los más tardíos son los de la raza Olotón, Comiteco y Chalqueño.

7.4 Base de Datos de la Calidad Industrial de los Maíces Criollos de Oaxaca.

En el Anexo 3 se puede revisar, en un Cuadro concentrado de Excel, la información de calidad industrial de 91 muestras de las razas representativas de Oaxaca. Si desea mayor información, en el segundo informe cuatrimestral se entregó el documento completo con la información relativa a todo el proceso de análisis y resultados del análisis de laboratorio.

7.5 Colecta de la Diversidad de Maíz del Papaloapam y Sierra Norte.

Como resultado de la colecta realizada en la Zona del Papaloapam y Sierra Norte se lograron obtener 191 muestras de maíz (Anexo 1). Las razas de maíz encontradas en el área fueron: Tuxpeño, Olotillo, Tepecintle, Zapalote Grande y Vandefío en las partes ubicadas debajo de los 1200 msnm. En las partes más altas se identificaron las razas Olotón, Comiteco, Pepitilla, Cónico y Serrano (Anexo 1).

VIII. CONCLUSIONES

En base a la información recabada de las colecciones históricas y recientes de maíz de Oaxaca, concluimos lo siguiente:

1. Se dispone de la base de datos de pasaporte de 1818 colectas de maíz de Oaxaca, las cuales se conservan *ex situ* principalmente en los Bancos de Germoplasma del INIFAP y del CIMMYT.
2. Según los datos existentes en los bancos de germoplasma de maíz del CIMMYT e INIFAP, existen en Oaxaca 35 razas de maíz, lo que representa el 70 % de la diversidad de México. Las razas que se cultivan en el estado son: Ancho, Arrocillo, Bolita, Celaya, Chalqueño, Chiquito, Comiteco, Conejo, Cónico, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Mixeño, Mixteco, Mushito, Nal-Tel, Nal-Tel de Altura, Negro de Tierra Fria, Negro Mixteco, Olotillo, Olotón, Olotón Imbricado, Palomero Toluqueño, Pepitilla, Serrano, Serrano de Oaxaca, Serrano Mixe, Tabloncillo, Tehua, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño, Zamorano, Zapalote Chico y Zapalote Grande.
3. Se logró conformar la base datos de características agromorfológicas del 70 % de las colectas de Oaxaca. El 30 % restante requiere sembrarse para su caracterización y documentación.
4. Existe una amplia diversidad de colores de grano, aunque la mayoría son blancos (62%) y Amarillos (20%), pero existen azules (7 %), Negros (3.4 %), de color naranja (2 %) y rojos (1.4 %).
5. Se identificaron las colectas para los diferentes estratos altitudinales donde se cultiva el maíz: para el trópico (0 a 1000 m.) se tiene 521 colectas, 581 para zonas de bajo o subtropical (1001 a 1800 m.), 203 para las zonas de transición (1801-2000 m.), 452 para Valles Altos (2001-2500), y 61 colectas para Valles muy Altos (mayor de 2500 m.).
6. En las exploraciones de colecta realizadas hasta la fecha se han muestreado a 13 grupos indígenas: Amuzgos (9 colectas), Chatinos (91), Chinantecos (65), Chocholtecos, Cuicatecos (67), Huaves (6), Mazatecos (102), Mestizos (439), Mixes (139), Mixtecos (341), Nahuatl (18), Negros de la Costa (7), Triques (37) y Zapotecos (445).
7. Los resultados del análisis de calidad industrial de las razas de maíz de Oaxaca presentan alta variabilidad en la calidad lo que permite seleccionar materiales apropiados para diferentes usos. El peso de mil granos varió de 130 a 540 g y su dureza de grano de 7.6 a 16.7 Kg.-f, lo que permite aprovechar el grano para elaborar productos como atoles (baja dureza), tortillas por el proceso tradicional de nixtamalización (dureza baja a intermedia), harinas instantáneas de maíz para elaborar tortillas y botanas (alta dureza). De las 91 muestras analizadas, la mayoría presentaron granos suaves con índices de flotación mayor de 40.
8. Se detectaron maíces con alto contenido de germen (mayor de 12%), como la colecta SS-605 (19.6%), la 41XV-233 (15.04%) y la SS-635 (15.43%), lo que las hace apropiadas para emplearse con ventajas para

producir alimentos balanceados o para alimentar animales de traspatio por el ahorro en aceite que pueden tener estos tipos de maíces en las dietas.

9. Varios maíces azules y pintos presentaron textura suave, y fueron los que mostraron las mejores calificaciones en la elaboración de tortillas, tales como las colectas SS-275, SS-200 y SS-264.
10. Se elaboraron 35 mapas de distribución real y 17 de distribución potencial de las razas de maíz de Oaxaca.
11. La variabilidad en características agromorfológicas, de calidad industrial y de adaptación de las diferentes razas de maíz de Oaxaca, lo hacen un recurso valioso para fitomejoradores, biólogos, agrónomos, agricultores e industriales.
12. Con la información disponible de las razas de maíz de Oaxaca se pueden crear marcas colectivas con los criollos y determinar los sitios más adecuados para la conservación in situ de la diversidad. Una marca colectiva que pudiera rápidamente registrarse es la de “Totopos del Istmo”, elaborados con el maíz Zapalote Chico; otra sería: “Tlayudas del Valle”, tortillas elaboradas con maíz criollo de la raza Bolita.

IX. BIBLIOGRAFIA

Anderson, E. and H.C. Cutler. 1942. Races of Zea mays: I. Their recognition and classification. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 29: 69-89

Anderson, Robert P., Daniel Lew y A. Townsend Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological modeling* 162: 211-232

Aragón-Cuevas, F. 1987. El teocintle en Oaxaca. Seminarios de Investigadores del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP, SARH. México.

Aragón Cuevas, F., S. Taba, J. Díaz, H. Castro, J.M. Hernández C. 2001. Conservación in situ de la Biodiversidad del Maíz en los Valles Centrales de Oaxaca. Informe Final de Resultados. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca.

Aragón Cuevas, F., H. Castro G., N. Dillanes R., J.M. Hernández C., S. Montes, J.F. Ortega V., E. Paredes H., S. Taba, J. Díaz, S. Méndez. 2001. Conservación in situ y Mejoramiento de la Milpa en la Zona Mazateca, Cuicateca y Mixe de Oaxaca, México. Informe Final de Resultados. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca.

Aragón-Cuevas, F., S. Taba, H. Castro G., J.M. Hernández C., J.M. Cabrera T., L. Osorio A., N. Dillanes R. 2005. In situ Conservation and Use of Local Maize Races in Oaxaca, México: A participatory and decentralized Approach. Suketoshi Taba (eds.) In: *Latin American Maize Germoplasm Conservation: Regeneration, In situ Conservation, Core subsets, and Prebreeding. Proceedings of a Workshop held at CIMMYT, April 7-10, 2003.*

Benz, Bruce F. 1997. Diversidad y distribución prehispánica del maíz Mexicano. *Arqueología Mexicana*, Vol 5, No. 25. pp. 16-23

Brown, W.L. 1949. Numbers and Distribution of chromosome knobs in United States maize. *Genetics* 34:524-536.

Brown, A.H.D. 1989. Core collections: a practical approach to genetic resources management. *Genome* 31: 818-824.

Brown, A.H.D. 1995. The core collection at the crossroads. P. 3-19. *In* T. Hodgkin, A.H.D. Brown, T.J.L. van Hintum and E.A.V. Morales (eds.) *Core Collections of plant Genetics Resources*. John Wiley and Sons, Chichester, UK.

Brush, S. B. 1999. The issues of in-situ conservation of crop genetic resources. pp. 3-26. In S. B. Brush (ed.) *genes in the field, On-farm conservation of crop diversity*. Lewis publisher, Boca Raton, USA.

Crossa, J., S. Taba, S.A. Eberhart, P. Bretting, and R. Vencovsky. 1994. Practical considerations for maintaining germoplasma in maize. *Theor. Appl. Genet.* 89: 89-95.

Crossa, J., K. Basford, S. Taba, I. Delacy, and E. Silva. 1995. The three mode analyses of maize using morphological and agronomic attributes measured in multilocal trials. *Crop Sci.* 35: 1483-1491.

Dalton, R. 2001. Transgenic corn found growing in Mexico. *Nature* 413:337

Dunn, M.E. 1975 Ceramic evidence for the prehistoric distribution of Maize in Mexico. *American Antiquity*, Vol. 40, Num. 3: 305-314.

Eubanks, M.W., 2001. The mysterious Origin of Maize. *Economic Botany* 55 (4):492-514.

Ezaguirre, P. and M. Iwanaga. 1996. Farmers' contribution to maintaining genetic diversity in crops, and its role within the total genetic resources system. P. 9-18. In P. Eyzaguirre and M. Iwanaga (ed.) *Participatory Plant Breeding*. IPGRI, Rome.

Flannery, K.V. 1970. Preliminary archeological investigation in the Valley of Oaxaca, México, 1966-1969. Informe al INAH y a la National Science Foundation, Museum of anthropology, University of Michigan. Mimeografiado.

_____, and Schoenwelter, 1970. *Archeology* 23: 144-152.

_____. 1986. *Guilá Naquitz. Archaic Foraging and Early Agriculture in Oaxaca, México*. Academic Press, Inc.

Ford, R.I. 1976. Apendix XIII. Carbonized plants remain, in R,D, Drennan, *Fábrica san José and middle Formative Society in the Valley of Oaxaca*. Ann. Arbor. University of Michigan, *Memoirs of the Museum of Anthropology*.

Goodman, M.N. and W.L. Brown. 1988. Races of Corn. In: G.F. Sprague and J.W. Dudley (eds.). *Corn and Corn Improvement*. ASA Monograph 18. ASA, Madison, Wisconsin. Pp. 33-79

Harlan, J.R. 1992. *Crops and Man*. Secod edition. American Society of agronomy, INC. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wis. USA. 284 p.

Hernández-Casillas, J.M. 1999. La diversidad del Maíz Mexicano y su Conservación. Espinosa, V.J. y del Bosque C.J. (eds) En: *Memorias del Segundo Taller Nacional de Especialidades de Maíz*. Saltillo, Coahuila, México. Pp. 1-13

Hernández, X. E. y G. Alanis F. 1970. Estudio Morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas. *Agrociencia* 1:3-30.

Hernández X., E. 1986. *Biología Agrícola*. CECSA. México. 62 p.

Hernández X., E. 1987. Exploración Etnobotánica en Maíz. Xolocotzia, Obras de Efraín Hernández Xolocotzi, Tomo II. *Revista de geografía Agrícola*. Universidad Autónoma Chapingo. Pp. 751-756.

Hernández X., E. 1993. Aspects of plant domestication in México. A personal View. In: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, a. Lot, and J. Fa (eds.). *biological Diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press. New York. Pp. 733-753.

Houston, M. 1978. Preliminary findings list of plant remains form several highland Oaxaca Archeological site, including subsecuent revisions, lista inédita.

INEGI, 1997. *El maíz en el estado de Oaxaca*. Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 1998. *Oaxaca, Información Básica del Sector Agropecuario*. Tomo I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.

INEGI, 2002. *Anuario Estadístico Oaxaca, Tomo I*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. P. 478.

Kuleshov, N.N. 1933. World`s diversity of phenotypes of maize. *J. Am. Soc. Agron.* 25: 588-700.

Lees, S.H. 1973. Sociopolitical aspects of canal irrigation in the Valley of Oaxaca, *Ann. Arbor, University of Michigan, Memoirs of the Museum of Anthropology*, Num. 6.

Lipp, F.J. 1986. The plant domestication process among swidden agriculturalists. Paper presented at the 27th annual meeting of the Society for Economic Botany, New York Botanical Garden, Bronx, New York. 13-16 june.

Longley, A. E. 1941. Chromosome morphology in maize and its relatives. *Bot. Rev.* 7: 263-289.

Mangelsdorf, P.C. and J. W. Cameron. 1942. Western Guatemala, a secondary center of origin of cultivated maize varieties. *Bot. Mus. Leaflets, Harv. Uni.* 10(8): 217-252.

Muñoz O., A. 1991. Aprovechamiento de los Recursos Genéticos y Agricultura Sostenible. *Memorias del Primer Simposio Nacional de Agricultura Sostenible*. Una

Opción Para el Desarrollo sin Deterioro Ambiental. Comisión de Estudios Ambientales. Colegio de Postgraduados. Pp. 271-286

Muñoz O., A. y O. Rosas M., I. Carranza C., y J. Rodríguez M. 1992. Maíz Zapalote Chico. I. Selección. Memoria del XIV Congreso Nacional de Citogenética, Celebrado por la SOMEFI y la Escuela de Ciencias Agronómicas, Campus V, Universidad Autónoma de Chiapas, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, del 4-9 de octubre de 1992. pp.:299

Ortega, J.J. 1985. Variedades y razas Mexicanas y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para fitomejoramiento. Traducido del Ruso, capítulo: Descripción de algunas razas poco estudiadas. Tesis Doctoral. Instituto Vavilov. U.R.R.S.

Ortega, P.R., J.J. Sánchez G., F. Castillo González y J.M. Hernández Casillas. 1991. Estado Actual de los estudios sobre maíces nativos de México. En: Ortega, P.R., G. Palomino H., F. Castillo G., V.A. González H. y M. Livera M. (eds.). Avances en el Estudio de los Recursos filogenéticos de México. Sociedad Mexicana de citogenética. Chapingo, México. Pp. 161-185.

Ortega P., R. y V.R. Barajas. 1994. Variedades locales de maíz en el Centro de Tamaulipas: Pasado y Presente. Memorias del 11º Congreso Latinoamericano de Genética (Área Vegetal) y XV Congreso de citogenética. Edit. MASECA e INIFAP. Chapingo, México. P. 347.

Ortega, P.R., M.A. Martínez A. y J.J. Sánchez G. 2000. Recursos Fitogenéticos Autóctonos. In: P. Ramírez V., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S. y F. Zavala G. (eds.). Recursos Filogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Anual. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México.

Ortega Paczka, R. 2003. La Diversidad de Maíz en México. En: Sin maíz no hay País. Culturas Populares de México. México, D.F. pp. 123-154.

Ortiz-García, S., E. Ezcurra, B. Schoel, F. Acevedo, J. Soberón, and A.A. Snow. 2005. Absence of detectable transgenes in local landraces of maize in Oaxaca, Mexico (2003-2004). www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0503356102

Pingali, P.L. (ed.). 2001. CIMMYT 199-2000 World Maize facts and trends. Meeting world maize needs: Technological opportunities and priorities for the public sector. CIMMYT, México.

Quist, D., and I.H. Chapela. 2001. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, México. *Nature* 414:541-543

Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, and A. Lot y J. Fa (compiladores). *Diversidad Biológica en México, Orígenes y Distribución*. UNAM, Instituto de Biología. México. Pp. 129-145.

SAGARPA, 2001. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.

Sánchez-González, J.J. 1989. Relations among the Mexican races of maize. Ph. D. dissertation. North Carolina University. Department of Crop Science, Raleigh, N.C. p. 187.

Serrano Altamirano, V. y M.A. Cano García. 2003. *Caracterización del Medio Físico del Estado de Oaxaca y sus Distritos Políticos*. Folleto Técnico No. 4. INIFAP.

Smith, B.D. 1995. *The Emergence of Agriculture*. Scientific American Library, New York. 231 p.

Smith, E.C. 1969. *Catalog of plant remains recovered from open sites in the Valley of Oaxaca*. Lista inédita.

Smith, E.C. Jr. 1976. *Modern vegetation and ancient plant remains of the Nochixtlán Valley, Oaxaca*. Nashville, Vanderbilt University. *Publications in Anthropology* No. 16.

Sperling, L., J. Ashby, E. Weltzien, M. Smith, and S. Mcguire. 2001. Base-broadening for client-oriented impact: Insights drawn from participatory plant breeding field experience. P. 419-438. In H.D Cooper, C. Spillane, and T. Hodgking (eds.) *Broadening the genetics base of crop production*. CAB International, Wallingford, UK.

Sturtevant, E. L. 1899. *Varieties of corn*. USDA Off. Exp. Stn. Bull. 571: 1-108

Taba, S., F. Pineda and J. Crossa. 1994. Forming core subsets from Tuxpeño race complex. P. 60-81. In S. Taba (ed.) *The CIMMYT maize germplasm bank: genetic resource preservation, regeneration, maintenance, and use*. CIMMYT maize Program Special report, Mexico D.F. México.

Taba, S. 1995. *Maize Germoplasm: Its spread, use, and strategies for conservation*. P. 7-58. In S. Taba (ed) *Maize genetic Resources*, Maize Program Special Report. CIMMYT, México.

Aragón et al., 2005. Actualización de la Información sobre los Maíces Criollos de Oaxaca

Taba, S. 1997. A. Maize. P. 213-226. In D. Bucillo, L. Seras, and P. Stapleton (eds.) *Biodiversity in trust*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Taba, S., J. Diaz, J. Franco, and J. Crossa. 1998^a. Evaluation of Caribbean Maize accessions to develop a core subset. *Crop Science*. 38: 1378-1386.

Taba, S., F. Aragón, J. Diaz, H. Castro, and J.M. Hernandez. 1998b. Local Maize Cultivars for their conservation and improvement in Oaxaca, Mexico. P. 218. In Ramirez V., P., F. Zavala G., N.O. Gomez M., F. Rincón S. y A. Mejía C. (eds.) *Memorias del XVII Congreso de Fitogenética: Notas Científicas SOMEFI*. Chapingo, México.

Taba, S., J. Díaz, M. Rivas, M. Rodríguez, V. Vicarte y J. Norgaard. 2003. The CIMMYT Maize Collection: Preliminary Evaluation of Accessions. CD Room. CIMMYT. El Batán, Texcoco, México.

Vavilov, N.I. 1931. México y Centroamérica como centro básico de origen de las plantas cultivadas del Nuevo Mundo. *Boletín de Botánica aplicada, Genética y Fitomejoramiento*. Tomo 26. No. 3. En Ruso. Traducción al Español por E. Gribovskaia y R. Ortega P. publicada en 1994. *Revista de Geografía Agrícola* 20: 15-33.

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, E. Hernández Xolocotzi, P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de Maíz de México. Su origen, Características y distribución. Folleto Técnico No. 5, Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 273 pp.

Wellhausen, E. J., L.M. Roberts O. and A. Hernández, in collaboration with P.C. Mangelsdorf, 1957. Razas of maize in Central America. *Nat. Acad. Sci., Nat. res. Council*, Washington, D.C. Publ. No. 511.

Wilkes, H.G. 1967. *Teosinte: The closest relative of maize*. The Bussey Institution, Harvard University, Cambridge, Mass.

_____. 1985. Teosinte: The Closest relative of maize revisited. *Maydica* XXX: 209-223.