

Modelos de distribución para las razas de maíz en México y propuesta de centros de diversidad y de provincias bioculturales

Informe técnico preparado para la CONABIO, Octubre 2011
VERSION FINAL

Hugo Perales Rivera¹ y Duncan Golicher²

¹ Departamento de Agroecología, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal, Chiapas y Diversity for Livelihoods Programme, Bioversity International, Rome.

² Center for Conservation Ecology & Environmental Change, School of Conservation Sciences, Bournemouth University, Dorset, UK y Departamento de Ecología y Sistemática Terrestre, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal, Chiapas.

Índice general

	Página
Resumen ejecutivo	i
1. Introducción	1
2. Métodos	3
2.1 Ajuste y preparación de la muestra	4
2.2 Análisis por "época" de colecta	5
2.3 Modelos para la distribución de las razas	6
2.4 Centros de distribución para las razas	8
2.5 Determinación endemismo y de las provincias biogeográficas para las razas de maíz en México	9
2.6 Consideraciones para la interpretación de los modelos de distribución y de los centros de distribución y de diversidad	10
3. Resultados	12
3.1 Presencia de las razas en la muestra	12
3.2 Estados centro de la distribución de las razas	14
3.3 Modelos de distribución	15
3.4 Riqueza de razas	16
3.5 Índices de diversidad y endemismo	17
3.6 Provincias bioculturales para las razas de maíz	19
4. Propuesta de provincias bioculturales y centros de diversidad para las razas de maíz en México	22
4.1 Centros de diversidad, distribución y provincias bioculturales para de las razas mexicanas	22
4.2 Correspondencia entre la provincias bioculturales para las razas de maíz y las provincias biogeográficas de CONABIO	23
4.3 Correspondencia entre la provincias bioculturales y los grupos raciales de Sánchez <i>et al.</i>	25

4.4 Centros de diversidad y modelo de centros de origen y diversificación de Kato	27
4.5 Provincias bioculturales, centros de origen y conservación de razas de maíz	28
5. Recomendaciones	29
6. Conclusiones	32
Bibliografía citada	34

Figuras

Figura 1. Puntos de muestreo para las tres épocas analizadas y para todas las colectas con clasificación y georeferenciadas.	38
Figura 2. Distribución de Ancho y Tabloncillo sin y con posiciones geográficas en los modelos.	39
Figura 3. Centros de distribución de las razas	40
Figura 4. Riqueza de razas para los modelos de distribución	41
Figura 5. Centros de diversidad para modelos de riqueza de razas	43
Figura 6. Riqueza individual y completa para los modelos sin época y comparación empleando colectas sin época.	44
Figura 7. Comparación de riqueza individual para los modelos de las tres épocas de colecta estudiadas.	45
Figura 8. Valores de los índices de diversidad D de Simpson y H de Shannon para los modelos sin época.	46
Figura 9. Endemismo individual para los modelos sin época y colectas.	47
Figura 10. Endemismo completo para los modelos sin época y colectas.	48
Figura 11. Conglomerados formados empleando el índice de Sorensen para modelos sin época y modelos 2000.	49
Figura 12. Secuencia de divisiones para los grupos bioculturales de las razas en Maíz-CONABIO para los modelos 2000.	50
Figura 13. Agrupaciones bioculturales con número de grupos similares para los modelos de las tres épocas y sin época.	52
Figura 14. Provincias bioculturales para las razas de maíz en México.	53

Figura 15. Correspondencia entre los centros de distribución, centros de diversidad y provincias bioculturales para las razas de maíz en México	54
Figura 16. Correspondencia entre las provincias bioculturales para el maíz y las provincias biogeográficas de México propuestas por CONABIO.	55
Figura 17. Correspondencia entre las provincias bioculturales para el maíz y la población indígena de México.	56
Figura 18. Correspondencia entre propuesta de centros de diversidad y distribución y modelo de Kato.	57
Cuadros	
Cuadro 1. Frecuencia original y utilizada por raza en Maíz-CONABIO	58
Cuadro 2. Cambios efectuados en Maíz-CONABIO.	61
Cuadro 3. Colectas por estado en Maíz-CONABIO	64
Cuadro 4. Número de colectas/100 km ² y km ² / colecta por estado en la muestra final empleada de Maíz-CONABIO	65
Cuadro 5. Colectas por año en Maíz-CONABIO	66
Cuadro 6. Frecuencia de colectas por clase altitudinal en Maíz-CONABIO	68
Cuadro 7. Épocas de colectas (clases) utilizadas para los modelos de distribución	68
Cuadro 8. Colectas por época para las razas en Maíz-CONABIO	69
Cuadro 9. Colectas por época para los estados en Maíz-CONABIO	71
Cuadro 10. Razas clasificadas por frecuencia absoluta y distribución	72
Cuadro 11. Número de estados para las distintas clases de frecuencia de las razas en Maíz-CONABIO.	74
Cuadro 12. Número de estados con presencia de las razas para las distintas clases de frecuencia en Maíz-CONABIO.	76
Cuadro 13. Número de razas por estado en las distintas clases de frecuencia en Maíz-CONABIO.	78
Cuadro 14. Número de razas por estado en las distintas clases de frecuencia.	79
Cuadro 15. Estados centro de la distribución de las razas de maíz en Maíz-CONABIO	80

Cuadro 16. Centros de distribución de las razas de maíz en Maíz-CONABIO con base en la proporción de colecta.	82
Cuadro 17. Cometarios a los modelos de distribución de las razas	84
Cuadro 18. Provincias bioculturales para las razas de maíz en México.	88
Cuadro 19. Correspondencia entre los grupos de afinidad racial de Sánchez et al. (2000) y las provincias biogeográficas propuestas.	90
Cuadro 20. Correspondencia entre las provincias biogeográficas propuestas y los grupos de afinidad racial de Sánchez et al. (2000).	92
Cuadro 21. Subprovincias en las que se distribuyen los centros de diversidad	94
Cuadro 22. Razas de maíz en peligro de extinción.	95
 Apéndices	
Apéndice 1. Estados en que se encuentran las razas y frecuencia clasificada	96
Apéndice 2. Modelos de distribución para las razas de maíz	104

Modelos de distribución para las razas de maíz en México y propuesta de centros de diversidad y de provincias bioculturales

Informe técnico preparado para la CONABIO, Octubre de 2011

Hugo Perales Rivera y Duncan Golicher

Resumen ejecutivo

El presente estudio analiza la base de datos de maíces de México conjuntada por CONABIO. Se presentan modelos de distribución para las razas de maíz para tres épocas de colecta y con base en los modelos por raza se elaboraron modelos de riqueza. Empleando el modelo de riqueza y un análisis de la distribución de las distintas razas se proponen las regiones que son centros de diversidad y distribución para el maíz en México. Además, con base en los modelos por raza se produjeron agrupaciones que delimitan provincias bioculturales para el maíz.

La base de datos fue actualizada por última vez el 23 de septiembre de 2010 y consta de 22,931 registros para 74 nombres de razas de maíz con fechas de colecta entre 1934 y 2010. Casi 4000 colectas no tienen registro de raza, 1266 registros no cuentan con fecha de colecta, algunas razas son sinónimos, otras están muy pobremente representadas o no han sido descritas y una no es mexicana. Por lo anterior, se depuraron los datos quedando 47 razas y 18,348 colectas. Los modelos de distribución se hicieron segmentando la base de datos por época de colecta y también sin considerar la fecha en que fueron hechas las colectas. Esto permite eliminar el sesgo que se introduciría con las colectas históricas que posiblemente ya no representan la distribución actual de las razas. Además, también permite reducir los sesgos derivados del muestreo y analizar si algunas de las razas han cambiado en sus distribuciones. Por inspección se determinaron tres épocas de colecta: clase "1950" son colectas realizadas entre 1943 y 1954 (n=1878), clase "1975" son las colectas con fecha entre 1968 y 1979 (n=3568) y clase "2005" son colectas entre 1997 y 2009 (n=11,151).

Para la modelación de las distribuciones de las razas se emplearon Modelos Additivos Generalizados (GAM por sus siglas en inglés) y se utilizaron variables climáticas derivadas

el modelo WorldClim con resolución de 4 minutos arco (0.067 grados decimales, aproximadamente 7 x 7 km, ó 50 km² en el centro de México). Las variables empleadas en los modelos fueron: temperatura máxima en junio, temperatura mínima en enero, diferencia máxima entre temperatura mensual máxima y mínima, diferencia máxima para un mes entre temperatura máxima y mínima diaria, precipitación en enero, precipitación en junio, número de meses de crecimiento con precipitación mensual mayor que 100 mm, latitud y longitud. Con base en los modelos de distribución se elaboraron mapas de riqueza de razas, esto es, el número de razas que se distribuyen en cada celda. Con el fin de especificar los centros de distribución para cada una de las razas se buscaron los estados en los cuales se encuentra más que 50% de la muestra de la raza. Para la mayoría de las razas los estados que pueden caracterizarse como centros de distribución concentran más que 75% de la muestra de la raza. Se empleó el programa Biodiverse (Laffan et al. 2010) para realizar análisis espaciales de diversidad, endemismo y determinar provincias. Para los análisis espaciales los modelos de distribución se recrearon usando celdas de 0.5 x 0.5 grados (30 minutos, aproximadamente 56 celdas de los modelos).

Con base en la frecuencia absoluta de colectas las razas se clasifican en cuatro grupos de abundancia. Solo hay cinco razas muy comunes, 22 razas son relativamente comunes y aproximadamente una mitad (20 razas) son raras o muy raras. Las razas raras y las muy raras prácticamente se podrían considerar todas en peligro de extinción o vulnerables, pero posiblemente esta condición no es reciente porque nunca han sido colectadas en frecuencias mayores. Ninguna de las razas estudiadas estuvo ausente en la muestra 2005, pero 10 razas formalmente descritas no presentaron suficiente muestra para producir modelos con ellas.

Los modelos son aparentemente plausibles y muy posiblemente representan adecuadamente la distribución de las razas. Sin embargo, hay algunos casos en que la clasificación de las colectas no parece correcta, o la concordancia en las distribuciones entre las épocas no es buena. Solo seis de las 47 razas descritas presentan algún tipo de problema en los modelos de distribución, por lo que los patrones que producen los modelos parecen ser suficientemente robustos y estos problemas no parecen afectar significativamente las conclusiones.

Es posible observar varios patrones en el análisis de la distribución y los modelos de riqueza de razas de maíz en México. Primero, destacan seis regiones como centros de distribución y de diversidad: Oaxaca, Chiapas, Centro Occidente (Jalisco, Michoacán, Guerrero), Centro Oriente (México, Puebla y Tlaxcala) y Noroeste (Sinaloa, Sonora) y Chihuahua. Segundo, los modelos de riqueza por época no indican una pérdida sistemática de diversidad entre épocas, lo que sugiere que no estamos frente a un escenario de erosión genética intensa. Tercero, en ningún caso los modelos sugieren otras regiones como centros de diversidad, esto es, los modelos por época de colecta o sin considerarla convergen en la misma solución.

El análisis espacial de endemismo señala a Chiapas y Chihuahua como los estados con mayor endemismo relativo. Los centros de diversidad de Centro-Oriente, Centro-Occidente y Oaxaca, y la Península de Yucatán, tienen menor endemismo que Chiapas y Chihuahua pero también destacan en endemismo. Con base en los conglomerados que se forman en el análisis espacial para la presencia de las razas se pueden proponer 9 provincias bioculturales. Seis de estas provincias han destacado como centro de diversidad, las otras tres provincias no destacan como centros de diversidad pero si tienen razas propias de la provincia.

El análisis de la base de datos Maíz-CONABIO señala claramente que las provincias bioculturales para las razas de maíz coinciden con las áreas de distribución de las razas y sus centros de diversidad. Esto es, los distintos análisis sugieren las mismas regiones como centros de diversidad y de distribución y no cambian sensiblemente al analizar los datos por época de colecta.

Con base en los centros de distribución, los modelos de riqueza y el análisis geográfico de las razas de maíz en México, ***se pueden proponer 10 provincias bioculturales de las cuales 6 son también centros de diversidad.*** Las seis provincias que a su vez han destacado como centro de diversidad son: 1) Chiapas, 2) Complejo de Oaxaca, 3) Cordillera Costera de Occidente, 4) Mesa Central, 5) Sierras del Noroeste y 6) Cañones Chihuahuenses. Tres

provincias que no destacan como centros de diversidad, pero si tienen razas propias de la provincia, son: 7) Mesa del Norte, 8) Planicies del Golfo y, 9) Península de Yucatán. Además, tenemos una provincia que no destaca en la distribución actual de alguna raza: 10) Baja California y Norte de Sonora. En las primeras seis provincias mencionadas se concentra la distribución del 89% de las 47 razas de maíz en México. La conformación de las provincias bioculturales no correlaciona directamente con las provincias biogeográficas propuestas para México y su patrón sugiere la influencia de factores culturales y no solo ambientales.

Los centros de diversidad y distribución propuestos son análogos a los centros de diversificación propuestos por Kato et al. (2009), sugiriendo que los modelos convergen en una solución robusta con base en procedimientos distintos.

Se recomienda: verificar la clasificación de algunas colectas, verificación de campo para casos con incertidumbre en la muestra de 2000, revisión del estatus de raza para varios casos y elaborar un catálogo de razas con descripciones, colectas adicionales en regiones sin colecta o con poca colecta y en el futuro incluir cultivares comerciales dentro de las colectas. También se sugiere ensayar modelos de la distribución de las razas incluyendo variables socioeconómicas y culturales, además de las climáticas y otras ambientales. Por otro lado, es pertinente un programa de conservación *in situ* de razas raras y muy raras.

Se concluye que: 1) La base de datos contiene 72 razas pero algunas no tienen presencia significativa en la muestra, son sinónimos, no han sido descritas y una no es mexicana. Con base en estos datos, es posible estimar que México cuenta con 47 razas nativas de maíz. 2) La mayor diversidad para las razas de maíz en México se encuentra en las sierras de la vertiente del Pacífico y en la Mesa Central y Chiapas y Chihuahua destacan por sus endemismos. 3) No tenemos evidencia de que la diversidad ha disminuido en los últimos 60 años y todas las razas previamente colectadas desde los años 40 fueron colectadas en el período reciente (1997-2000). Sin embargo, seis razas presentaron tan poca muestra que pueden considerarse en peligro de extinción. 4) Casi la mitad de las razas (20) presentan frecuencia de colecta rara o muy rara y ninguna de estas presentó frecuencias mayores en

épocas anteriores, por lo que se puede considerar que no es un fenómeno reciente. 5) México puede ser descrito en 9 provincias bioculturales para las razas de maíz, y seis de estas provincias son a su vez centros de diversidad racial. Los seis centros de diversidad concentran 42 de las 47 razas mexicanas de maíz (89%). Las otras tres provincias bioculturales no pueden ser caracterizadas como centros de diversidad, pero si tienen razas propias de la provincia. 6) Los seis centros de diversidad y las 9 provincias bioculturales concuerdan bien entre sí y son análogos con la propuesta de centros de origen y diversidad de Kato. 7) Es posible sostener que las provincias bioculturales no son un artefacto del método dado que también reflejan características culturales del espacio. Por lo anterior, podemos suponer que la propuesta de centros de diversidad y de provincias bioculturales es una solución robusta.

Modelos de distribución para las razas de maíz en México y propuesta de centros de diversidad y de provincias bioculturales

Informe técnico preparado para la CONABIO, Octubre de 2011

Hugo Perales Rivera¹ y Duncan Golicher²

¹ Departamento de Agroecología, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal, Chiapas y Diversity for Livelihoods Programme, Bioversity International, Rome.

² Center for Conservation Ecology & Environmental Change, School of Conservation Sciences, Bournemouth University, Dorset, UK y Departamento de Ecología y Sistemática Terrestre, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal, Chiapas.

1. Introducción

La categoría de raza ha sido y continúa siendo utilizada extensamente para estudiar la diversidad del maíz en México (Wellhausen et al. 1951, Sánchez et al. 2000, Matsuoka et al. 2002, Reif et al. 2006, van Heerwaarden et al. 2011). Anderson y Cutler (1942) propusieron crear una clasificación natural para el maíz y definieron a la raza en una forma abierta como “un grupo de individuos relacionados con suficientes características en común para permitir su reconocimiento como grupo”. Sin embargo, fue hasta después de las colecciones extensivas realizadas en la década de los 40 que se formalizó una propuesta para la clasificación racial de los maíces mexicanos (Wellhausen et al. 1951). A esta clasificación se han añadido otras razas a las originalmente propuestas (por ejemplo, Hernández y Alanís 1970, Benz 1986 y Sánchez 1989) y actualmente se piensa que existen unas 60 razas de maíz en México (Sánchez et al. 2000, Ron et al. 2006). El concepto de raza no es un nivel taxonómico formal y su utilidad radica en ser una forma para clasificar a nivel de paisaje la enorme diversidad observada en los maíces mexicanos. Esta clasificación ha resultado de gran utilidad para seleccionar la muestra en los análisis genéticos a escala de paisaje (Matsuoka et al. 2002, van Heerwaarden et al. 2011). En los últimos años se ha encontrado que no hay una correlación fuerte entre distancia genética y la clasificación racial (Pressoir and Berthaud 2004a, 2004b; Vigouroux et al. 2008) y que la mayor parte de la

diversidad genética del maíz en marcadores moleculares neutros se encuentra al interior de las poblaciones, más que entre poblaciones. Sin embargo, desde el punto de vista de caracteres morfológicos y fenológicos las razas tienen estructura de población fuerte (Sánchez et al. 2000, Pressoir and Berthaud 2004b).

Una consecuencia importante de la clasificación racial es que se busca distinguir poblaciones prominentes y no formas particulares poco comunes. Casi todas las razas presentan variación importante en color y textura de grano y en características fisiológicas y fenológicas y, en general, se considera que estas variantes menores no justifican la creación de nuevas razas. Dado que no hay un criterio específico de que es o no una raza, es posible proponer la creación de nuevas razas sin formalización adecuada. Otra consecuencia es que siendo el maíz una especie de polinización abierta con poca incompatibilidad entre las razas es común encontrar poblaciones que aparentemente son hibridaciones entre dos razas. De hecho, muchas colectas son clasificadas en raza principal y raza secundaria. La clasificación racial permite estudiar un nivel de diversidad a nivel de paisaje y actualmente representa la única forma para determinar la diversidad y el estado de los cultivares tradicionales de maíz en México.

Desde el trabajo de Wellhausen et al. (1951) se buscó describir la distribución de las distintas razas de maíz en México mediante mapas en los que se señalaban las posiciones geográficas en las que se encontraron las colectas. Sin embargo, poco se ha avanzado en la formalización de las distribuciones para las razas de maíz en México. Una excepción son los modelos de distribución potencial para Oaxaca presentados en Aragón et al. (2006) y realizados mediante GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction) para las razas "puras" (esto es, las colectas juzgadas como "sin introgresión" con otras razas) de la colecta reportada en el estudio. Estos modelos no fueron empleados desde el punto de vista analítico. Para las distribuciones de las especies silvestres se ha avanzado mucho en las últimas décadas y se cuenta con un conjunto de métodos alternativos para la modelación (por ejemplo ver Elith et al. 2006, Guisan et al. 2006). En especies agrícolas el trabajo se ha concentrado más en las distribuciones de los parientes silvestres de estas (por ejemplo, Hijmans et al. 2000, Hijmans y Spooner 2001) pero no a nivel de cultivares o formas tradicionales de una especie.

El primer intento de agrupación de las razas de maíz mexicanas fue propuesto por Wellhausen et al. (1951), separando las razas por sus supuestas relaciones históricas en cuatro grupos: indígenas antiguas, exóticas pre-Colombinas, mestizas prehistóricas y modernas incipientes (además de un grupo que consideraron de razas no bien definidas). Desde la década de los 70 se trabajó en establecer las relaciones entre las razas mexicanas de maíz usando métodos cuantitativos (Sánchez et al. 2000). Por ejemplo, Goodman (1972) encontró cinco grupos basados en caracteres morfológicos, Cervantes et al. (1978) diseñaron cruza y usaron efectos genéticos y de genotipo x ambiente y Sánchez et al. (2000) usaron caracteres morfológicos tomados en jardines comunes en distintos ambientes y marcadores moleculares isoenzimáticos. Ninguno de estos trabajos han tenido el propósito de determinar provincias bioculturales del maíz en México, aunque algunas de las agrupaciones que producen tienen correlación biogeográfica. Existen también propuestas cualitativas de agrupaciones como la de Ortega (2003), basada en adaptación agroecológica y características de la mazorca, grano y usos, y la de Benz (1986) basada en caracteres taxonómicos.

En el presente estudio se analiza la base de datos de maíces de México conjuntada por CONABIO hasta octubre de 2010 y se presentan modelos de distribución para las razas para tres épocas de colecta. Con base en los modelos por raza y el análisis de la distribución de las distintas razas se proponen las regiones que son centros de diversidad para el maíz en México. Además, se presentarán análisis espaciales de la diversidad del maíz mediante índices de diversidad y endemismo y se propondrán regiones biogeográficas para las razas de maíz que ofrecen pautas para diseñar políticas de conservación.

2. Métodos

Los modelos que se presentarán se basan en el análisis de la base de datos en posesión de CONABIO y que proviene de los bancos de germoplasma y de colectas recientes. Esta base de datos fue actualizada por última vez el 23 de septiembre de 2010 y consta de 22,931 registros para 73 nombres de razas de maíz (Cuadro 1). En lo sucesivo estos datos se denominarán "Maíz-CONABIO".

2.1 Ajuste y preparación de la muestra

En este estudio se ha buscado modificar lo menos posible la información original. Sin embargo, algunas de las razas registradas en la base de datos son sinónimos (Cuadro 2) y dos nombres de razas (Blando y Serrano) son aparentemente simplificaciones del nombre completo. Por otro lado, varias razas están muy pobremente representadas (menos que 10 muestras en total, 11 en el caso de Mixeño) y varias razas no están definidas para México (Amarillo de Montaña y Mountain Yellow, Argentino, Negro de Chimaltenango) y una no es originaria de México (Cubano Amarillo). Además, la base de datos incluye 8 razas nuevas que no han sido descritas, todas propuestas por un solo colector (José Alfredo Carrera Valtierra), por lo que se prefirió eliminarlas de los análisis hasta su formalización o confirmación como raza. Después de los ajustes descritos en el Cuadro 2 quedaron 47 razas y 18,366 colectas. Aunque los análisis que se presentarán se realizaron con la base depurada, también se corrieron los modelos incluyendo las razas nuevas y las que no son mexicanas para verificar si su exclusión alteraba los resultados. La inclusión de estas otras razas no modifica lo descrito en este informe, por tal motivo no será presentado este análisis.

Un asunto importante es que según Ron et al. (2006) se han descrito 59 razas de maíz en México y en este trabajo solo estamos empleando 47. De las otras 12 razas 2 se consideraron sinónimos, sin embargo, 10 razas no incluidas en el presente estudio no han tenido más que 15 colectas desde que fueron descritas. Esto implica que o su estatus como raza está en duda por no presentar poblaciones comunes, o están prácticamente extintas.

La muestra contiene colectas desde 1934 hasta 2010 y de todos los estados de México (Cuadros 3, 4 y 5). Los esfuerzos de colecta desde el punto de vista espacial y temporal son evidentemente desiguales y algunas regiones están pobremente representadas, no necesariamente por ausencia de maíz o de variedades tradicionales del mismo. En siete estados se cuenta con más de 1000 colectas aunque después de los cambios descritos en el Cuadro 2 solo tres estados tienen más que 1000 colectas. En 17 estados se tienen menos que una colecta por 100 km². En la Figura 1 se presenta la distribución espacial de los puntos de muestreo. Podemos observar que continuamos con regiones sin colectas en los últimos 60 años. Debe notarse que más que 35% de las colectas analizadas han sido hechas entre los años de 2007 y 2010.

En el Cuadro 6 se presenta la frecuencia de colectas por clases altitudinales de 500 m, podemos observar que la muestra tienen buena representación en todas las clases. Es de notarse que no hay tantas comunidades arriba de los 2500 msnm como en las otras clases, por lo que la cantidad menor de muestras en esta clase no implica desatención de este ambiente. En Maíz-CONABIO algunas colectas especifican si los maíces fueron colectados con algún grupo étnico (19 grupos étnicos en total), pero solo 1396 registros cuentan con esta información. Por lo anterior, no es posible hacer un buen análisis para esta variable. Sin embargo, es posible señalar que 14 razas no fueron colectadas con alguno de estos grupos étnicos y otras 9 razas tienen menos de 5 ejemplares colectados entre ellos. También requiere señalarse que varios campos de información en Maíz-CONABIO están codificados en formas inadecuadas para su análisis estadístico (por ejemplo, las épocas de siembra, madurez y cosecha). Es necesario estructurar los datos en una forma que permita el análisis automático.

2.2 Análisis por “época” de colecta

Dado que la base de datos contiene más que 50 años de colectas y diferencias importantes de muestreo entre regiones en que se realizaron las colectas, se analizó la base de datos segmentada por época de colecta y también sin considerar la fecha en que fueron hechas las colectas. Esto es importante porque las colectas históricas no necesariamente representan la distribución actual de las razas. Además, segmentar la base de datos por época de colecta permite producir tres modelos independientes (además de uno para todos los datos) y estudiar si los modelos que se producen contienen errores o sesgos derivados del muestreo, también permite conjeturar si algunas de las razas han cambiado en su distribución. Si los modelos entre épocas y sin considerar época son consistentes la confianza de que los modelos están haciendo una buena descripción de las distribuciones mejora.

De los 18,301 registros 1266 no cuentan con fecha de colecta. Por inspección se determinaron tres esfuerzos de colecta que se han denominado “épocas” de colecta en el presente escrito: clase "1950" son colectas realizadas entre 1943 y 1954 (n=1878), clase "1975" son colectas entre 1968 y 1979 (n=3568) y clase "2005" son colectas entre 1997 y 2009 (n=11,104). Estas épocas no se determinaron con un criterio sistemático sino más bien se buscó separar tres períodos e incluir el

mayor número de colectas, por este motivo los períodos son de 12 y 13 años. En el Cuadro 7 se describen las épocas y la cantidad de muestra en cada una, sólo 485 colectas que tenían información para fecha de colecta fueron excluidas en estos modelos. Además, todas las colectas con pasaporte básico (determinación de raza y posición georeferenciada) fueron empleadas en los modelos que llamaremos “sin época”. En la Figura 1 se presenta la distribución de los puntos de muestreo con base en las épocas definidas y sin considerar la época y en el Cuadro 8 y 9 se presenta la frecuencia de colectas de las razas o por estado para los tres períodos considerados.

2.3 Modelos para la distribución de las razas

Se emplearon Modelos Aditivos Generalizados (conocidos como GAM por sus siglas en inglés, Generalized Additive Models; ver Yee y Mitchell 1991). Los modelos GAM son extensiones no paramétricas de los modelos lineales generales (GLM) en los que las funciones lineales o polinómicas son reemplazadas por funciones “dependientes en datos-alisados”. Esto es, los GAM son “dependientes en datos” más que “dependientes en modelos” (Yee y Mitchell 1991) y las funciones para describir los datos son “alisadas” (smoothing function). La racionalidad detrás de estos modelos es que primero se debe examinar la estructura de los datos, antes de ajustar un modelo determinado *a priori*.

En los modelos GAM la variable dependiente puede tener distribución no-normal (explícitamente) y no tiene que ser continua. Esto es, puede ser binomial como en este caso (presencia/ausencia de la raza). Los valores de la variable dependiente están conectados a una combinación aditiva de las variables independientes mediante una función de enlace no lineal. Los datos se “alisan” usando una clase de ecuaciones que buscan generalizar los datos en curvas suavizadas mediante ajuste local de subsecciones de los datos. En principio, no hay una restricción para que tanto se “alisan” los datos, esto se determina al formular el modelo. Dada la flexibilidad del modelo es importante no sobre-ajustar el modelo a los datos. Esto es, no conviene emplear un modelo demasiado complejo y específico a los datos en cuestión, que posiblemente no produce un buen ajuste cuando se replica o valida el estudio.

Para la modelación de las distribuciones de las razas se emplearon variables climáticas derivadas el modelo WorldClim (www.worldclim.org) con resolución de 4 minutos arco (0.067 grados

decimales, aproximadamente 7 x 7 km, ó 50 km² en el centro de México). Los detalles de esta base de datos se encuentran en Hijmans et al. (2005) y la página citada. Con base en un análisis de componentes principales (ver Golicher y Cayuela 2007) se redujeron las variables originales a siete variables derivadas que no estaban correlacionadas (ortogonales). Las variables empleadas en los modelos fueron:

1. Temperatura máxima en junio.
2. Temperatura mínima en enero.
3. Temperatura mensual máxima y mínima, diferencia máxima.
4. Temperatura máxima y mínima diaria, diferencia máxima para un mes.
5. Precipitación en enero.
6. Precipitación en junio.
7. Número de meses de crecimiento, precipitación mensual > 100 mm.
8. Latitud.
9. Longitud.

Los modelos se especificaron como binomiales (presencia/ausencia de las razas). Para las variables climáticas las ecuaciones permitidas en el modelo para alisar los datos fueron como máximo cuadráticas. Se emplearon las posiciones geográficas (latitud y longitud) para restringir la distribución de las razas (spatial trend) y, además, se permitió hasta un máximo de 20% de las colectas fuera del modelo. Para las posiciones geográficas las ecuaciones para alisar los datos se permitió que fuesen como máximo cúbicas. En la Figura 2 se muestra los resultados del modelo para Ancho en las colectas 2000 y Tabloncillo en las colectas 1950 cuando no se utilizan estas dos restricciones en los modelos (inclusión de posiciones geográficas y hasta 20% de colectas fuera del modelo) y usándolas. Podemos ver que en estos dos casos (y en otros no presentados) los modelos usando estas restricciones producen distribuciones más contenidas. Es posible afirmar que los modelos de distribución que se presentarán pueden calificarse de conservadores. Esto es, se buscó, específicamente, que los modelos tuviesen un sesgo medido en lugar de laxo en las predicciones de distribución de las razas. En lo posible se ha buscado reducir la sobre-predicción de distribución.

Con base en los modelos de distribución se elaboraron mapas de riqueza de razas. La riqueza de razas es el número de razas que se distribuyen en cada celda (con resolución de 4 minutos arco). Estos modelos de riqueza permiten definir las regiones con mayor diversidad de razas y, por tanto, proponer los centros de diversidad para el maíz en México.

2.4 Centros de distribución para las razas.

Con base en el análisis de esta base de datos no es posible definir los centros de origen de las distintas razas. De hecho, es muy posible que determinar los centros de origen de las razas sea una tarea con pocas perspectivas de éxito dado que muchas razas pueden tener algunos cientos de años y el movimiento de semilla ha sido intenso. Sin embargo, es posible suponer que la mayor cantidad de muestra asociada a una raza en una región representa, en forma correlacionada, el centro de distribución para la misma. Esto es, es posible proponer los centros de distribución de las razas basados en los estados que concentran la mayor la cantidad de la muestra.

Con el fin de especificar los centros de distribución para cada una de las razas se buscaron el o los estados en los cuales la frecuencia acumulada fuese más que 50% de la muestra de la raza. Para la mayoría de las razas los principales estados que pueden caracterizarse como centros de distribución concentran más que 75% de la muestra de la raza. Algunas de las razas tienen casi toda su distribución en un solo estado y casi todas las demás tienen la mayor parte de su distribución en solo dos o tres estados. Esto implica que casi todas las razas concentran su distribución en unos cuantos estados y permite especificar los centros de la distribución para estas razas. Aunque los centros de distribución no implica que necesariamente que son los centros de origen, este tipo de análisis nos permite observar la concordancia entre los centros de diversidad (riqueza), definidos por los modelos, y los centros de distribución con el fin de determinar si hay otras regiones importantes para algunas razas que no están incluidas en los centros de diversidad.

Al aplicar éste criterio es importante tomar en cuenta que el esfuerzo de muestreo es desigual entre estados (o regiones) y estos esfuerzos desiguales no deben sesgar excesivamente la interpretación de los centros de distribución. Por ejemplo, Oaxaca y Chiapas tienen mucha más muestra que otros estados y no debemos suponer que simplemente por tener más muestra algunas razas bien representadas en estos estados no deban ser incluidos como centros de distribución.

Sin embargo, como se verá más adelante, dadas las distribuciones particulares encontradas, es muy posible que los errores en que se incurren son pocos. La mayoría de las razas presentan distribuciones bien definidas y son unos cuantos los casos para los que el criterio de una frecuencia acumulada mayor que 50% produce propuestas de centros de distribución con incertidumbre.

2.5 Determinación de endemismo y de las provincias bioculturales para las razas de maíz en México.

Se realizaron análisis espaciales de la diversidad y endemismo racial mediante el programa Biodiverse (Laffan et al. 2010). Con base en los modelos de distribución se recrearon los modelos para cada raza en celdas de 0.5 x 0.5 grados (30 minutos, aproximadamente 56 celdas de los modelos). Esta escala más gruesa se consideró adecuada ya que el propósito es determinar patrones biogeográficos a nivel nacional que apoyen el diseño de la conservación de las razas de maíz y se conoce que los patrones de diversidad tienen dependencia en la escala, algunos solo son aparentes a escalas espaciales mayores (Crisp et al 2001, Laffan y Crisp 2003). Además, esta escala facilita la manipulación de datos y reduce parcialmente los efectos de artefactos de muestreo (errores de posición, celdas no muestreadas).

En el recuadro de la página 11 se presentan las definiciones empleadas para los cálculos. En la aplicación de estos procedimientos las “etiquetas” son las razas de maíz y para el cálculo del vecindario se emplearon las 8 celdas contiguas a la celda en cuestión. La riqueza es simplemente el número total de razas en cada celda. Para el cálculo de endemismo se requiere contar el número de razas con distribuciones restringidas (una o un número pequeño de celdas). El endemismo está correlacionado con la riqueza, y el cálculo requiere definir arbitrariamente el número de celdas consideradas como pocas (Crisp et al. 2001). Una forma de cálculo que elimina tomar esta decisión arbitraria es el endemismo con peso ponderado, en este índice se cuentan todas las especies pero se les da un peso ponderado por el inverso de su extensión (o número total de celdas en que se encuentra la raza), sin embargo, al contar todas las razas de una celda esta medida también correlaciona con riqueza (Crisp et al. 2001). Otra forma de cálculo es el endemismo con peso ponderado corregido, donde se divide el endemismo con peso ponderado

por la riqueza de manera que corrige el efecto de riqueza al medir la proporción de razas endémicas (Crisp et al. 2001).

Las regiones biogeográficas fueron determinadas mediante análisis de conglomerados empleando el índice de Sorenson (como disimilitud), el cual produce estructuras informativas similares al índice de Jaccard (Murguía y Villaseñor 2003), y la unión de grupos mediante distancia promedio. Los conglomerados se hicieron mediante análisis espacial explícito (Bickford et al. 2004), esto es, empleando una ventana espacial móvil de 8 celdas alrededor de la celda considerada.

Se estudiaron los patrones espaciales que producen modelos para las tres épocas y sin época y, en general, aunque hay diferencias de detalle los patrones generales son sensiblemente similares. Sin embargo, se señalarán los casos con diferencias relevantes. También se estudiaron los patrones que producen los datos de colecta sin modelar para verificar si las soluciones que producen los modelos de distribución son consistentes con los datos sin procesar.

2.6 Consideraciones para la interpretación de los modelos de distribución, diversidad y provincias bioculturales.

Es importante que al interpretar los modelos de distribución y biogeográficos que se presentarán se tenga en cuenta que puede haber ejemplares mal clasificados. En general, la clasificación racial de los maíces es hecha por el colector y algunas colectas no tienen verificación independiente. Sin embargo, como se mostrará en los análisis, son pocos los casos de este tipo (ver, por ejemplo, Arrocillo Amarillo, Tabloncillo y Tabloncillo Perla). Se ha seguido el criterio de alterar lo menos posible la muestra (ver Cuadro 2 para los cambios hechos) y aunque en algunos casos se tienen suposiciones fundadas de muestras mal clasificadas, en este estudio no se han hecho los cambios para no afectar arbitrariamente la muestra.

Definiciones empleadas en el programa Biodiverse (Laffan et al. 2010, ver página de red).

Concepto	Definición y cálculo.
Grupo procesado	Es la celda considerada en el análisis en una iteración (una celda, llamado “vecindario 1”).
Grupo vecindario	Es un conjunto de celdas consideradas en el análisis, en nuestro caso se empleó un vecindario de las 8 celdas que rodean a la celda analizada (8 celdas, llamado “vecindario 2”).
Riqueza_Grupo1 (“riqueza individual”)	Número de etiquetas en el grupo procesado.
Riqueza_Grupo2	Número de etiquetas en el grupo vecindario.
Riqueza “completa”	Número de etiquetas (razas) en el grupo procesado y el vecindario.
Endemismo central	Endemismo calculado para etiquetas solo presentes en el vecindario 1.
Endemismo central peso ponderado	$\sum_{t \in T} \frac{r_t}{R_t}$, donde t es una etiqueta en una conjunto de etiquetas T en el vecindario 1, r_t es la extensión local (número de elementos que contienen la etiqueta t dentro de los vecindarios 1 y 2, y R_t es la extensión global de la etiqueta t en todo el conjunto de celdas (grupos).
Endemismo central riqueza	Igual a Riqueza_Grupo1.
Endemismo central peso ponderado corregido	$\frac{\text{Endemismo central peso ponderado}}{\text{Endemismo central riqueza}}$
Endemismo completo	Endemismo calculado para etiquetas del grupo procesado y del grupo vecindario.
Endemismo completo peso ponderado	Igual a Riqueza_Grupo2.
Endemismo completo riqueza	$\sum_{t \in T} \frac{r_t}{R_t}$, donde t es una etiqueta en una conjunto de etiquetas T en el vecindario 1 y 2, y R_t es la extensión global de la etiqueta t en todo el conjunto de celdas (grupos).
Endemismo completo peso ponderado corregido	$\frac{\text{Endemismo completo peso ponderado}}{\text{Endemismo completo riqueza}}$
Shannon H	$H = -\sum_{i=1}^n (p_i * \ln(p_i))$, medida de diversidad tomando el grupo procesado y vecindario.
Simpson D	$D = 1 - \sum_{i=1}^n p_i$, medida de diversidad tomando el grupo procesado y vecindario.
Sorenson	$Sorenson = 1 - \frac{2A}{2A+B+C}$, como medida de disimilitud en las etiquetas entre grupo procesado y vecindario. Donde A es el número de etiquetas encontradas en ambos vecindarios, B es el número de etiquetas solo presentes en grupo procesado y C es el número de etiquetas presente solo en el grupo vecindario. Se emplea como métrica para el procesamiento de conglomerados.

Es también importante recordar que en la interpretación de los modelos se tiene que tomar en cuenta los sesgos de muestreo. El que alguna raza no se encuentre en algunas regiones en una de las épocas definidas no implica necesariamente que no esté presente. Puede ser que no se hizo trabajo en esa región, pero también que efectivamente disminuyó su frecuencia. Dado que los modelos describen la región que concuerda en condiciones ambientales con las de la muestra el efecto de estos sesgos de muestreo puede disminuir, pero no está ausente. La única forma de resolver este tipo de problemas sería con una muestra más sistemática desde el punto de vista espacial (por ejemplo, cuadricular el país y obtener muestra para cada celda).

Por otro lado, sí es posible encontrar algunas de las razas fuera de sus áreas principales de distribución. El movimiento de semilla entre los agricultores es intenso y se ha documentado que, en cuando menos algunos casos, el principal motivo para la introducción de nuevas variedades es para experimentar con ellas (Baduste et al. 2006). Este movimiento puede hacer que encontremos razas correctamente clasificadas fuera de su distribución principal, en regiones donde no las esperamos. En estos modelos se busca describir las áreas principales de distribución y no todos los casos encontrados para cada raza. Esto se consigue, en parte, restringiendo la sobre-predicción en los modelos incluyendo las coordenadas de las muestras y permitiendo que hasta 20% de la muestra se encuentre fuera del modelo de distribución (ver sección 2.3).

Por último, no es posible aplicar el concepto de diversidad desde el punto de vista genético dado que no hay suficientes datos asociados (fenotípicos o genéticos) para determinar formalmente diversidad espacial dentro de una raza y entre estas. Sin embargo, sí es posible definir los centros donde se distribuye cada raza y podemos suponer que estos centros se correlacionan con mayor diversidad genética.

3. Resultados

3.1 Presencia de las razas en la muestra

Con base en la frecuencia absoluta de colectas de cada raza (Cuadro 1), en el Cuadro 10 se clasifican en cuatro grupos (ver Apéndice 1 para detalles de frecuencia de muestra por estado). Podemos ver que solo hay cinco razas muy comunes, 22 razas son relativamente comunes y las otras 20 razas son raras o muy raras. Las cinco razas muy comunes tienen distribución amplia (en

tres estados o más), pero varias razas comunes tienen distribución restringida a una sola región de uno o dos estados. Este es el caso de Arrocillo Amarillo, Bofo, Coscomatepec, Cristalino de Chihuahua, Olotón y Zapalote Chico, razas comunes pero con distribución muy limitada.

Es interesante que a pesar de que los puntos de corte para la clasificación son arbitrarios, al incluir los más que 2000 nuevos registros después del informe de julio de 2010 solo cuatro razas cambiaron de posición con las clases de abundancia utilizadas, Coscomatepec y Dzit Bacal pasaron de raras a comunes y Cacahuacintle y Dulce pasaron de muy raras a raras. Considerando que esta clasificación incluye colectas desde la década de 1940 podemos suponer que los patrones de abundancia han sido similares en los últimos 70 años. Ninguna de las razas raras y muy raras fueron colectadas previamente en cantidades mayores (Cuadro 8) y muy posiblemente esta condición no es reciente. En 1951 Wellhausen et al. (1951:44) describieron que algunas de las razas primitivas se encontraban “solo muy raras veces”. Prácticamente todas las razas raras o muy raras se podrían considerar en peligro de extinción por décadas, sin embargo, ninguna de las razas previamente colectadas estuvo ausente en la muestra 2005. Otro aspecto interesante es que si contamos el número de razas por época (final del Cuadro 8) el número de razas reportado es mayor en 2005 que en las épocas anteriores (en particular si solo consideramos las que tienen más que 5 muestras). Obviamente, un factor en este sentido es que para las épocas 1945 y 1975 no se habían definido todas las razas que se están empleando actualmente y se conservaron en este informe.

En el Apéndice 1 se presenta una clasificación de la frecuencia de las razas en los estados en que han sido colectadas y en los Cuadros 11, 12, 13 y 14 se sistematizan los datos del Apéndice 1. Aunque la clasificación es arbitraria en sus categorías, es útil para transmitir dos ideas de la muestra. Primero, casi todas las razas tienen más que 50% de su muestra en tres estados o menos, y en 19 razas la mayor parte de su distribución se encuentra en un solo estado y solo para 7 razas se requieren acumular la frecuencia de 4 estados para describir más que 50% de su distribución (Cuadro 11). Los estados que pueden caracterizarse como centros de distribución concentran, en promedio, el 77% de la muestra de la raza. Segundo, la presencia de las razas en muchos estados es solo incidental (menos del 5% de las colectas de la raza), casi dos terceras partes de las menciones de alguna raza en algún estado (hay 450 menciones de raza x estado) son de este tipo,

en algunos casos producto posiblemente de clasificaciones incorrectas aunque también pueden ser por movimiento de semilla. Aunque el promedio de estados en que se encuentra cada raza es 9.6 (Cuadro 12), el número de estados en que las razas tienen presencia común (esto es, mayor que 10% de las colectas de la raza) es, en promedio, solo 2.6 y en 7 estados tienen presencia incidental. Desde el punto de vista de los estados, en promedio se reportan 14.5 razas por estado, aunque en promedio solo 4.5 razas tienen presencia común y 10 tienen presencia incidental.

3.2 Estados centro de la distribución de las razas

Con el fin de especificar los centros de distribución para cada una de las razas se buscó el o los estados en los cuales se encuentra más que 50% de la muestra de la raza (Cuadro 15, ver también Apéndice 1). Con base en los centros de distribución, se pueden definir seis centros (Figura 3): I) Chiapas, II) Oaxaca, III) Centro-Oriente (México, Puebla y Tlaxcala), IV) Centro-Occidente (Jalisco, Michoacán, Guerrero), V) Noroeste (Sonora y Sinaloa) y VI) Chihuahua (Cuadro 16). Solo dos razas que se distribuyen en el Centro-Occidente, Ancho y Celaya, tienen también distribución significativa fuera de esta región, en los estados de Morelos y Guanajuato, respectivamente. Lo anterior implica que en 11 estados se distribuyen el 87% de las razas de maíz mexicanas. Estos centros de distribución concuerdan bastante bien con los centros de diversidad definidos por medio de los modelos de distribución (como se verá a continuación). La única excepción es que el centro de diversidad del noroeste requiere separarse en dos ya que las razas que tienen Chihuahua como centro de distribución son distintas de las que se encuentran en Sinaloa y Sonora. Esto es, el centro de diversidad del Noroeste tiene dos sub-centros de distribución.

De las 47 razas mexicanas presentes en la muestra solo seis presentan casos especiales que no se conforman a la definición anterior de seis centros de distribución (Cuadro 9): 1) Dzit-Bacal se encuentra en la Península de Yucatán (Yucatán, Campeche y Quintana Roo), 2) Cónico Norteño se encuentra en el centro norte del país (Chihuahua, Durango, Guanajuato y Zacatecas), 3) Coscomatepec se encuentra solo en Veracruz, 4) Jala se encuentra casi solo en Nayarit, 5) Ratón se encuentra en el noreste (Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas) y 6) Tuxpeño no tiene bien definida su distribución con base en la muestra, se sabe que tiene origen en las llanuras costeras del Golfo entre Tamaulipas y Yucatán. En resumen, los casos especiales son de

Veracruz, la Península de Yucatán, Nayarit y tres razas con distribución amplia en el noroeste, centro-norte y llanuras del golfo.

Si se compara el Cuadro 16 con lo descrito por Ortega (2003) solo 5 de las 47 razas tienen discrepancias menores. Ortega señala una distribución ligeramente más amplia para Conejo, Dulce, Olotillo, Olotón y Bofo que descrita en el Cuadro 16, aunque en ambos casos los estados propuestos en este trabajo como centro de la distribución están incluidos en Ortega como parte de la distribución.

3.3 Modelos de distribución

En el Apéndice 2 se presentan los modelos para la distribución de las 47 razas de maíz en México para tres épocas de colecta (1950, 1975 y 2005) y sin considerar época de colecta. En el Cuadro 17 se presenta una evaluación cualitativa de los modelos y comentarios generales. Con base en estos resultados se puede proponer que los modelos son plausibles y muy posiblemente representan adecuadamente la distribución de las razas. En muchos casos las distribuciones entre las tres épocas son concordantes y el modelo sin época describe bien la distribución conjunta de las tres épocas. Sin embargo, hay algunos casos en que la clasificación de las colectas no parece correcta, o la concordancia en las distribuciones entre las épocas no es buena. Solo siete de las 47 razas descritas en los modelos presentan algún tipo de problema en los modelos de distribución (Cuadro 17) y sería conveniente estudiar estos casos con más cuidado y, posiblemente, hacer trabajo de campo para tener una versión más contundente de la situación. Dado que el trabajo de revisión y corrección de estos problemas sobrepasa los alcances de este proyecto, en este informe se ha optado por no hacer más cambios que los descritos en la sección 2.1 (ajuste de la muestra) para limitar la subjetividad introducida en el estudio. Además, en el contexto de todos los modelos presentados los problemas encontrados son relativamente menores y no afectan sensiblemente los resultados generales. Por lo anterior, podemos estimar que los modelos de distribución están representando adecuadamente las colectas (ver otros apoyos a esta afirmación en la sección 3.5). Es posible sostener que, a pesar de los problemas descritos, los patrones que emergen de las muestras son suficientemente robustos para permitir conclusiones firmes.

3.4 Riqueza de razas

En la Figura 4 y 5 se presenta la riqueza de razas de maíz (número de razas) para México con base en los modelos que se presentaron. Es posible observar los siguientes patrones:

1) En todos los modelos destacan cuatro regiones como centros de diversidad: Oaxaca, Chiapas, Centro Occidente y Centro Oriente. En 1950 no destaca la región del Noroeste, pero en los modelos posteriores y en el general que no toma en cuenta la época sí destaca esta región. Seguramente esto es debido a la escasa muestra en el noroeste en 1950 (Chihuahua tiene 69 muestras, pero Sinaloa solo 3 y ninguna en Sonora). Esto es, con base en los mapas de riqueza, y en concordancia con los centros de distribución de las razas, ***es posible proponer seis centros de diversidad para las razas de maíz en México***: I) Chiapas, II) Oaxaca, III) Centro-Oriente (México, Puebla y Tlaxcala), IV) Centro-Occidente (Jalisco, Michoacán, Guerrero), V) Noroeste (Sonora y Sinaloa) y VI) Chihuahua.

2) Los centros con mayor diversidad y la diversidad máxima son sensiblemente similares entre épocas de colecta. Además, en las colectas realizadas entre 2007 y 2010 todas las 47 razas bajo estudio estuvieron presentes, aunque 6 de estas tuvieron menos de 15 muestras (de más que 11,000 muestras en la época 2005). Estos dos hechos sugieren que en los últimos 60 años no se ha dado una pérdida dramática de riqueza o extinción de alguna raza. Sin embargo, la región del Noroeste (Sinaloa y Sonora) si aparenta una reducción de diversidad, al igual que Chiapas. Otro aspecto que debe señalarse es que la Península de Yucatán aparece con mayor diversidad en 1950 que después, en 1950 se encontraron cuatro razas en muy baja frecuencia (<4 muestras) que posteriormente no han sido recolectadas. Sin embargo, como se mencionó previamente, 20 razas se encuentran en muy baja frecuencia desde hace 60 años y posiblemente deban clasificarse como en peligro de extinción o vulnerables.

3) Los modelos de riqueza, para las tres épocas y sin época, en ningún caso sugieren otra región, además de las mencionadas arriba, como centro de diversidad para las razas de maíz en México. Esto es, todos los modelos convergen en seis regiones como los centros de diversidad, por lo que podemos suponer que la propuesta es robusta.

3.5 Índices de diversidad y endemismo

En la Figura 6 se presentan los valores de riqueza individual (solo considerando las celdas procesadas, igual a la riqueza presentada en el apartado anterior), y riqueza completa (donde se incluye la celda considerada y el vecindario) para los modelos sin época y la riqueza individual para las colectas sin época. Es importante considerar que en estos modelos tenemos un cambio de escala (0.5 grados en lugar de 4 minutos), por lo que el máximo de riqueza es mayor que en los modelos presentados anteriormente (19 razas en lugar de 12). Además, los modelos de riqueza completa consideran también el vecindario por lo que hace que el máximo de riqueza es aún mayor (25 razas). Podemos ver que tres de los centros de diversidad previamente descritos (Centro Occidente, Centro Oriente y Oaxaca) están fuertemente marcados (con los valores máximos) y los otros tres aparecen más tenuemente (Noroeste, Chihuahua, y Chiapas). También es posible observar que el patrón y valores máximos que producen los modelos y las colectas son bastante similares, esto apoya el caso de que los modelos de distribución están expresando correctamente las colectas en Maíz-CONABIO.

Los modelos de riqueza individual para las tres épocas de colecta (Figura 7) muestran el patrón ya observado en los modelos de riqueza de la Figura 4 y tampoco sugieren pérdida de diversidad en el Centro-Oriente y Centro-Occidente de México y Oaxaca. Inclusive, el valor máximo de riqueza para los modelos 2005 es mayor que para las otras dos épocas, si bien esto no se puede interpretar directamente como evidencia de que la riqueza de razas ha aumentado (y debemos recordar que algunas razas en las colectas 1975 y 2005 no habían sido nombradas en 1950). Sin embargo, la región Noroeste y Chihuahua si apunta a valores menores de riqueza en para los modelos 2000 que en los de 1975, posiblemente esta región es la que ha tenido mayor reducción en la riqueza a nivel nacional. Dado que la cantidad de colectas para 2000 fue similar o mayor que en 1975 (Chihuahua tuvo 721 colectas en 2000 y 194 en 1975, Sinaloa y Sonora tuvieron 256 colectas en 2000 y 212 en 1975) esto apoyaría una interpretación de pérdida de diversidad. En Chiapas los modelos sugieren una relativa reducción del área de mayor diversidad, aunque no de la cantidad absoluta de diversidad. Esto nos sugiere que, en general, aunque en el centro de México no estamos frente a un escenario de pérdida acelerada de diversidad, en el norte del país el proceso de erosión si puede haber avanzado.

En la Figura 8 se presentan los valores de los índices D de Simpson y H de Shannon. Si bien los patrones que producen estos dos índices de diversidad para las razas de maíz no son mucho más informativos que los valores de riqueza, podemos ratificar que la mayor riqueza racial para el maíz se encuentra principalmente en el occidente de México, la mesa Central y Oaxaca, con diversidad significativa en las Sierras de Occidente, Chihuahua y Chiapas.

En las Figuras 9 y 10 se presentan los patrones de endemismo central (solo para la celda en consideración) y endemismo completo (la celda en consideración y su vecindario de 8 celdas) para los modelos sin época. Se presentan dos tipos de endemismo: el endemismo con peso ponderado usa una función de ponderación con base en la extensión de la distribución, razas con poca extensión tienen más peso, raza con distribución muy extensa tienen menos peso; y el endemismo con peso ponderado corregido usa una corrección dividiendo el endemismo con peso ponderado por la riqueza (para reducir la correlación comúnmente encontrada entre endemismo y riqueza, Crisp et al. 2001). Volvemos a ver coincidencias con los patrones encontrados anteriormente. Primero, en el endemismo central con peso ponderado aparecen cinco de las regiones previamente descritas, esto es, Chiapas, Oaxaca, Centro-Oriente, Centro-Occidente y Chihuahua. Por su forma de cálculo el endemismo completo da un patrón espacial más amplio que el endemismo central, pero el patrón es el mismo. Es de notarse que el centro Noroeste (Sinaloa y Sonora) aparece muy tenue y ligado a Chihuahua. Es importante notar que cuando se calcula el endemismo con peso ponderado corregido sobresalen Chihuahua y Chiapas, seguramente por las varias razas endémicas en estos centros (cuatro en Chihuahua: Apachito, Azul, Cristalino de Chihuahua y Gordo, y tres en Chiapas: Olotón, Comiteco y Tehua) y los valores del Centro-Oriente y Oaxaca son menores con el peso ponderado corregido, posiblemente porque ajusta a la baja cuando la riqueza es alta. Para endemismo con peso ponderado corregido la Península de Yucatán también aparece ligeramente marcada como centro de endemismo (seguramente por Dzit-Bacal), aunque con valores bajos. Los valores de endemismo con peso ponderado corregido se pueden interpretar como el porcentaje de las razas que son endémicas a la celda (o celda y vecindario), o el porcentaje de la extensión de la raza que está restringida a la celda considerada (Bickford et al. 2004). En ambas Figuras se incluye el cálculo del endemismo con peso ponderado para las colectas, la similitud con el cálculo con modelos reafirma que los modelos están expresando correctamente las colectas.

3.6 Provincias bioculturales para las razas de maíz

Sabemos que la distribución de las razas de maíz es producto no solo de condiciones ambientales, la influencia humana es indisoluble en el proceso de dispersión y adaptación de los tipos de maíz. Aunque en los modelos que se presentaron se emplearon solo variables climáticas y geográficas, podemos ver la influencia humana en la distribución de las razas cuando analizamos las provincias bioculturales que se producen mediante análisis de conglomerados. En la Figura 11 se presentan los grupos principales que se forman en el análisis de conglomerados de los modelos sin época y 2000 a un nivel de división semejante. Es importante señalar que a veces estos agrupamientos producen grupos espurios, esto es, con muy pocas celdas no contiguas, y por lo mismo un mismo nivel de división de grupos no es directamente comparable. A primera vista el patrón general es bastante parecido entre estos dos agrupamientos, aunque presentan diferencias de detalle en posición y tamaño de los grupos (número de celdas incluidas). Podemos observar que los centros de diversidad y distribución de Chihuahua, Noroeste, Centro-Occidente y Centro-Oriente forman conglomerados y tienen distribuciones similares. A este nivel de agrupación Oaxaca y Chiapas forman un grupo y aparecen ligados con la costa de Veracruz y Tabasco. Es de notarse que en ambos modelos la región nororiental (de Tamaulipas hasta Chihuahua) forma un conglomerado bien definido. La Península de Yucatán forma un grupo en el caso de los modelos sin época, pero a este nivel aún está unida con la región de Baja California y Sonora en los modelos 2000, región con la que seguramente no tiene afinidad biogeográfica, y posteriormente se separa del norte.

Aunque el procedimiento de formación de grupos es aglomerativo (todas las celdas empiezan separadas y se van juntando), es interesante estudiar la secuencia de “divisiones” de los grupos que se forman. Para este fin, en la Figura 12 se presenta la secuencia de divisiones relevantes para los modelos 2000. En un primer nivel (Figura 12a) se separan las Sierras del Occidente de México y la Mesa Central del resto del país, esto representa, en general, los maíces hacia el lado templado de los de clima más cálido (con sus excepciones). En un segundo nivel (Figura 12b) se separa una región de Chihuahua (Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses) del resto de Occidente-Mesa Central, lo que sugiere que los endemismos de Chihuahua pesan en esta separación. En un tercer nivel (Figura 12c) se separa la región Oaxaca-Chiapas-Veracruz del resto de la región

cálida y del norte, Oaxaca y Chiapas comparten varias razas entre sí (Tepecintle, Olotillo, Zapalote Chico y Zapalote Grande, y algo de Comiteco y Olotón), además de compartir los Tuxpeños y Olotillos con Veracruz. En la cuarta separación (Figura 12d) se distingue la región Noroeste (Sinaloa, Sonora) del resto del Centro y en un siguiente nivel (Figura 12f) se separa la región Centro-Oriente de la Centro-Occidente. La región Nororiental se separa en la quinta división (Figura 12e) del resto del norte y de la Península de Yucatán. Posteriormente, para la novena división (Figura 12g) Oaxaca y una parte de Veracruz se separan juntas (posiblemente por compartir Olotillo, Tepecintle y Tuxpeño), y también una pequeña región del Bajío (posiblemente por Celaya). Finalmente, para la onceava división Chiapas se separa de Veracruz, seguramente por tener varias razas endémicas (Comiteco, Olotón y Tehua).

Por último, en la Figura 13 se comparan los grupos producidos por los modelos de las tres épocas y sin considerar época de colecta. Podemos ver que aunque a primera vista no parecen iguales si tienen suficientes semejanzas para interpretar que la solución que producen es convergente. 1) En los modelos 1950 hay tan poca colecta en el norte que no se separa ni la región noroeste o la de Chihuahua, esto ya se había notado en los mapas de riqueza. 2) En los otros modelos las provincias de Chihuahua y Sinaloa-Sonora se separan nítidamente y en forma casi idéntica. 3) Las provincias de Centro-Occidente y Centro-Oriente están marcadas en todos los modelos. Tienen algunas diferencias en forma y extensión, posiblemente efectos de muestreo entre las épocas, aunque en el caso de 1950 posiblemente la mayor diferenciación en esta región indique un pasado más complejo en biogeografía aunque similar en riqueza y razas. En el caso de 1950 el Centro-Occidente se divide hacia el norte, posiblemente indicando ya la provincia del Noroeste, además la región del Bajío es mucho más marcada posiblemente sugiriendo que era más típica en la distribución de algunas razas. También se debe notar que en los modelos 1950 el Centro-Occidente aparece dividido en dos. 4) En casi todas las soluciones la región de Oaxaca y Chiapas aparecen unidas, y junto o no con la planicie costera de Veracruz y Tabasco. Oaxaca y Chiapas comparte varias razas, aunque también tienen diferencias importantes por lo que en otro nivel de división (Figura 12) si se separan. 5) La Península de Yucatán también aparece como una región distinta en varios modelos, a veces junto con parte de Tabasco. 6) La región Nororiental también aparece destacada en los modelos.

Con base en el análisis espacial de la similitud de razas presentes ***es posible proponer 9 provincias bioculturales para las razas de maíz en México*** (Figura 14 y Cuadro 18): 1) Chiapas, 2) Complejo de Oaxaca, 3) Cordillera Costera de Occidente, 4) Mesa Central, 5) Sierras del Noroeste, 6) Cañones Chihuahuenses, 7) Mesa del Norte, 8) Planicies del Golfo y, 9) Península de Yucatán. Este nivel de división describe bien los centros de distribución y diversidad previamente encontrados (secciones 3.2 y 3.4) y es posible sostener que se está produciendo una solución convergente y estable.

Obviamente, podríamos emplear un nivel de división mayor o menor y, en este sentido, las Sierras de Oaxaca y Chiapas pudiese mantenerse juntas, o el Bajío podría ser incluido. En esta propuesta se tienen Oaxaca y Chiapas separados porque aunque comparten varias razas también tienen razas que casi no tienen presencia en el otro estado. El Bajío no fue señalado como provincia biogeográfica para las razas de maíz, aunque aparece como región en el mapa, dado que su separación de la Cordillera Costera del Sur y de la Mesa Central no es significativa en términos de alguna raza propia o con distribución restringida. Por ejemplo, Celaya se distribuye en el Bajío pero también en Jalisco, y actualmente en varios otros estados donde ha sido introducida a través de cultivares comerciales. Otro caso que pudiese ser excluido es el de las Planicies del Golfo, reputadamente la región donde se originó Tuxpeño y donde siguen siendo la raza dominante. Actualmente el Tuxpeño, como el Celaya, tiene una distribución muy extensa por ser componente de muchos cultivares comerciales. Si se excluyera el Tuxpeño como propio de la provincia de Planicies del Golfo, ésta provincia no tendría alguna raza particular. Sin embargo, aunque la distribución de Tuxpeño es amplia muy posiblemente la hipótesis de su origen en ésta provincia es correcta y podría significar que los “tuxpeños” de la región sean particularmente importantes desde el punto de vista de mejoramiento. La región de Baja California y noroeste de Sonora podría ser una provincia adicional ya que se separa claramente del resto en todas las versiones de agrupamiento que se produjeron. Sin embargo, esta región presenta muy poco maíz colectado y no destaca por la presencia de alguna raza. Esto implica que no es importante desde el punto de vista de la determinación de provincias para las razas mexicanas de maíz, pero convendría especificarla.

Derivado de estas consideraciones podríamos afirmar que la regionalización de México en provincias bioculturales para las razas de maíz tendría que tener cuando menos las seis provincias que también son centros de diversidad. Además, la provincia de la Mesa del Norte, la Planicie del Golfo y de la Península de Yucatán también son necesarias para la inclusión de las razas de esas regiones y porque sus razas que típicamente se encuentran en esas provincias son distintas de las otras seis provincias con mayor diversidad. Por otro lado, Bajío y Baja California-Norte de Sonora podrían ser integradas, o no, en las otras provincias, dependiendo del grado de agrupación que sea conveniente. Desde el punto de vista de la conservación de las razas de maíz nativas a México actualmente Bajío y Planicies del Golfo pueden no ser necesario delimitarlas porque no presentan alguna raza que destaque.

4. Propuesta de provincias bioculturales y de centros de diversidad para las razas de maíz en México.

4.1 Centros de diversidad, distribución y provincias bioculturales para las razas mexicanas.

El análisis de la base de datos Maíz-CONABIO señala claramente que las provincias bioculturales para las razas de maíz coinciden con las áreas de distribución de las razas y sus centros de diversidad. Esto es, los distintos análisis sugieren las mismas regiones como centros de diversidad y de distribución y no cambian sensiblemente al analizar los datos por época de colecta.

Con base en los centros de distribución, los modelos de riqueza y el análisis biogeográfico de las razas de maíz en México, ***se pueden proponer 10 provincias bioculturales de las cuales 6 son también centros de diversidad*** (Figura 15 y Cuadro 18). Las seis provincias que a su vez han destacado como centro de diversidad son: 1) Chiapas, 2) Complejo de Oaxaca, 3) Cordillera Costera de Occidente, 4) Mesa Central, 5) Sierras del Noroeste y 6) Cañones Chihuahuenses. Tres provincias que no destacan como centros de diversidad, pero si tienen razas propias de la provincia, son: 7) Mesa del Norte, 8) Planicies del Golfo y, 9) Península de Yucatán. Además, tenemos una provincia que no destaca en la distribución actual de alguna raza: 10) Baja California y Norte de Sonora.

Las seis provincias bioculturales que a su vez son centros de diversidad contienen la mayor parte de la distribución para 42 razas de las 47 razas (89%) de maíz nativas de México presentes en las colectas estudiadas. Las otras cinco razas tienen una distribución específica en las otras tres provincias y casi no se han colectado fuera de estas regiones. Estas tres provincias (Mesa del Norte, Planicie Costera del Golfo y Península de Yucatán) difícilmente podrían ser consideradas centros de diversidad aunque no por ello las cinco razas que contienen deban ser menospreciadas. Por ejemplo, ya se mencionó que Tuxpeño es una raza muy importante en el mejoramiento genético y no es posible circunscribir la distribución para sus variedades tradicionales a una región específica. Ratón y Tuxpeño Norteño son razas muy importantes y dominantes en varios estados del noreste del país, sin estas esa región perdería sus variedades nativas principales. El único caso que no satisface el esquema anterior es el de Jala, endémico a Nayarit pero no propiamente de la provincia de la Cordillera Costera del Sur porque su distribución no llega al resto de los estados incluidos en ésta. Otro caso especial es Mushito, que tiene su mayor parte de la distribución en Oaxaca y Michoacán, esto es, en dos provincias y con distribuciones separadas por el estado de Guerrero. En el caso de Mushito se decidió dejarla dentro de la provincia de la Cordillera Costera del Sur porque las colectas previas (1950 y 1975) eran casi todas de Michoacán. Dado que la distribución de las colectas de Mushito es anormal (por rodear Guerrero) convendría verificar su distribución y, si se confirma, desde el punto de vista de conservación las dos provincias deben incluirse.

4.2 Correspondencia entre las provincias bioculturales para las razas de maíz y las provincias biogeográficas de México de CONABIO.

Existen propuestas para la regionalización biogeográfica de México basadas en distintos organismos, por ejemplo en la flora, la herpetofauna, la mastofauna, o la flora, vegetación y rasgos morfotectónicos (Espinosa y Ocegueda 2008). Los resultados de las distintas regionalizaciones no coinciden totalmente pero, en general, tienen suficientes similitudes de manera que CONABIO sintetizó una clasificación por consenso de expertos (Espinosa y Ocegueda 2008, CONABIO 1997). Para fines de este trabajo compararemos las provincias bioculturales propuestas para el maíz solo con la regionalización de CONABIO. La regionalización florística (Rzedowski y Reyna 1990) o la de flora, vegetación y rasgos morfotectónicos (Ferrusquía-Villafranca 1990) podrían ser otras opciones para comparar, pero no

distan mucho de la propuesta de CONABIO y para fines de este ejercicio no cambiaría la argumentación.

En la Figura 16 se compara la propuesta de provincias bioculturales para el maíz y las provincias biogeográficas de México de CONABIO. Podemos ver que existe algún nivel razonable de correspondencia para algunas provincias, por ejemplo, las provincias biogeográficas de la Sierra Madre Occidental y Golfo de México con la provincia biocultural de Sierras del Noroeste y las Planicies del Golfo, respectivamente. Sin embargo, varias provincias bioculturales para el maíz tienen correspondencia con más de una provincia biogeográfica. Por ejemplo, la Cordillera Costera del Occidente para el maíz la conforma el Eje Volcánico, la Depresión del Balsas y parte de la Costa del Pacífico; la Mesa Central para el maíz es la región oriental del Eje Volcánico; la Península de Yucatán para las razas de maíz incluye Yucatán, Petén y la parte sur del Golfo de México, y la Mesa del Norte la conforman cinco provincias biogeográficas (Altiplano Norte, Tamaulipeca, Altiplano Sur, Sierra Madre Oriental y la parte norte del Golfo de México).

Lo anterior podría no ser significativo, empero, es posible argumentar que las diferencias para el caso del maíz son el reflejo de causas socioeconómicas y culturales y no solo ambientales. Esto es, en las provincias bioculturales para el maíz podemos ver claramente la influencia de la configuración morfotectónica (la Sierra Madre de Occidente, el eje Volcánico y las Planicies del Golfo). Pero también podemos observar, entre otros, que los Cañones Chihuahuenses se separan en la parte norte de la Sierra Madre Occidental y esto correlaciona con la presencia de los Rarámuri (o Tarahumara) y Tepehuan en Chihuahua (Figura 17), la compleja área cultural de Oaxaca (que incluye la parte sur de Guerrero y varios grupos étnicos) conforma una unidad biocultural para el maíz, al igual que los grupos mayenses de Chiapas, y la provincia biocultural de Yucatán (con predominio de Mayas Peninsulares) es una unidad cuando en la clasificación biogeográfica son dos. El que la Mesa del Norte contenga varias provincias biogeográficas también puede ser explicada desde el punto de vista cultural, la región no tiene ni tuvo población indígena importante y por lo que los procesos de diferenciación cultural que influyen en la diversidad del maíz no han estado presentes. Inclusive, también podemos observar que la provincia de las Planicies del Golfo para el maíz termina aproximadamente a la altura de las

poblaciones indígenas de la Huasteca veracruzana y potosina en lugar de terminar a la mitad de Tamaulipas como la provincia biogeográfica del Golfo de México.

Aunque falta trabajo analítico para formalizar el papel de los grupos étnicos mexicanos en la distribución del maíz, es posible sugerir que las provincias bioculturales propuestas para el maíz reflejan no solo la conformación geomorfológica y ambiental sino también la influencia de los grupos indígenas mexicanos, custodios originales de la diversidad de maíz que heredamos. Además, esto sugiere que las provincias bioculturales propuestas no son solo un artefacto circular del método de modelación. Esto es, dado que se emplearon los modelos como “datos” para producir las agrupaciones para las provincias bioculturales, y los modelos fueron producidos mediante variables climáticas, podemos esperar que las provincias estén reflejando solo las condiciones climáticas (las variables originales). Si este fuese el caso no hay razón para la separación de los Cañones Chihuahuenses, podríamos esperar que la Mesa Central y Cordillera de Occidente reflejarán una conformación similar al Eje Volcánico separado de la Cuenca del Balsas, y los casos de Oaxaca, Chiapas y Península de Yucatán tendrían asociación más estrecha con las provincias biogeográficas propuestas por CONABIO. Dado que las provincias bioculturales para el maíz no son un reflejo directo de las provincias biogeográficas, aunque tengan correspondencias, podemos suponer que la propuesta de provincias bioculturales no es un artefacto del método.

4.3 Correspondencia entre las provincias bioculturales y grupos raciales de Sánchez et al.

Aunque existen varias agrupaciones formales para las razas mexicanas de maíz, la propuesta de Sánchez et al. (2000) es la que empleó mayor cantidad de variables morfológicas y de distintos ambientes experimentales, incluye también marcadores moleculares (isoenzimas), es la más reciente y concuerda bastante bien con otras propuestas. En la clasificación de Sánchez et al. (2000) se proponen cuatro grupos, algunos con varias subdivisiones. Dos grupos se proponen para el altiplano (>2000 msnm, exceptuando a Dulce), uno en el centro y otro en el norte; otro grupo es para las razas de ocho hileras y otro para las razas asociadas a Chapalote. Para tierras tropicales proponen cuatro grupos, dos grupos tardíos, uno de tierras bajas (500 a 600 msnm) y otro de intermedias (900 a 2200 msnm), y otros dos grupos de tropicales dentados, en este caso también uno para tierras bajas (<500 msnm) y otro para bajas a intermedias (0-1700 msnm).

Dado que la clasificación de Sánchez et al. (2000) es para caracteres morfológicos y moleculares la agrupación que produce busca ser “natural”, esto es, busca expresar las relaciones entre las razas por sus características biológicas. Sin embargo, existe correlación entre esta clasificación para algunas provincias bioculturales (Cuadros 19 y 20), aunque no tienen concordancia completa por tener objetivos y métodos distintos. El grupo del Altiplano Central de Sánchez et al. (2000) corresponde relativamente bien con la provincia de la Mesa Central, pero incluye razas que no son del Altiplano Central como Apachito, Cónico Norteño, Dulce, Mushito y Palomero de Chihuahua (esta última no ha sido incluida en el presente estudio por presentar muy poca muestra). En el grupo del Altiplano del Norte se incluyen las razas de los Cañones Chihuahuenses, además de Complejo Serrano de Jalisco y Cacahuacintle que tampoco son propias de los Cañones Chihuahuenses. Lo que aquí se está llamando Mesa del Norte no corresponde al grupo de Altiplano del Norte de Sánchez et al. El grupo de Ocho Hileras de Sánchez et al. (2000) incluye principalmente razas de la Cordillera Costera del Sur, pero también Bolita que es de Oaxaca, y Blando de Sonora, Onaveño y Tabloncillo Perla que son de las Sierras de Occidente. El grupo de razas Tropicales Tardías de Altitud Intermedia corresponde principalmente a razas de las Sierras de Chiapas, pero también incluye Coscomatepec, que es de Veracruz y aquí incluida en las Sierras de Oaxaca y Oriente. Los Tropicales Dentados de Altitud Baja a Intermedia son algunas de las razas más comunes y no tienen correspondencia con una provincia biogeográfica. Los Tropicales Dentados de Altitud Baja son principalmente de la provincia de las Sierras de Oaxaca y Orientales, pero también incluye al Conejo que es de la Cordillera Costera del Sur y al Ratón que es de la Mesa del Norte. Los del grupo Chapalote son todos de la Sierra de Occidente.

Si observamos la correspondencia organizando la información por provincia geográfica biocultural (Cuadro 20) podemos observar que para las Sierras de Chiapas y Oaxaca las razas todas son clasificadas como Tropicales Tardíos o Dentados por Sánchez et al. (2000), con excepción de Bolita que es del grupo de Ocho Hileras. Las razas de la Mesa Central corresponden casi todas a las del Altiplano Central, solo Cacahuacintle fue clasificado por Sánchez et al. (2000) como del Altiplano del Norte. La Cordillera Costera del Sur es posiblemente la provincia con mayor variación de grupos según la clasificación de Sánchez et al. (2000), con predominancia de

razas del grupo de Ocho Hileras, pero también incluyendo razas de los grupos de Tropicales Dentados de Altitud Baja a Intermedia y del Altiplano Central. En las Sierras de Occidente las razas son de los grupos Chapalote y Ocho Hileras y en los Cañones Chihuahuenses las razas son del Altiplano del Norte (Chihuahua) y Central. La Mesa del Norte, Planicies del Golfo y Península de Yucatán tienen mayor afinidad con los Tropicales Dentados, pero Dzit Bacal es Tropical Tardío y el Cónico Norteño del Altiplano Central.

Considerando lo anterior, es posible generalizar que las provincias bioculturales corresponden a uno o dos de los grupos raciales de Sánchez et al. (2000) y que la provincia de la Cordillera Costera del Sur es la más compleja con respecto a los grupos raciales que incluye. Esto podría implicar que los procesos de diferenciación racial en cada una de las provincias se hicieron con base en uno o dos grupos genéticos de maíz y que en la Cordillera Costera del Sur han confluído más grupos raciales en su conformación.

4.4 Centros de diversidad y modelo de centros de origen y diversificación de Kato.

En la Figura 18 se presenta una comparación del modelo de los centros de diversidad (riqueza) elaborado con base en los modelos por raza y el modelo de centros de origen y diversificación propuesto por Kato (1984) y Kato et al. (2009). Podemos observar que los cuatro centros de diversificación propuestos por Kato son los mismos que se obtienen del modelo de riqueza y corresponden a seis de las provincias bioculturales propuestas en este trabajo. En la propuesta de Kato, elaborada con base en nudos cromosómicos, los estados de Oaxaca y Chiapas pertenecen al mismo centro, en este trabajo se propone que están separados porque se observa una discontinuidad en la diversidad en el Istmo de Tehuantepec y las razas principales en estos estados son distintas. De similar manera, el centro del Norte propuesto por Kato et al. (2009) se requiere dividir en dos porque las razas en Sonora y Sinaloa y en Chihuahua tampoco son las mismas y no justifican mantenerse como un solo centro. Sin embargo, es importante que las dos propuestas son análogas, sugiriendo que los modelos convergen en una solución robusta con base en procedimientos totalmente distintos.

4.5 Provincias bioculturales, centros de origen y conservación de razas de maíz

Aunque actualmente no tenemos información adecuada para precisar cuales son los centros de origen para las razas de maíz en México, si es posible proponer que las provincias bioculturales propuestas corresponden, en lo general, a los centros de origen para las razas incluidas en ellas (Cuadro 18). Es posible que algunas de las razas descritas para cada provincia no tuvieron su origen en la provincia y establecieron después de su dispersión, pero para fines prácticos y desde el punto de vista de conservación de la diversidad la raza y de los procesos actuales de evolución y generación de diversidad podemos considerar a estas provincias como los centros de origen de las razas. Establecer más específicamente un centro de origen para cada raza dentro de la provincia requeriría trabajo seguramente de tipo molecular. Lo que sí es posible es determinar en cuales regiones se encuentra la mayor parte de su distribución (ver apartado 3.2 y modelos para razas individuales) y, por tanto, donde se deben enfocar los esfuerzos de conservación. Como ha sido mencionado anteriormente, las provincias de la Mesa del Norte, Planicies del Golfo y Península de Yucatán no son centros de diversidad, sin embargo, las pocas razas que tienen su distribución en estas no podrían ser conservadas en otras provincias por no contar con suficiente representación en estas.

Jala en Nayarit es un caso especial desde el punto de vista de conservación de las razas mexicanas. Una pequeña parte de Nayarit está integrada a la provincia de la Cordillera Costera del Sur y el resto, por el norte, a las Sierras de Occidente. La raza Jala es una raza endémica a la comunidad de Jala y otras comunidades cercanas de Nayarit, con muestras incidentales en Jalisco (4 muestras), Colima (2 muestras) y Sinaloa (1 muestra) y queda integrada en la provincia de la Cordillera Costera del Sur, donde comparte algunas razas pero no la mayor parte de las que tienen su centro de distribución en esa región. Si los esfuerzos de conservación hacen énfasis en la región más diversa de la provincia de la Cordillera Costera del Sur muy posiblemente descuiden a la raza Jala. Jala ya es raro en Nayarit (Rice 2007), pero al caracterizarse por tener una de las mazorcas más largas en el mundo se justifica su conservación *in situ*, aunque su valor fuese solo anecdótico (lo que no es necesariamente el caso).

5. Recomendaciones

1) **Verificación de la clasificación.** En el presente estudio se buscó reducir al mínimo la revisión y ajuste de la base de datos (ver Cuadro 2). Sin embargo, se detectaron algunas muestras que requieren verificarse en su clasificación y, en su caso, corregirse o eliminarse si no fuese posible la verificación. Este es el caso de Arrocillo Amarillo en las colectas de 2000, que se presentan en el oeste de México y no en su área principal de distribución. Estas colectas muy posiblemente son Pepitilla, raza comúnmente nombrada "arrocillo" en Guerrero (J.J. Sánchez González, comunicación personal). Otros problemas en la muestra del 2000 son Elotero de Sinaloa y Tabloncillo Perla en Michoacán (ahora aparentemente abundantes cuando no habían sido reportados en este estado), y Tablilla de Ocho en Chihuahua en 2000 (posiblemente Tabloncillo o Tabloncillo Perla, R. Ortega Pazcka comunicación personal).

2) **Verificación de campo para casos con incertidumbre en la muestra de 2000.** Los modelos de distribución sugieren un conjunto de condiciones que convendría revisar para obtener una versión con menos incertidumbre de la situación en campo. Ejemplos de esto son la reducción aparente de Chalqueños, Chapalote, Dulcillo del Noroeste en la muestra de 2000 y la ausencia de Tablilla de Ocho en Jalisco.

3) **Revisión de estatus de raza.** Aunque la raza no es una categoría taxonómica formal y dedicar mucho esfuerzo a su definición podría no ser un camino fructífero desde el punto de vista académico, sería conveniente que se sistematizaran todas las razas mexicana y sus características en un solo documento y se revisara la justificación y pertinencia de las nuevas razas propuestas. El nivel de raza debe ser reservado para poblaciones de maíz relativamente comunes y no sería conveniente crear nuevas razas para cualquier variante incidental encontrada. Este es el caso de varias razas que tienen muestras muy pequeñas en todas las épocas de colecta y de las razas de reciente creación. Otros problemas que convendría revisar es si Elotes Cónicos debiese ser una variante de Cónico, ambos tienen la misma distribución y son bastante similares excepto en color, Serrano Mixe puede ser Nal Tel de Altura (Sánchez 1989). Por otro lado, Harinoso de Ocho era una de las razas originalmente propuesta por Wellhausen et al (1951) y en Maíz-CONABIO aparece solo con una muestra.

4) ***Ajustes en modelos sin época.*** Los modelos sin época posiblemente representan la mejor predicción de la distribución. Sin embargo, hay casos donde no es así (Cuadro 17).

Aparentemente la distribución de Nal-Tel se ha restringido hacia 2000, por lo que el modelo sin época no representa correctamente la distribución esperada. Algo similar ocurre para Dulce en 1975, aparece con mucha dispersión y en el 2000 tiene unas pocas muestras en Chihuahua, esto hace que en el modelo general sin época se produce una distribución muy amplia. Convendría verificar si las colectas de Chihuahua en 2000 son efectivamente de Dulce y posiblemente el modelo sin época requiere ajuste. Varios modelos sin época presentan problemas derivados de la clasificación (punto 1 arriba) y se esperaría que una vez corregida la clasificación (o en su caso se verifique que deba permanecer sin cambio) el modelo sin época describa correctamente la distribución.

5) ***Colectas adicionales, muestreo en regiones sin colecta o con poca colecta.***

Los esfuerzos de colecta han sido muy desiguales a través país. Convendría realizar colectas particularmente en las regiones que no se tienen registros. Una forma sería cuadrangular el país (digamos, en celdas de 10 minutos arco, o aproximadamente 300 km²) y obtener colectas en las celdas que no lo tienen registros. Este muestreo sistemático permitiría construir mejores modelos de distribución. Por otro lado, algunas razas que han sido descritas previamente, como Tehua, Motozinteco, Maizón y otras, tienen muy pocas muestras. Sería conveniente enfocar colectas dirigidas a esclarecer si estas razas deben mantenerse o fueron solo variantes raras de otras razas que no justificaban su descripción como raza independiente.

6) ***Colectas adicionales, incluir cultivares comerciales.*** Las muestras actuales e históricas en los bancos de germoplasma no han considerado relevante colectar los cultivares comerciales (y sus generaciones avanzadas y acriolladas) porque han tenido el sesgo de solo colectar la diversidad de cultivares tradicionales. Esto se puede justificar desde los intereses de un banco de germoplasma pero no es conveniente para tener un modelo completo del estado del maíz en México. Esto es, podemos modelar las distribuciones de los cultivares tradicionales pero no la presencia de cultivares comerciales que también ocupan el espacio. Una versión más depurada de modelación debiese incluir tanto cultivares comerciales como tradicionales, esto permitiría un mejor diseño de los programas de conservación *in situ*.

7) **Conservación *in situ***. Veinte razas se encuentran en muy baja frecuencia y justifican programas específicos de conservación *in situ*. Aunque no hay evidencia de que estas razas eran más frecuentes hace 60 años, la escasa presencia de sus poblaciones hace que no hay seguridad de que continúen y no sería conveniente tener la expectativa de que se mantengan en baja frecuencia en las próximas décadas sin apoyo institucional. En algunas de estas razas no sería difícil fortalecer su conservación ya que son apreciadas por sus características especiales y tienen posición en los mercados regionales, como lo son Chapalote y Jala. Sin embargo, otras razas, como Tehua y Palomero Toluqueño, muy posiblemente no se conservarán sin intervención.

Por otro lado, seis razas son muy comunes y es posible pensar que no requieran programas de conservación. Mas bien, los programas de conservación para las razas comunes deben tener objetivos distintos que para las razas raras. Las razas muy comunes son extremadamente importantes para la agricultura del país y grandes regiones literalmente dependen de estas razas sin tener alternativas comerciales competitivas. Por ejemplo, en las razas comunes podrían ser más importantes los programas de mejoramiento participativo que busquen mejorar las características de estas razas.

8) **Sistematizar los datos de pasaporte para localidad y otros campos de Maíz-CONABIO**. La base de datos no es sistemática en los nombres del pasaporte para las comunidades incluidas en la muestra. Sería importante sistematizar los nombres de las localidades y agregar el identificador numérico de INEGI para "estado, municipio y localidad". Esto permitiría mejorar el potencial analítico de la base de datos ya que actualmente no es posible determinar automáticamente si dos colectas vienen de una misma comunidad por la gran variación en nomenclatura. Por otro lado, Maíz-CONABIO tiene muchos campos de las colectas recientes que han sido capturados en forma inadecuada para su análisis estadístico. Por ejemplo, las fechas de siembra se han codificado en varias formas, lo que es incorrecto para una base de datos, y en algunas muestras incluyen dos fechas (posiblemente porque representan una temporada más extensa de siembra). Sin embargo, variables como esta requieren en todo caso descomponerse en dos o más variables. Por ejemplo, una para la primer fecha de siembra, otra para la segunda. Lo mismo sucede para fechas de maduración, usos del maíz y otras características.

9) Modelación incluyendo variables socioeconómicas y culturales. Aunque conocemos que la distribución del maíz no depende solo de variables climáticas, el esfuerzo de este trabajo se concentró solo en estas variables. Sin embargo, como se presentó en el apartado 4.2, la conformación de las provincias bioculturales refleja claramente la influencia de variables sociales y culturales aunque no fueron incluidas como variables en los modelos. Es posible que convenga intentar el paso adicional de incluir las variables sociales y culturales en un siguiente esfuerzo de modelación. Esto podría producir mejores modelos y, además, aproximarnos con más detalle a la determinación del peso relativo de las variables ambientales, socioeconómicas y culturales en la distribución del maíz. Este es un tema poco avanzado para cualquier cultivo en el mundo y la base de datos Maíz-CONABIO, en conjunto con un sistema de información geográfico de alta calidad, es una excelente base para desarrollar esta línea de investigación.

6. Conclusiones

1) La base de datos Maíz-CONABIO contiene 72 razas pero algunas no tienen presencia significativa en la muestra, y otras son sinónimos o son de reciente creación y no han sido descritas formalmente; además, una raza no es mexicana. Con base en estos datos es posible estimar que México cuenta con poblaciones de 47 razas de maíz.

2) La mayor diversidad para las razas de maíz en México se encuentra en las sierras de la vertiente del Pacífico y la Mesa Central. Desde el punto de vista de endemismos destacan Chiapas y Chihuahua; además, Oaxaca, Jalisco y la región donde confluyen el Estado de México, Puebla y Tlaxcala y la Península de Yucatán también tienen una cantidad de endemismo significativa.

3) No tenemos evidencia de que la diversidad, medida como riqueza, ha disminuido en los últimos 60 años, la comparación de los modelos de riqueza por época no permite suponer que se ha dado un proceso intenso de erosión genética. Además, todas las 47 razas nativas de maíz en este estudio fueron reportadas en la muestra reciente (1997-2010), lo que implica que no conocemos de la extinción de alguna raza. Sin embargo, siete razas tuvieron 15 muestras o menos en la época 2005 (en más que 11,000 colectas), por lo que se pueden considerar en peligro de

extinción (Cuadro 22). Por otro lado, 10 razas formalmente descritas nunca han sido colectadas en cantidades suficientes por lo que se tuvieron que descartar en el análisis de este trabajo (Cuadro 22).

4) Seis de las razas pueden considerarse muy comunes y tienen una distribución amplia y veinte razas se pueden considerar raras (<100 colectas en 60 años) o muy raras (<50 colectas). Ninguna de las razas raras o muy raras era más común hace 60 años por lo que su baja frecuencia no es derivada de cambios recientes en la agricultura mexicana.

5) México puede ser descrito en 9 provincias bioculturales para las razas de maíz, y seis de estas provincias son a su vez centros de diversidad racial: 1) Sierras de Chiapas, 2) Sierras de Oaxaca y Orientales, 3) Cordillera Costera de Sur, 4) Mesa Central, 5) Sierras de Occidente y 6) Cañones Chihuahuenses,. Estos seis centros de diversidad concentran 42 de las 47 razas mexicanas de maíz (89%). Las otras tres provincias bioculturales no pueden ser caracterizadas como centros de diversidad, pero si tienen razas propias de la provincia, estas son: 7) Mesa del Norte, 8) Planicies del Golfo y, 9) Península de Yucatán.

6) Los resultados de los seis centros de diversidad y las 9 provincias bioculturales concuerdan bien entre sí. Además, los centros de diversidad son análogos con la propuesta de centros de origen y diversidad de Kato y es posible sostener que las provincias bioculturales no son un artefacto del método dado que relejan también características culturales del espacio. Por lo anterior, podemos suponer que la propuesta de centros de diversidad y de provincias bioculturales son una solución robusta.

Agradecimientos

Queremos reconocer el apoyo generoso en la revisión de los modelos de distribución realizada por el Dr. Rafael Ortega Pazcka y el Dr. Fernando Castillo González. Sus comentarios quedaron plasmados en el Apéndice 2. Queremos agradecer el apoyo del personal de CARB de CONABIO, en particular de la Dra. Francisca Acevedo Gasman, el M.C. Cecilio Mota Cruz y el Biol. Oswaldo Oliveros Galindo, y también de la Dra. Patricia Koleff Osorio, Director Técnico de Análisis y Prioridades.

Bibliografía citada

- Anderson, E. y H.C. Cutler. 1942. Races of Zea mays: I. Their recognition and classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 29:69-88.
- Anderson, E. 1946. Maize in Mexico a preliminary survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 33:147-247.
- Aragón C., F., S. Taba, J.M. Hernández C., J.D. Figueroa C., V. Serrano A., F.H. Castro G. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. Libro Técnico No. 6. INIFAP, Etna, Oaxaca.
- Badstue, L.B., M.R. Bellon, J. Berthaud, X. Juarez, I.M. Rosas, A.M. Solano, and A. Ramírez. 2006. Examining the role of collective action in an informal seed system: A case study from the central valleys of Oaxaca, Mexico. *Human Ecology* 34: 249-273.
- Benz, B.F. 1986. Taxonomy and evolution of Mexican maize. Unpublished Ph.D. dissertation. University of Wisconsin. Madison.
- Brickford, S.A., S.W. Laffan, R.P.J. de Kok, and L.A. Orthia. 2004. Spatial analysis of taxonomic and genetic patterns and their potential for understanding evolutionary histories. *Journal of Biogeography*. 31:1715-1733.
- CDI (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas). 2011. Mapa nacional de lenguas indígenas. CDI, México. Disponible en: http://www.cdi.gob.mx/imagenes/mapa_nacional_lenguas_indigenas_cdi.jpg (verificado Septiembre 5, 2011).
- Crisp, M.D., S. Laffan, H.P. Linder, and A. Monro. 2001. Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography*. 28:183-198.
- CONABIO. 1997. Provincias biogeográficas de México. Mapa escala 1:4,000,000. Conabio, México. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/layouts/rbiog4mgw.gif> (verificado Septiembre 5, 2011).
- Elith, J. C.H. Graham, R.P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, et al. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. 29:129-151.
- Espinosa O., D. y Ocegueda C. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: J. Sarukhán (Coord.), *Capital natural de México*, Vol. 1 Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. pp. 33-65.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. Provincias biogeográficas con base en rasgos morfotectónicos. Mapa IV.8.10. En: *Atlas Nacional de México*, vol. III, Instituto de Geografía, Unam, México.
- Golicher, D. and L. Cayuela. 2007. A methodology for flexible species distribution modelling within an Open Source framework. Technical report presented to the Third International Workshop on Species Distribution Modelling, MNP 20-24 August 2007, San Cristobal de las

Casas, Chiapas, Mexico. Disponible en: <http://duncanjg.wordpress.com/files/2008/03/mnp-workshop3.pdf>, verificado junio 25, 2010.

Guisan, A., A. Lehmann, S. Ferrier, M. Austin, J.Mc.C. Overton, R. Aspinall, and T. Hastie. 2006. Making better biogeographical predictions of species' distributions. *Journal of Applied Ecology*. 43:386-392.

Hijmans, R.J., K.A. Garrett, Z. Huaman, D.P. Zhang, M. Schreuder, and M. Bonierbale. 2000. Assessing the geographical representativeness of genebank collections: the case of Bolivian wild potatoes. *Conservation Biology*. 14:1755-1765.

Hijmans, R.J. and D.M. Spooner. 2001. Geographical distribution of wild potato species. *American Journal of Botany*. 88:2101-2112.

Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.

INEGI. 2010. Capas de provincias y subprovincias fisiográficas (1:1,000,000). Disponibles en: http://mapserver.inegi.org.mx/data/inf_e1m/, verificado junio 25, 2010.

Kato Y., T. Angel. 1984. Chromosome morphology and the origin of maize and its races. *Evolutionary Biology*. 17:219-253.

Kato Y., T. Angel, C. Mapes S., L.M. Mera O., J.A. Serratos H. y R.A. Bye B. 2009. Origen y diversificación del maíz, una revisión analítica. UNAM-CONABIO. México, D.F.

Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M.M. Goodman, J. Sanchez G., E. Buckler, and J. Doebley. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 99:6080-6084.

Laffan, S.W. and M.D. Crisp. 2003. Assessing endemism at multiple spatial scales, with an example from the Australian vascular flora. *Journal of Biogeography*. 30:511-520.

Laffan, S.W., E. Lubarsky, and D.F. Rosauer. 2010. Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography*. 33:63-647 (Version 0.15). Disponible en: <http://code.google.com/p/biodiverse/> (verificado febrero 15 2011).

Mackey, B.G., S.L. Berry, and T. Brown. 2008. Reconciling approaches to biogeographical regionalization: a systematic and generic framework examined with a case study of the Australian flora. *Journal of Biogeography*. 2008:213-229.

Murguía, M. and J.L. Villaseñor. 2003. Estimating the effect of the similarity coefficient and the cluster algorithm on biogeographic classifications. *Annals Botanical Fennici*. 40:415-421.

Ortega P., R.A., J.J. Sánchez G., F. Castillo G. y J.M. Hernández C. 1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. En: R. Ortega P., G. Palomino H., F. Castillo G., V.A. González H. y M. Livera M., *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México*. pp. 161-185.

Ortega P., R. 2003. La diversidad del maíz en México. En: G. Esteva y C. Marielle (coord.), *Sin maíz no hay país*. CONACULTA-Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México, D.F. pp. 123-154.

Pressoir, G., and J. Berthaud. 2004a. Patterns of population structure in maize landraces from the Central Valleys of Oaxaca in Mexico. *Heredity* 92:88-94.

Pressoir, G., and J. Berthaud. 2004b. Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity* 92:95-101.

Reif, J.C., M.L. Warburton, X.C. Xia, D.A. Hoisington, J. Crossa, S. Taba, J. Muminovic, M. Bohn, M. Frisch y A.E. Melchinger. 2006. Grouping of accessions of Mexican races of maize revisited with SSR markers. *Theoretical and Applied Genetics*. 113: 177-185.

Rzedowski, J., y T. Reyna T. 1990. Provincias florísticas. Mapa IV.8.3. En: *Atlas Nacional de México*, Vol III. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Rice, E. 2007. Conservation in a changing world: in situ conservation of the giant maize of Jala. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 54:701-713.

Ron P., J., J.J. Sánchez G., A.A. Jiménez C., J.A. Carrera V., J.G. Martín L., M.M. Morales R., L. de la Cruz L., S.A. Hurtado de la P., S. Mena M., J.G. Rodríguez F. 2006. Maíces nativos del Occidente de México 1. *Colectas 2004*. Scientia-CUCBA. 8:1-139.

Sánchez-González, J.J. 1989. Relationships among the Mexican races of maize. Unpublished Ph. D. dissertation. North Carolina State University. Raleigh, N.C.

Sánchez G., J.J. and M.M. Goodman. 1992. Relationships among the Mexican Races of Maize. *Economic Botany*. 46:72-85.

Sánchez G., J.J., M.M. Goodman, and C.W. Stuber. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany* 54 :43-59.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. Estadísticas agrícolas. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=1042&tipo=1> (Verificado junio 25, 2010). SAGARPA. Gobierno de México.

van Heerwaarden, J., J. Doebley, W.H. Briggs, J.C. Glaubitz, M.M. Goodman, J.J. Sanchez G., and J. Ross-Ibarra. 2011. Genetic signals of origin, spread, and introgression in a large sample of maize landraces. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. 108:1088-1092.

Vigouroux, Y., J. Glaubitz, Y. Matsuoka, M. Goodman, J. Sanchez, J. Doebley. 2008. Population structure and genetic diversity of New World maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95:1240-1253.

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, and E. Hernández X., en colaboración con P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. 223p.

Wellhausen, E.J. A. Fuentes O. and A. Hernández Corzo, in collaboration with P.C. Mangelsdorf. Races of maize in Central America. Publication 511. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, USA.

WorldClim. 2010. Global climate data. Disponible en <http://www.worldclim.org/current> (verificado junio 25, 2010).

Yee, T.W. and N.D. Mitchell. 1991. Generalized additive models in plant ecology. *Journal of Vegetation Science*. 2: 587-602.

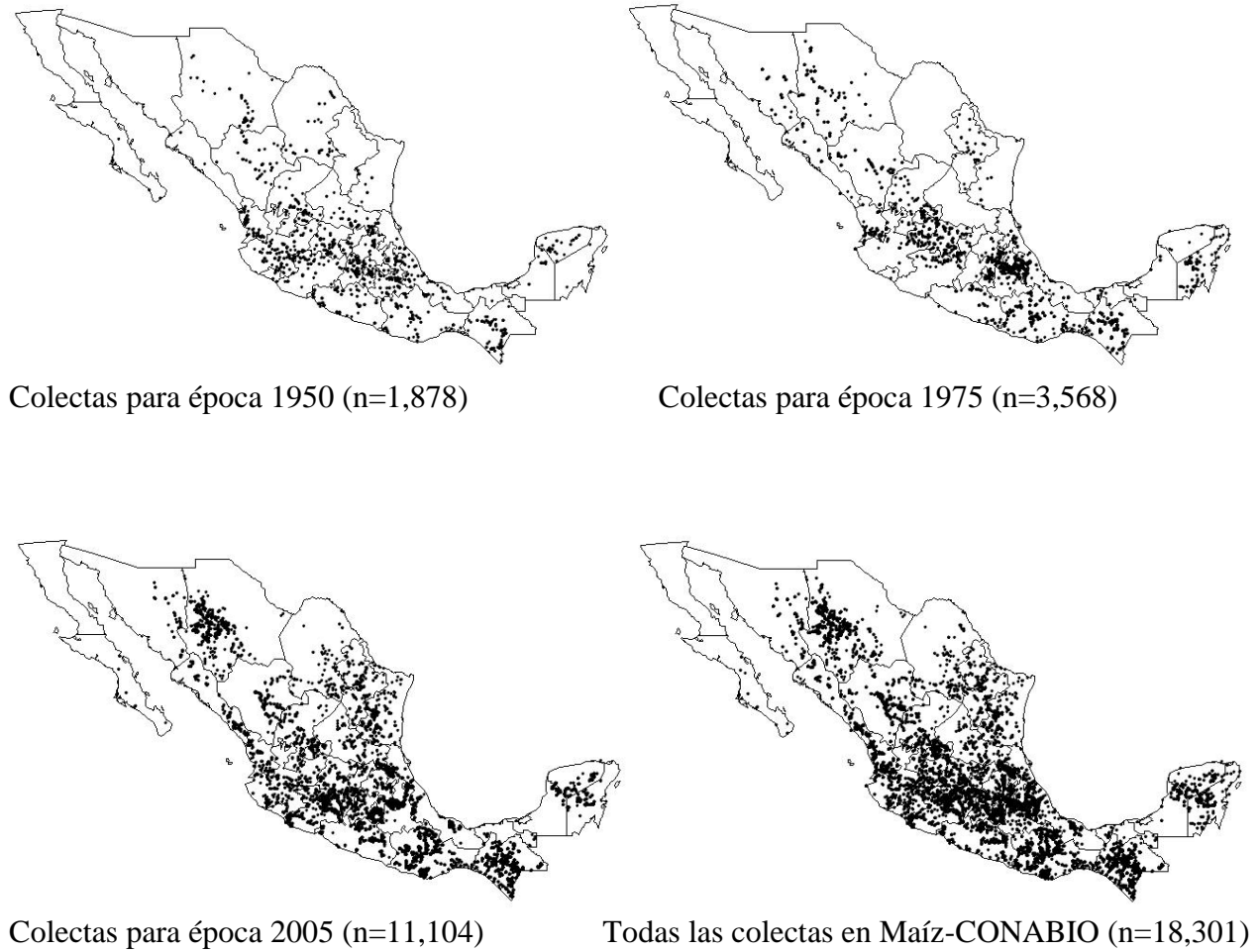


Figura 1. Puntos de muestreo para las tres épocas de colecta analizadas (1950=1943-1954, 1975=1968-1979 y 2000=1997-2010, ver texto Sección 2.1 y Cuadro 4) y para todas las colectas con clasificación racial y georeferenciadas.

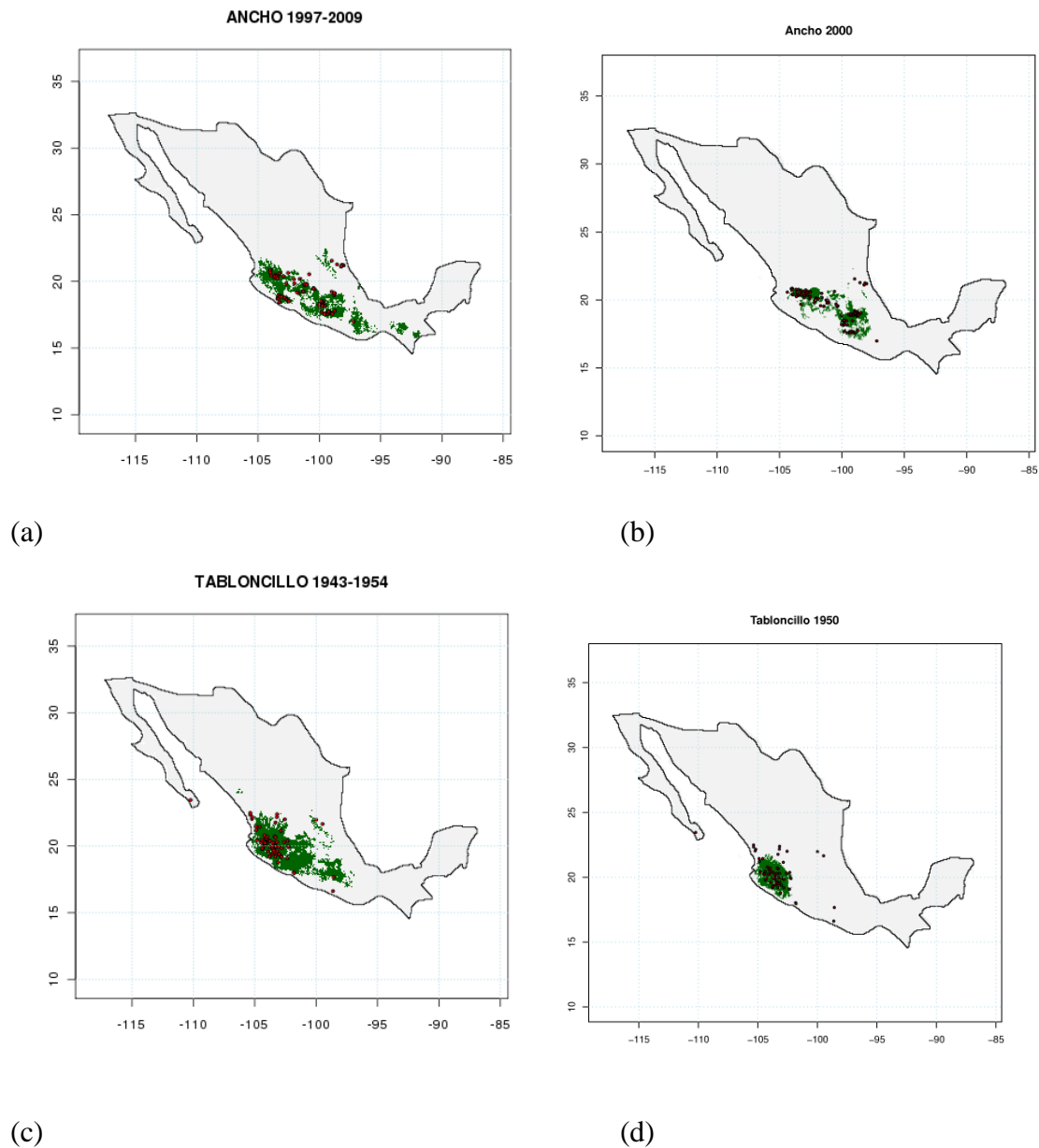


Figura 2. Distribución para las razas Ancho (2005) y Tabloncillo (1950) en los modelos sin utilizar posiciones geográficas y con el uso de posiciones geográficas (latitud y longitud) en el modelo como variables independientes (spatial trend). (a) y (c) sin incluir posiciones geográficas, (b) y (d) incluyendo posiciones geográficas. Puede observarse que en ambos casos cuando no se incluye la posición geográfica el modelo sobre-predice la distribución; en el caso de Ancho incluye Chiapas y en el caso de Tabloncillo la distribución es menos extensa. Los modelos de distribución preparados en el presente estudio pueden considerarse conservadores.

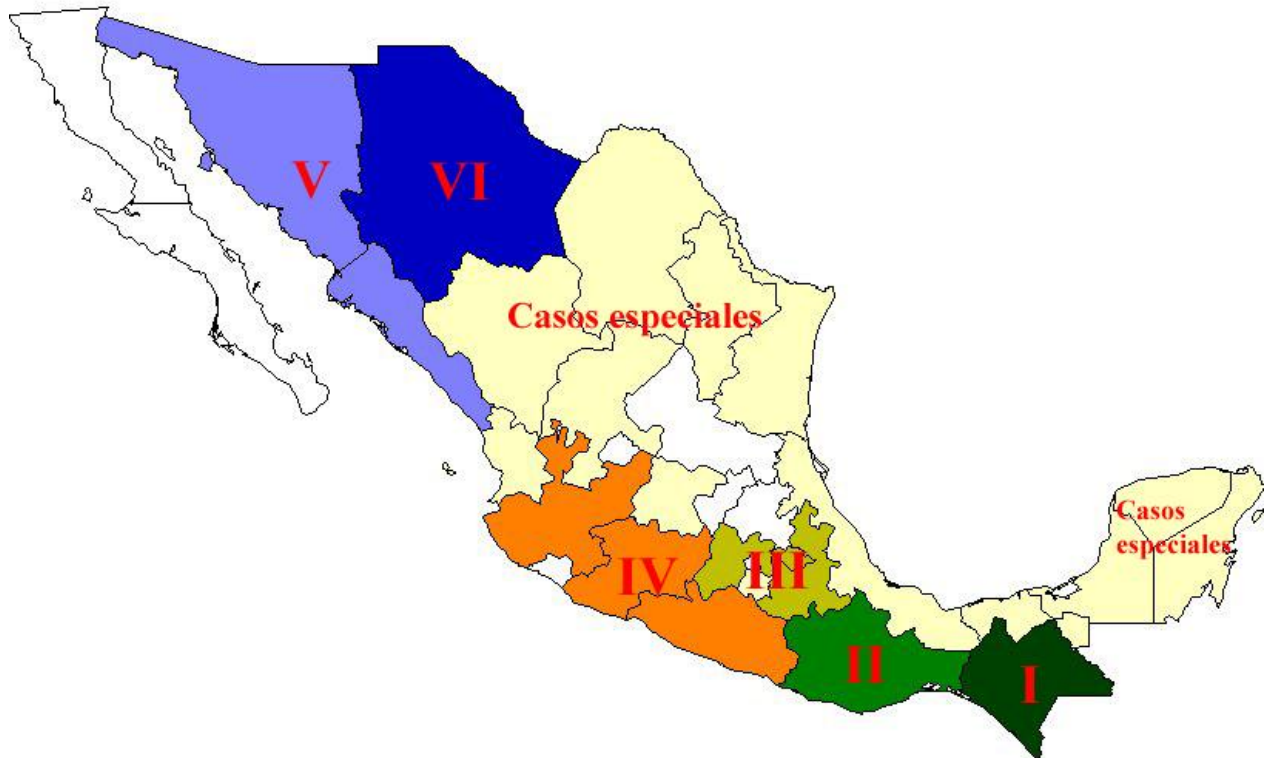
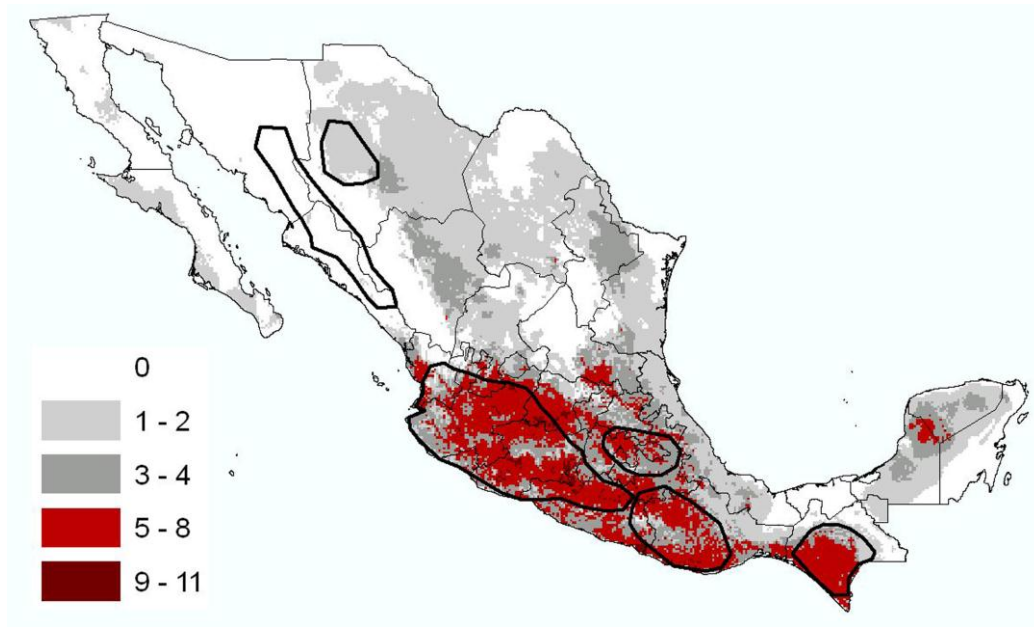
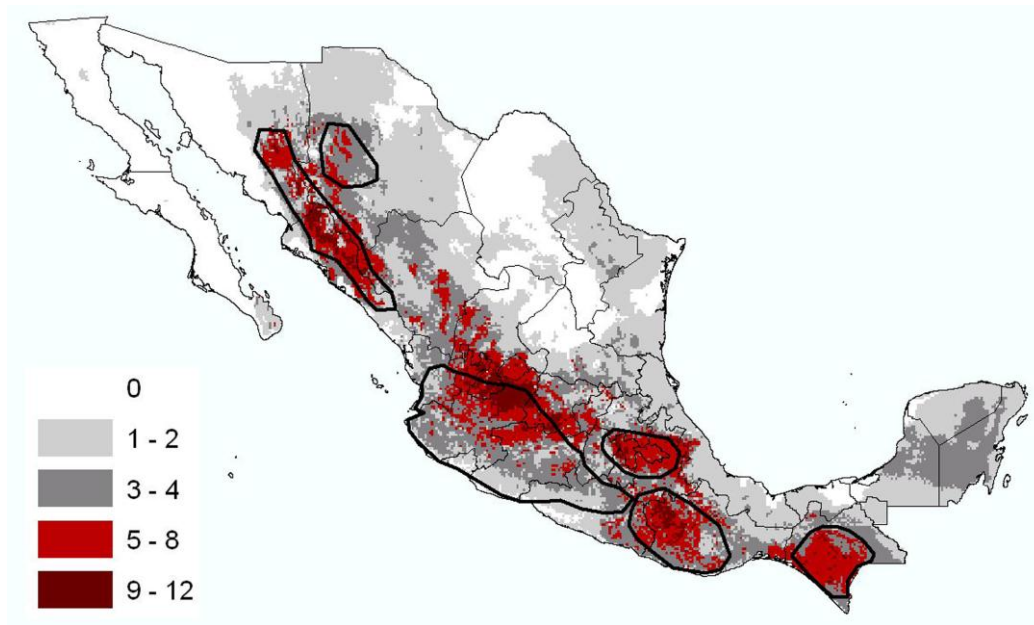


Figura 3. Centros de distribución de las razas con base en 50% o más de la frecuencia de las razas en Maíz-CONABIO (ver texto y Cuadro 7). Con base en la frecuencia de colectas y similitud de las razas se pueden proponer seis centros de distribución: I) Chiapas, II) Oaxaca, III) Centro Este (México, Puebla y Tlaxcala), IV) Centro Occidente (Jalisco, Michoacán, Guerrero), V) Noroeste (Sinaloa y Sonora) y VI) Chihuahua. Los centros de distribución son en gran medida análogos a los encontrados como centros de diversidad (ver Figura 4 y texto). Los casos especiales (en amarillo claro) son estados que son centros de distribución para una o más de las razas, en general estas razas no tienen centros de distribución compactos (ver Sección 3.2).

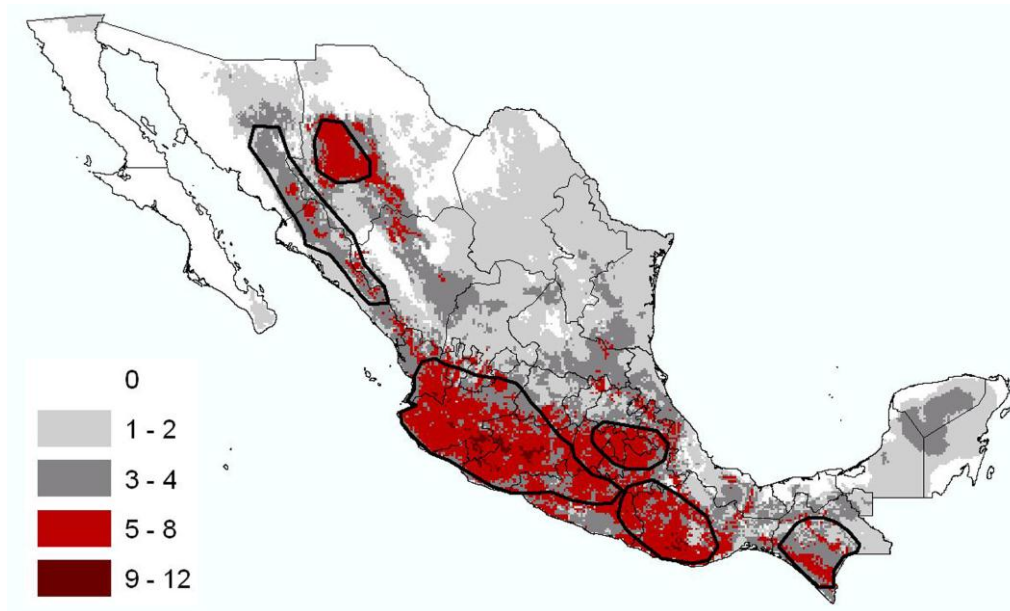


a) Época 1950.

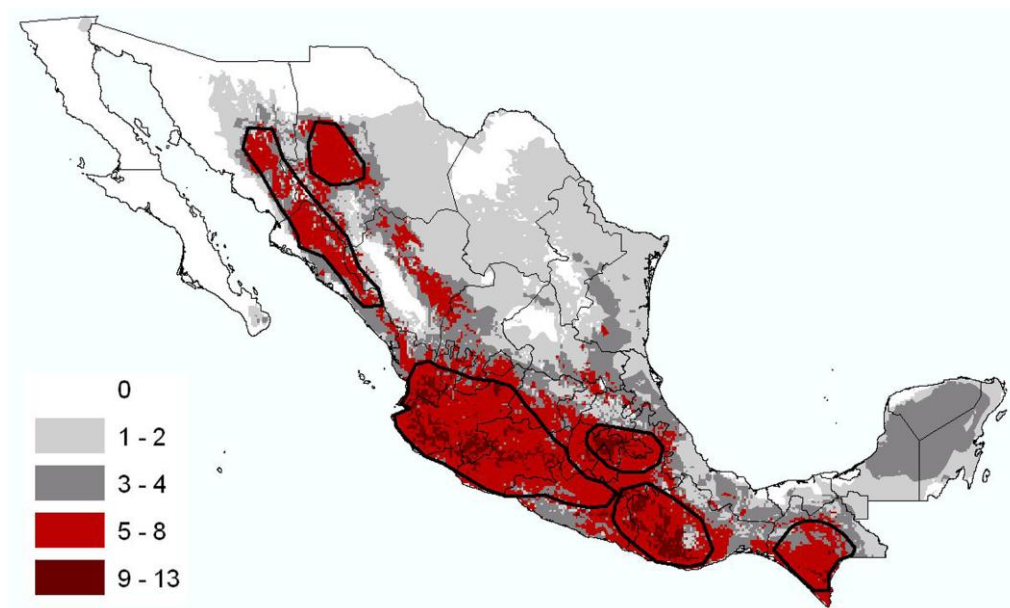


b) Época 1975.

Figura 4. Ver texto en siguiente página (continúa).



c) Época 2005.



d) Sin época.

Figura 4. Riqueza de razas (número de razas) determinada mediante los modelos de distribución. Podemos observar cinco o seis regiones que aparecen con mayor cantidad de razas en todos los modelos (excepto 1950 por falta de muestra en el norte), estas regiones pueden considerarse los centros principales de diversificación. Es importante notar que la escala para riqueza es similar en todos los modelos, sugiriendo que no hay una reducción de la diversidad en más que 50 años. La áreas aproximada para los centros se elaboraron con base en los cuatro modelos.

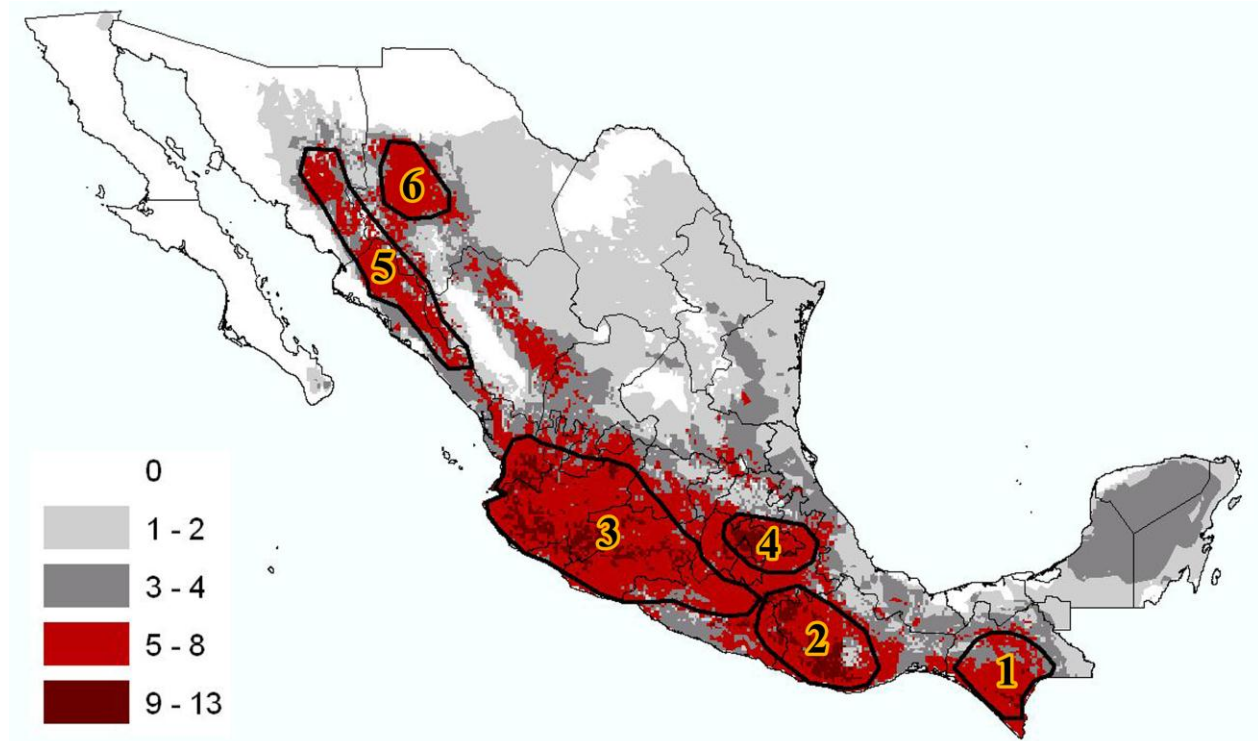
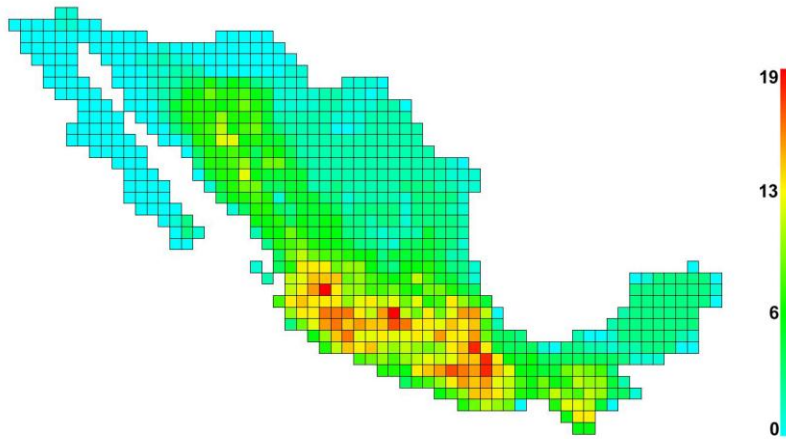
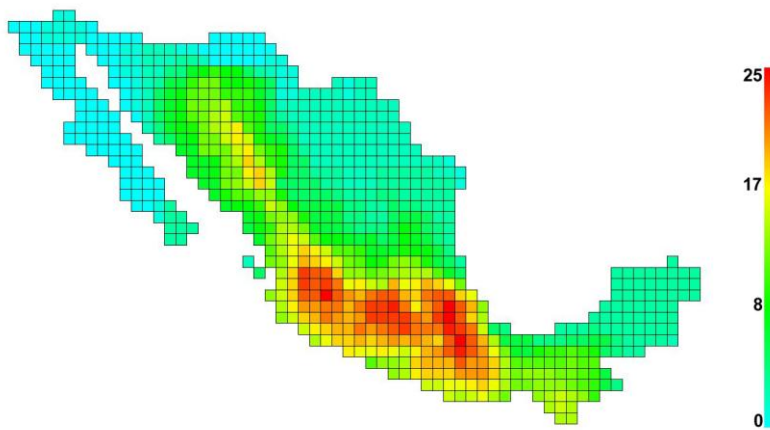


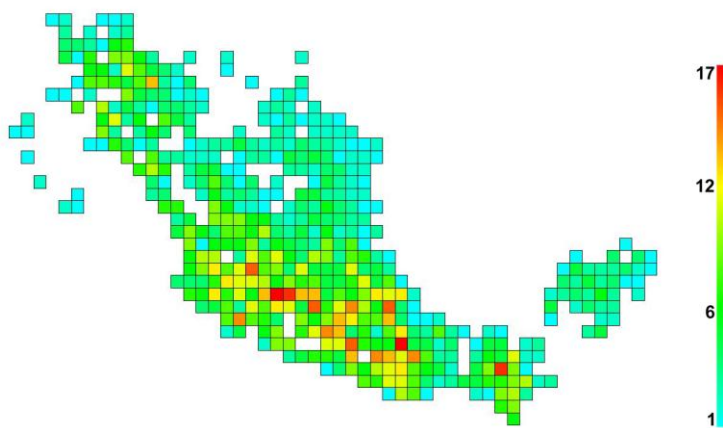
Figura 5. Centros de diversidad (riqueza o número de razas) para los modelos de distribución de las razas en Maíz-COINABIO. Es posible determinar seis regiones que aparecen con mayor riqueza de razas en los modelos y que correlacionan con los centros de distribución (Figura 3), estas regiones pueden considerarse centros de diversidad y concuerdan con los centros de distribución (Figura 3). Los centros de diversidad son 1) Chiapas, 2) Oaxaca, 3) Centro-Occidente (Jalisco, Michoacán, Guerrero), 4) Centro-Oriente (México, Puebla y Tlaxcala), 5) Noroeste (Sonora y Sinaloa) y 6) Chihuahua.



a) Riqueza individual (un celda sin vecindario), modelos sin época

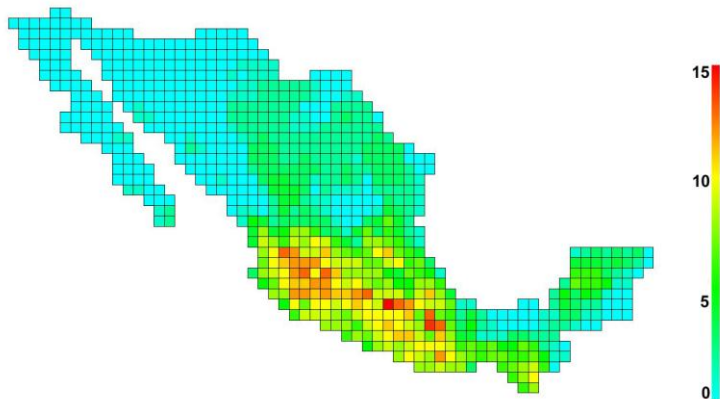


b) Riqueza completa (incluyendo el vecindario), modelos sin época

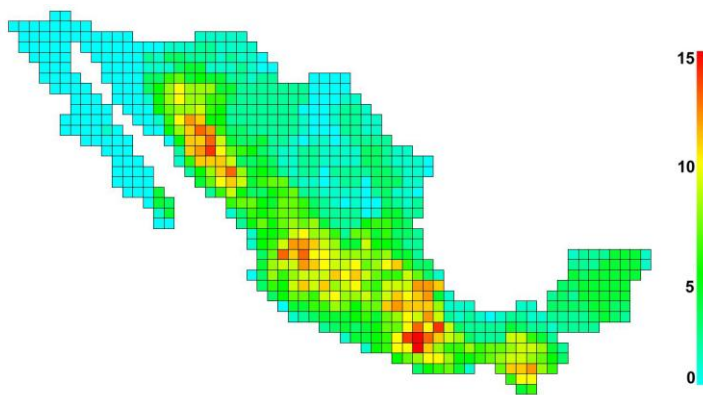


c) Riqueza individual empleando colectas sin época.

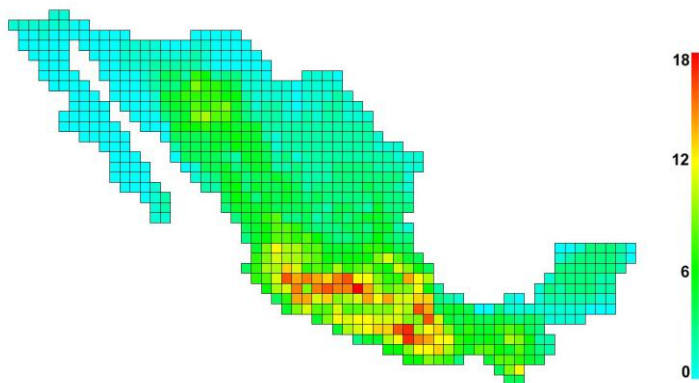
Figura 6. Riqueza individual y completa para modelos sin época y comparación empleando colectas sin época.



a) Riqueza individual para modelos 1950.

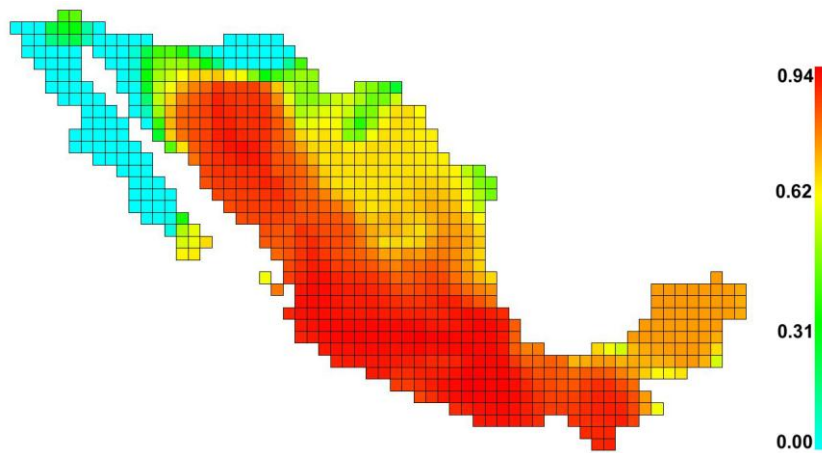


b) Riqueza individual para modelos 1975.

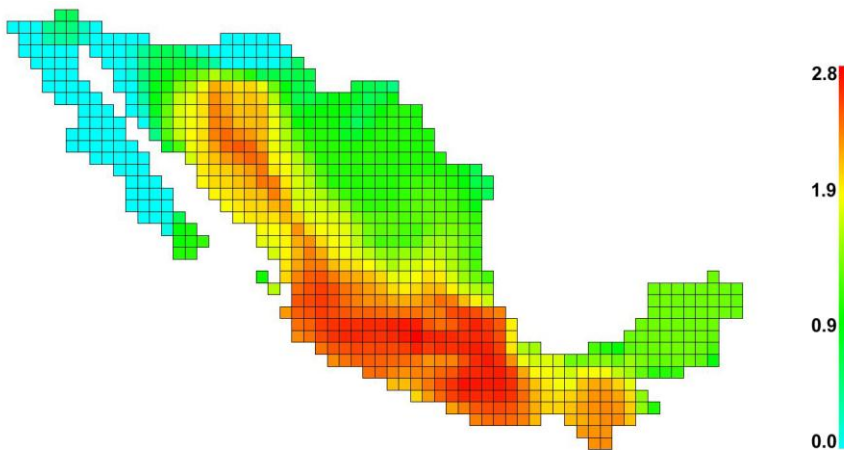


b) Riqueza individual para modelos 2005.

Figura 7. Comparación de riqueza individual (una celda) para los modelos de las tres épocas de colecta estudiadas.

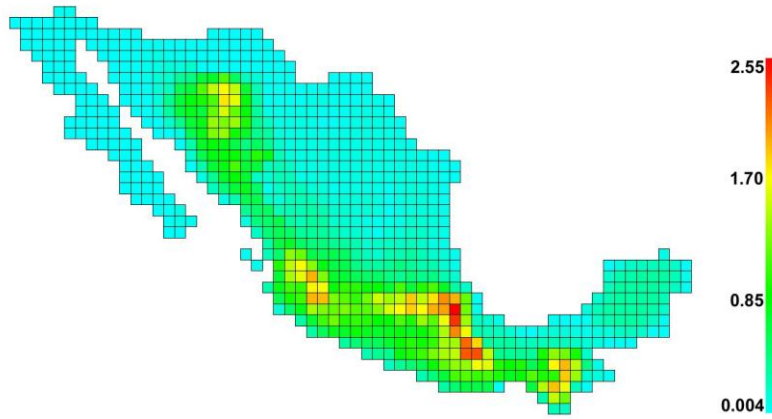


a) Simpson D, modelos sin época

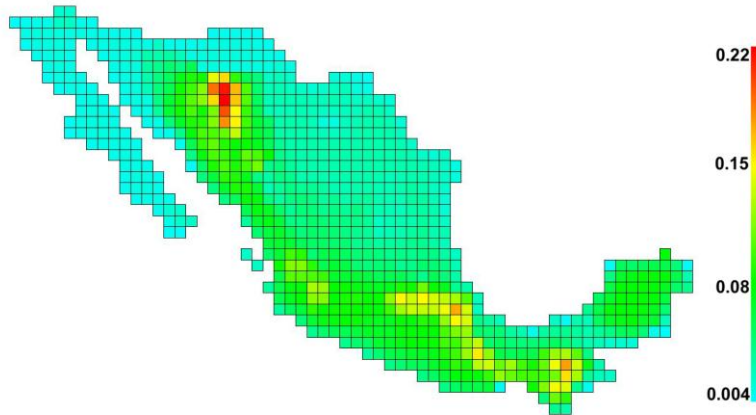


b) Shannon H, modelos sin época

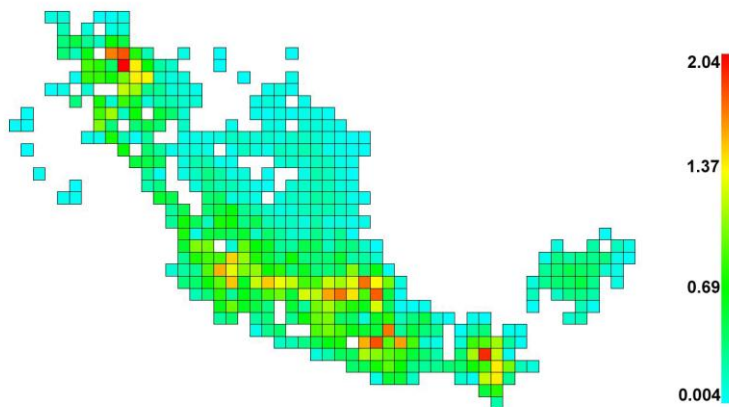
Figura 8. Valores de los índices de diversidad D de Simpson y H de Shannon para los modelos sin época.



a) Endemismo central peso ponderado, modelos sin época

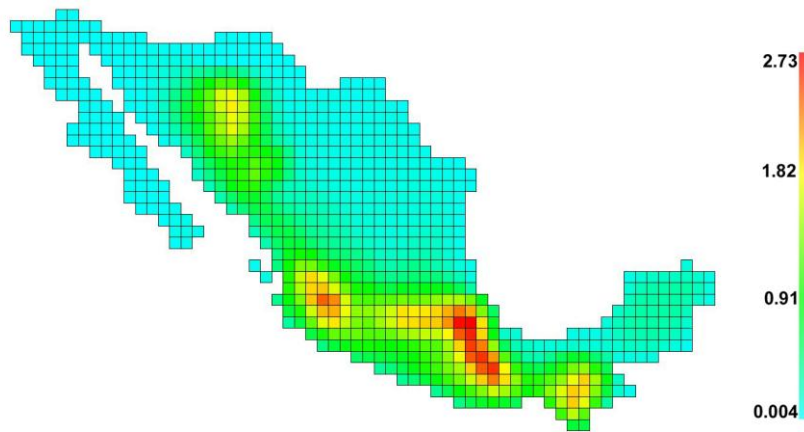


b) Endemismo central peso ponderado corregido, modelos sin época

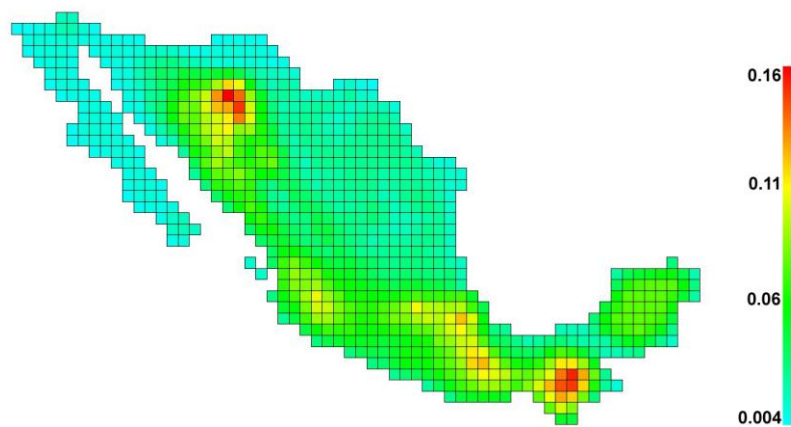


c) Endemismo central peso ponderado, colectas sin época.

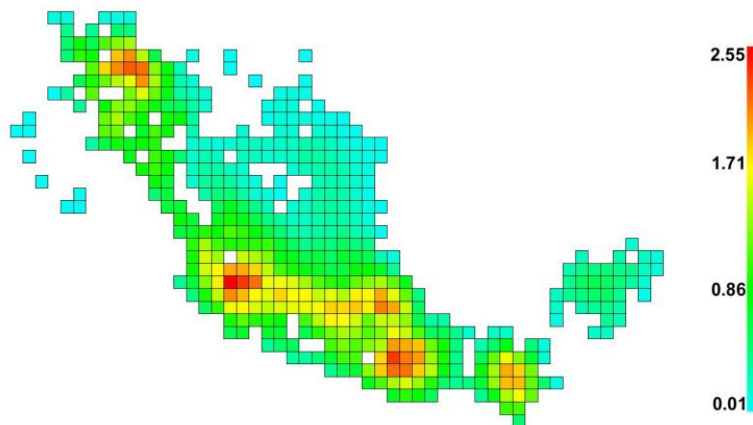
Figura 9. Endemismo individual para modelos sin época y colectas.



a) Endemismo completo peso ponderado, modelos sin época

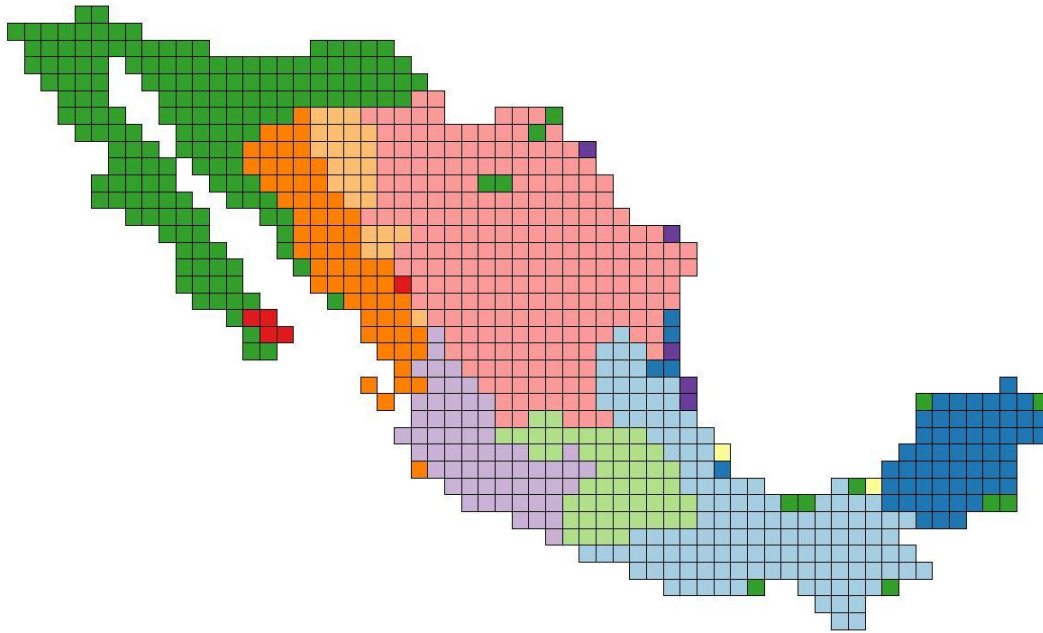


b) Endemismo completo peso ponderado corregido, modelos sin época

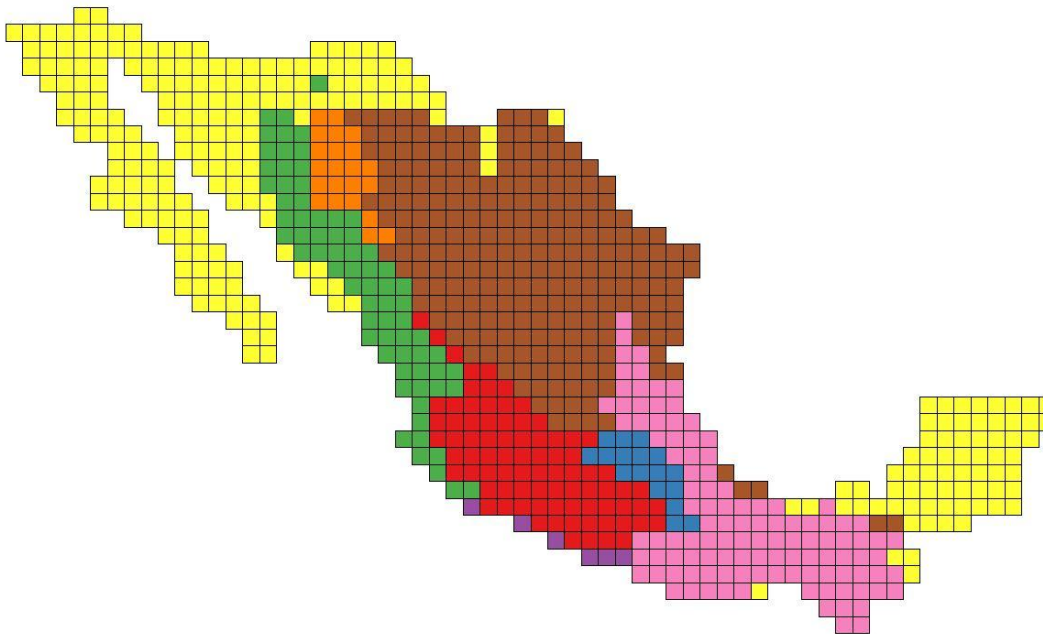


c) Endemismo completo peso ponderado, colectas sin época.

Figura 10. Endemismo completo para modelos sin época y colectas.

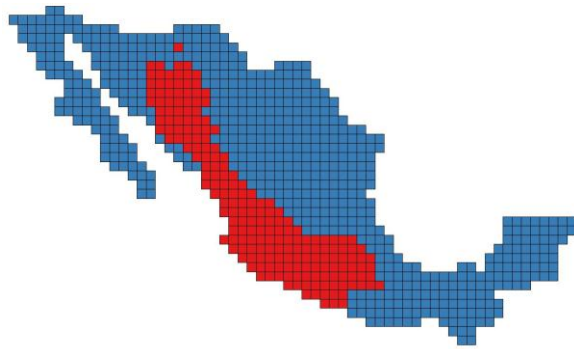


a) Agrupamientos con 11 divisiones para Modelos Sin Época, varios grupos que se producen son espurios (muy pocas celdas no contiguas, por ejemplo el que aparece en rojo).

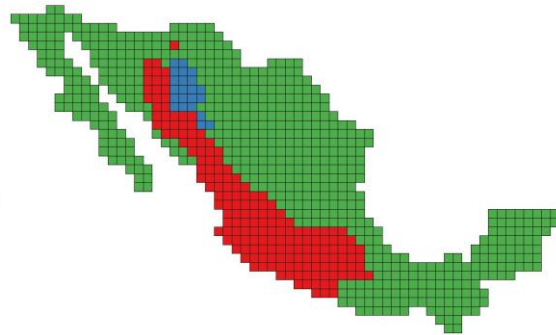


b) Agrupamientos con 8 divisiones para Modelos 2005.

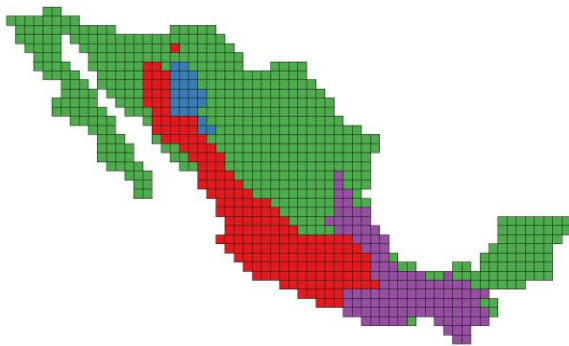
Figura 11. Conglomerados formados empleando el índice de Sorensen para Modelos Sin Época y Modelos 2000.



a) Primera división.



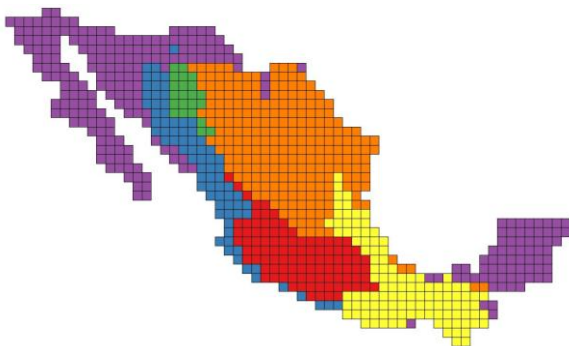
b) Segunda división.



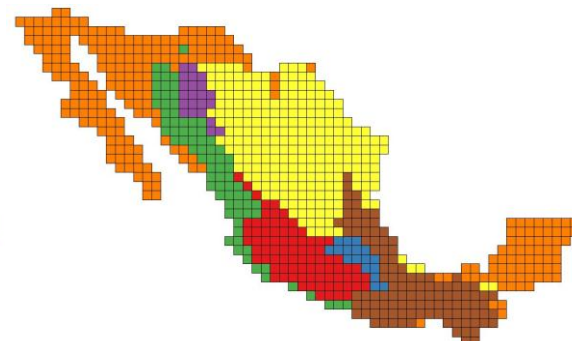
c) Tercera división.



d) Cuarta división.

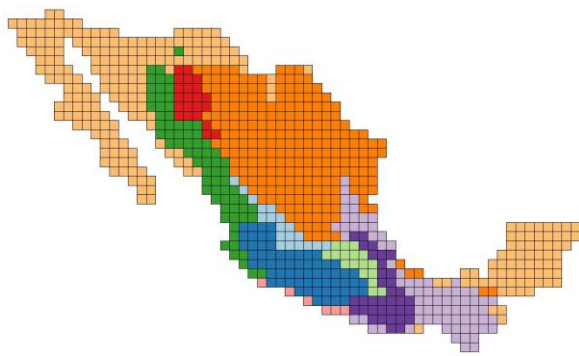


e) Quinta división.

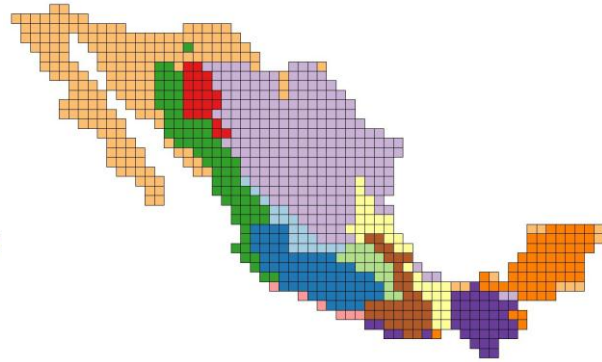


f) Sexta división.

Figura 12. Secuencia de divisiones para los grupos geográficos bioculturales de razas en Maíz-CONABIO para modelos 2005 (continúa).



g) Novena división.



h) Onceava división.

Figura 12. Secuencia de divisiones para los grupos geográficos bioculturales para los modelos 2005 (continuación).

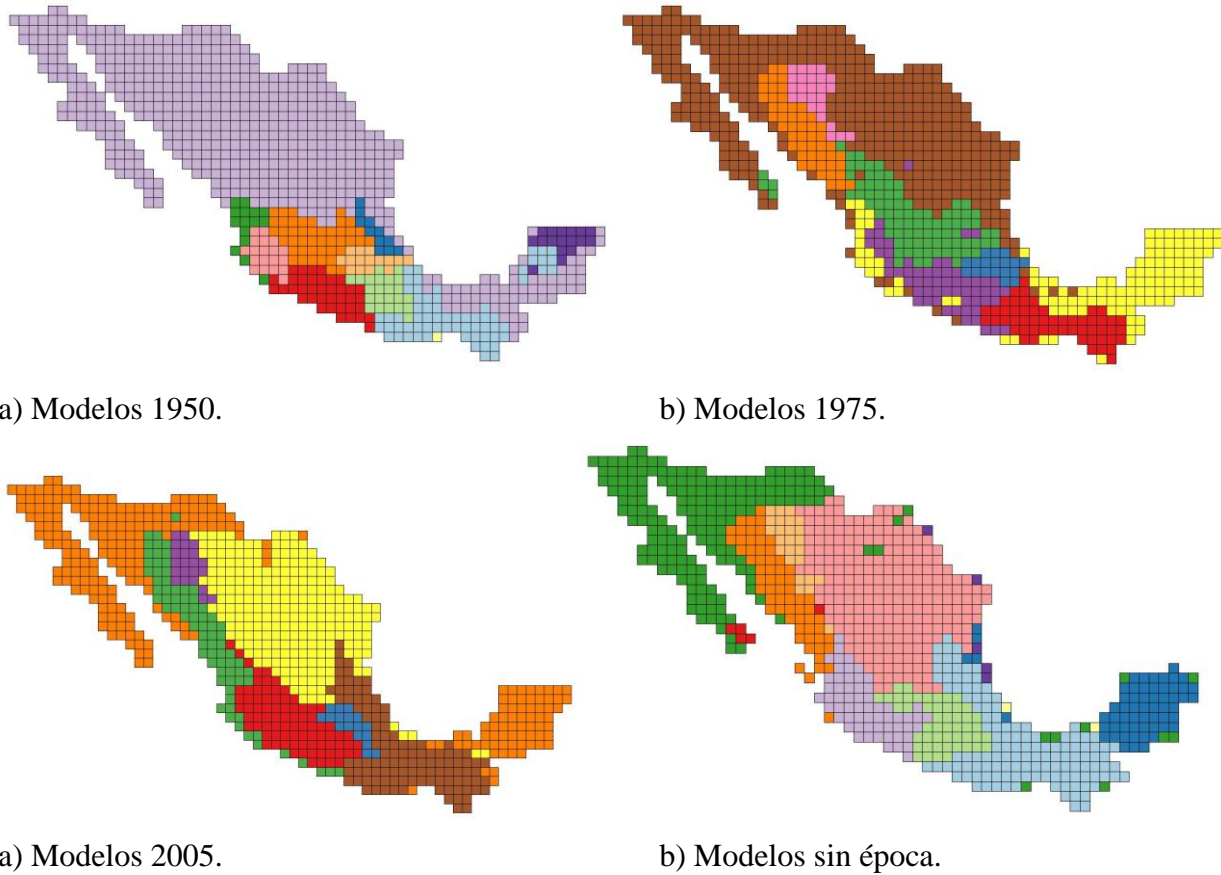


Figura 13. Agrupaciones geográficas bioculturales con número de grupos similares para los modelos de las tres épocas y sin época.

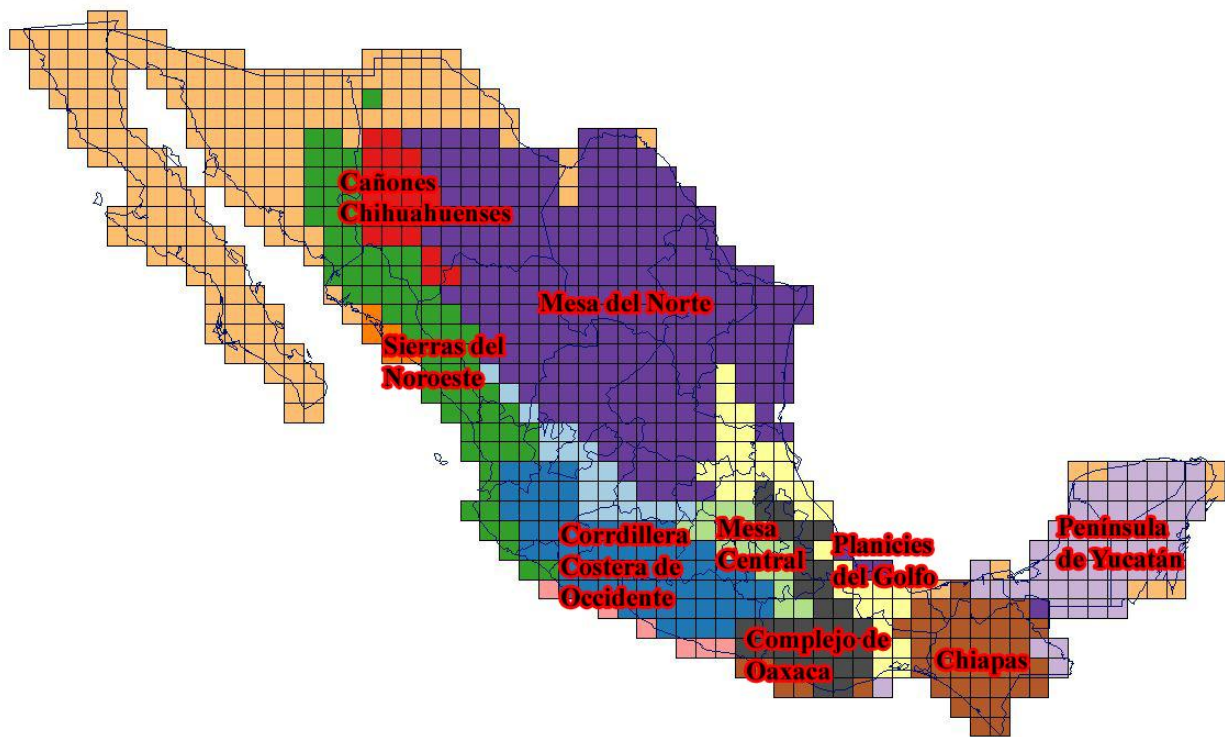
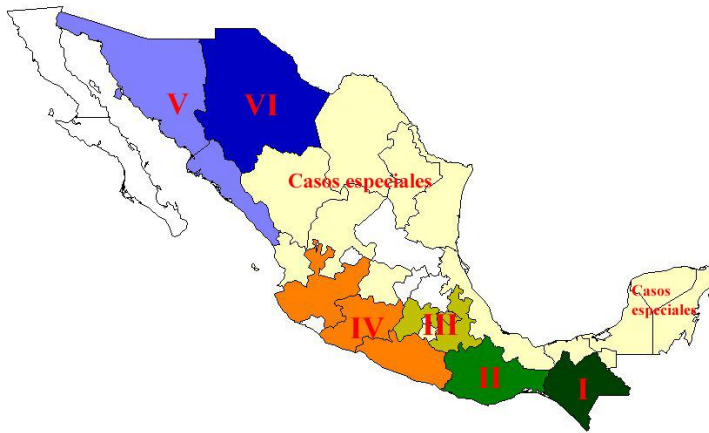
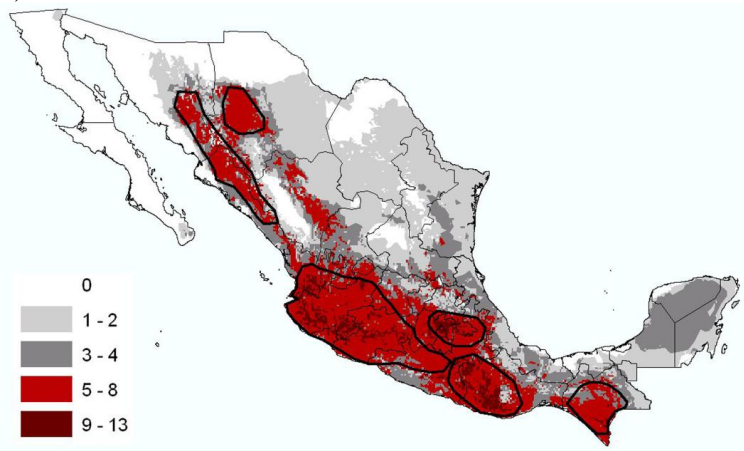


Figura 14. Provincias bioculturales para las razas de maíz en México: 1) Chiapas, 2) Complejo de Oaxaca, 3) Cordillera Costera de Occidente, 4) Mesa Central, 5) Sierras del Noroeste, 6) Cañones Chihuahuenses, 7) Mesa del Norte, 8) Planicies del Golfo y, 9) Península de Yucatán. La región del Bajío aparece agrupada pero en la presente propuesta se decidió no incluirla como provincia independiente (ver texto) y la región del noroeste de Sonora y Baja California tienen muy poco maíz y no destacan para ser resaltadas.



a) Estados centro de la distribución de razas.



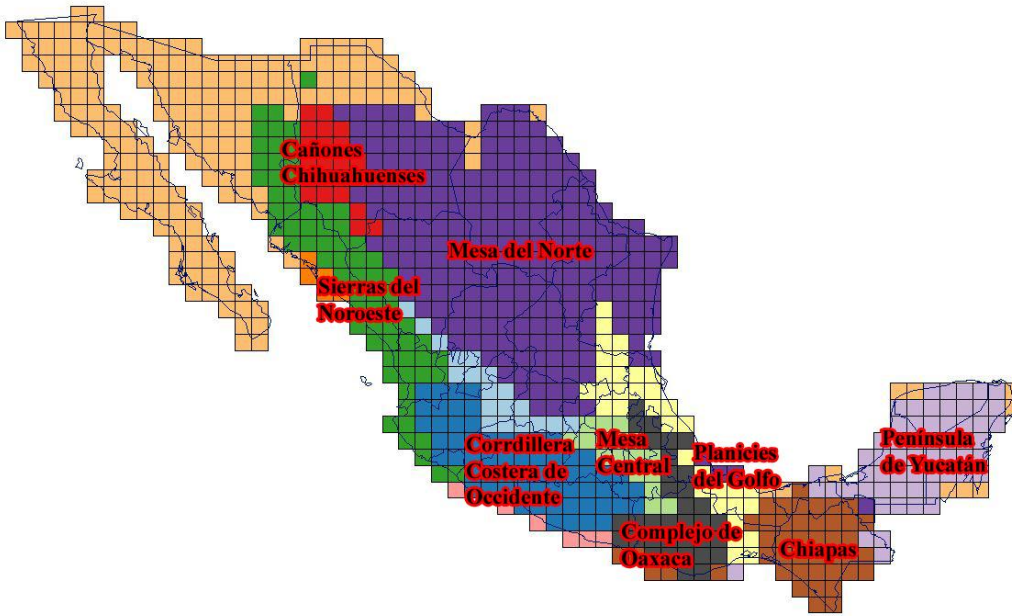
b) Centros de diversidad.



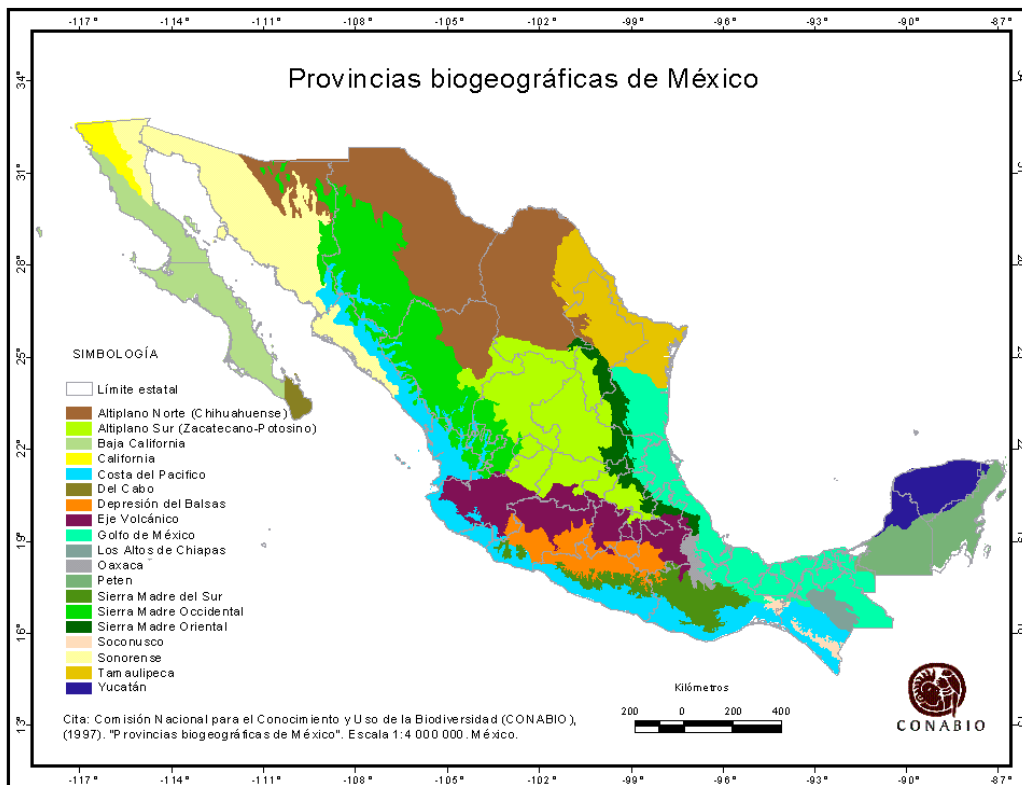
c) Provincias bioculturales para las razas de maíz en México.

Figura 15. Correspondencia entre los centros de distribución, centros de diversidad y provincias bioculturales para las razas de maíz en México.

Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México



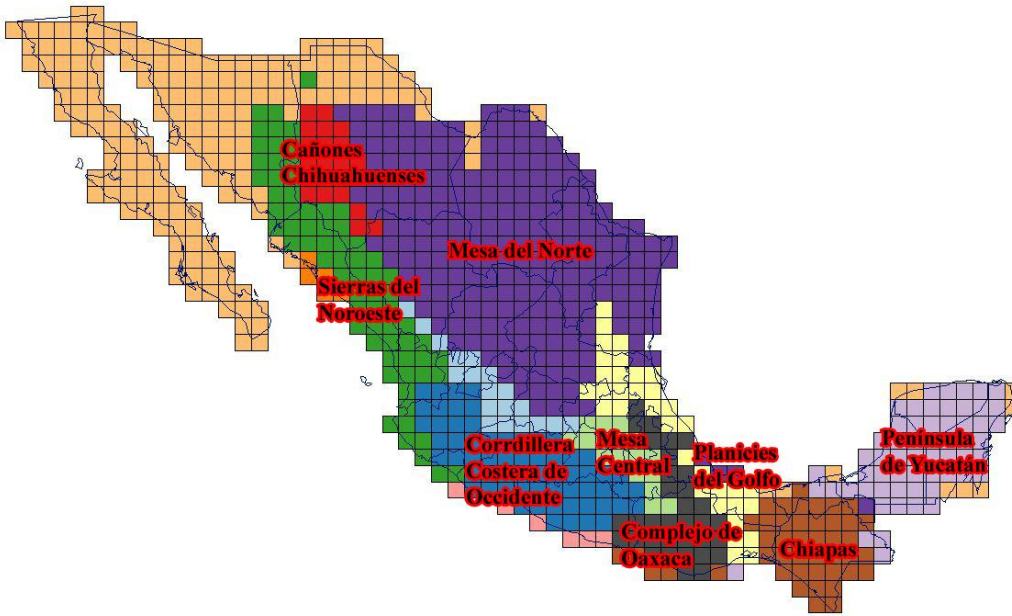
a) Provincias bioculturales para las razas de maíz en México.



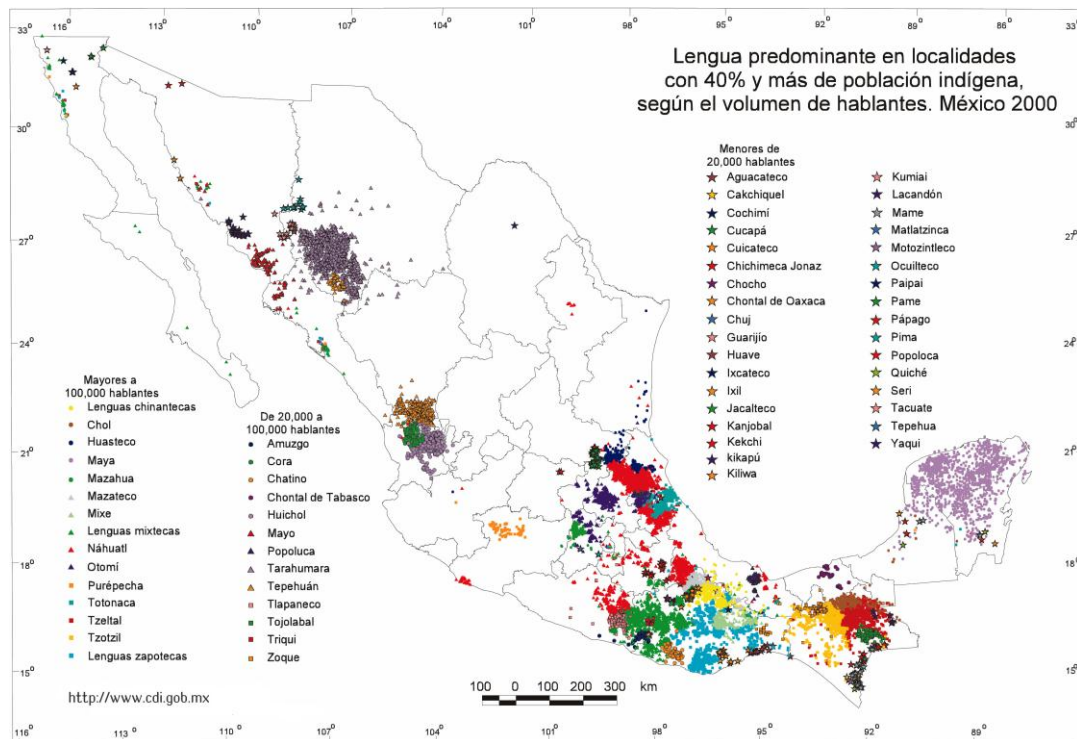
b) Provincias bioculturales propuestas por CONABIO (1997)

Figura 16. Correspondencia entre las provincias bioculturales para el maíz y las provincias bioculturales de México propuestas por CONABIO.

Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México



a) Provincias bioculturales para las razas de maíz en México.



c) Grupos étnicos de México en localidades con 40% o más de población indígena (CDI 2011).

Figura 17. Correspondencia entre las provincias bioculturales para el maíz y la población indígena de México.

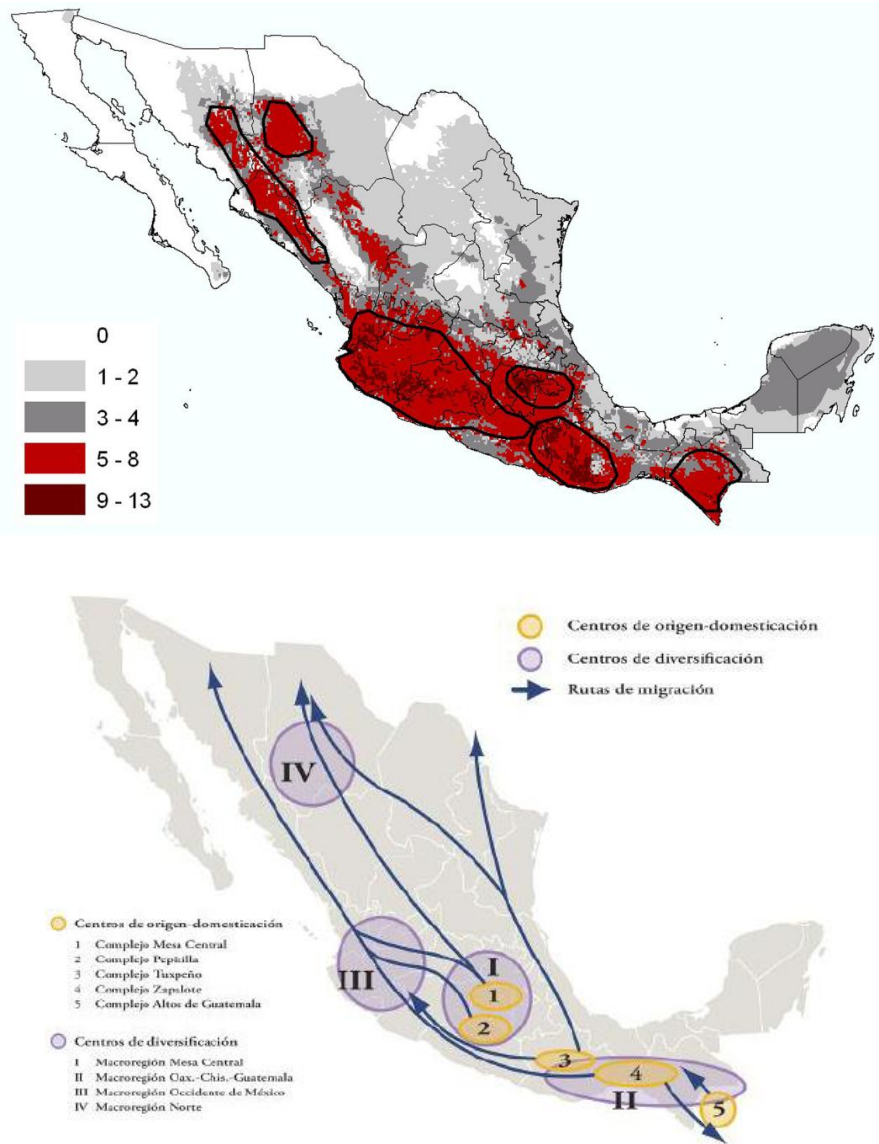


Figura 9. Mapa de México con las localizaciones de los centros de origen-domesticación y los centros de diversificación primaria del maíz.

Kato et al. (2009)

Figura 18. Correspondencia entre propuesta de centros de diversidad y distribución de razas y modelo de Kato para los centros de origen y diversificación del maíz en México. Kato (1984) y Kato et al. (2009) proponen cinco centros de origen y cuatro de diversificación para el maíz. La propuesta de centros propuestos para diversidad y distribución de razas en el presente trabajo es relativamente análoga a la propuesta de Kato aunque se proponen seis en lugar de cuatro centros (ver texto sección 4.2).

Cuadro 1. Frecuencia original y utilizada por raza en Maíz-CONABIO.

Raza	Frecuencia base completa	Frecuencia con pasaporte básico*1	Frecuencia muestra final en modelos*2	Porcentaje del total en modelos
Amarillo de Montaña	6	6	0	
Amarillo de Tierra Caliente raza nov.	5	5	0	
Ancho	322	294	321	1.75
Apachito	65	65	65	0.35
Argentino	7	7	0	
Arrocillo Amarillo	316	298	311	1.69
Azul	99	92	93	0.51
Blando	29	-	0	
Blando de Sonora	15	39	42	0.23
Bofo	37	37	428	2.33
Bolita	533	515	530	2.89
Cacahuacintle	68	56	64	0.35
Celaya	925	834	905	4.93
Chalqueño	627	473	610	3.32
Chapalote	31	30	30	0.16
Chiquito	43	43	62	0.34
Choapaneco	5	5	0	
Comiteco	1280	1237	1279	6.96
Complejo Serrano de Jalisco	18	18	18	0.10
Conejo	115	107	111	0.60
Cónico	1994	1593	1946	10.60
Cónico Norteño	1188	1142	1165	6.34
Coscomatepec	119	118	118	0.64
Cristalino de Chihuahua	313	308	309	1.68
Cubano Amarillo	65	65	0	0.35
Dulce	56	54	56	0.30
Dulcillo del Noroeste	37	32	35	0.19
Dzit Bacal	116	104	108	0.59
Elotero de Sinaloa	74	73	74	0.40
Elotes Cónicos	569	494	563	3.07
Elotes Occidentales	391	385	0	
Gordo	69	69	69	0.38
Harinoso de Ocho	2	2	0	
Jala	43	40	40	0.22
Maizón raza nov.	18	18	0	
Maíz de Ecuaro raza nov.	58	58	0	
Mixeño	12	12	0	

Continúa

Cuadro 1. Número de colectas por raza en Maíz-CONABIO (continuación).

Raza	Frecuencia base completa	Frecuencia con pasaporte básico*1	Frecuencia muestra final en modelos*2	Porcentaje del total en modelos
Mixteco	4	4	0	
Motozinteco	5	4	0	
Mountain Yellow	5	5	0	
Mushito	382	363	471	2.50
Mushito de Michoacán	47	-	0	
Nal-Tel	148	133	137	0.75
Nal-tel de Altura	19	19	0	
Negrilo	8	8	0	
Negro de Chimaltenango	2	2	0	
Olotillo	1111	1084	1092	5.95
Olotón	593	585	591	3.22
Onaveño	93	73	85	0.46
Palomero Toluqueño	53	41	50	0.27
Palomero de Chihuahua	6	6	0	
Palomero de Jalisco	3	3	0	
Pepitilla	312	235	303	1.65
Prieto de Tierra Caliente raza nov.	25	25	0	
Purhépecha raza nov.	22	22	0	
Quicheño	1	1	0	
Ratón	467	407	439	2.39
Reventador	88	85	85	0.46
Serrano	8	-	0	
Serrano Mixe	31	38	39	0.21
Tablilla de Ocho	44	35	42	0.23
Tabloncillo	601	511	596	3.24
Tabloncillo Perla	208	185	198	1.08
Tamaulipas raza nov.	58	58	0	
Tehua	45	43	43	0.23
Tepecintle	528	507	514	2.80
Tsiri Charhápati raza nov.	29	29	0	
Tuxpeño	3451	3277	3401	18.52
Tuxpeño Norteño	327	277	304	1.66
Uruapeño	1	1	0	
Vandeño	314	297	308	1.68
Zamorano Amarillo	77	64	77	0.42

Continúa.

Cuadro 1. Número de colectas por raza en Maíz-CONABIO (continuación).

Raza	Frecuencia base completa	Frecuencia con pasaporte básico*1	Frecuencia muestra final en modelos*2	Porcentaje del total en modelos
Zapalote Chico	140	137	138	0.75
Zapalote Grande	84	83	83	0.45
Sin raza	3921		-	
Totales	22931	17378	18413	100

*1 Pasaporte “básico” incluye coordenadas, fecha de colecta y clasificación de raza principal. En la muestra final se excluyeron razas con poca muestra y aquellas no descritas, en los modelos sin época se incluyeron muestras sin fecha de colecta.

*2 Para la frecuencia final utilizada en modelos se hicieron ajustes en la base de datos, ver Cuadro 2.

*3El nombre formal de Dulce es Maíz Dulce y el de Blando de Sonora es Maíz Blando de Sonora (Ron et al. 2006), en este cuadro aparecen con el nombre original en Maíz-CONABIO.

Cuadro 2. Cambios efectuados en Maíz-CONABIO.

Raza	Muestras	Comentario (sinónimo o problema)	Acción
Amarillo de Montaña	6	Raza no definida. Anderson (1946) definió Mountain Yellow (ver abajo), todas las colectas son de 2008.	Eliminada.
Amarillo de Tierra Caliente	5	Raza nueva no descrita, colectas de 2005.	Eliminada.
Argentino	7	Raza no definida para México, colectas de 2010.	Eliminada.
Blando	29	Raza no definida, se consideró como Blando de Sonora.	Se reclasificó como Blando de Sonora.
Blando de Sonora	39	El nombre formal es Maíz Blando de Sonora (Ron et al. 2006).	Se cambió el nombre a Maíz Blando de Sonora
Chiquito	43	Ron et al. (2006) no incluyen Chiquito y si Nal Tel de Altura, considerado sinónimo por Ortega et al. (1991).	Sin cambio.
Choapaneco	5	Muy poca muestra, colectas de 1982, descrita por Benz, requiere revisión de estatus como raza.	Eliminada.
Cubano Amarillo	65	No es raza mexicana.	Eliminada.
Dulce	56	El nombre formal es Maíz Dulce (Ron et al. 2006).	Se cambió el nombre a Maíz Dulce.
Elotes Occidentales	391	Sinónimo. Ortega et al. (1991) indican que Elotes Occidentales no se distingue fácilmente de Bofo, y la raza Elotes Occidentales no ha sido descrita (Ron et al. 2006).	Se reclasificó como Bofo.
Harinoso de Ocho	2	Muy poca muestra, sinónimo. Sólo se tiene un registro de Harinoso de Ocho. En Wellhausen et al. (1951) se consideró que Elotes Occidentales era una subraza de Harinoso de Ocho. Ortega et al. (1991) indican que ambas razas no se distinguen fácilmente de Bofo.	Se reclasificó como Bofo.
Maizón	18	Poca muestra. Incierto si es Chatino Maizón, descrita por Benz en 1986 (Ron et al. 2006) porque es descrita como raza nueva y las colectas son de 2007-2008.	Eliminada.

Continúa.

Cuadro 2. Cambios efectuados en Maíz-CONABIO (continuación).

Raza	Muestras	Comentario (sinónimo o problema)	Acción
Maíz de Ecuaro	58	Raza nueva no descrita, colectas 2005-2008.	Eliminada.
Mixeño	11	Muy poca muestra, descrita por Benz (1986), colectas previas a 1982, se requiere revisar su estatus como raza.	Eliminada.
Mixteco	4	Muy poca muestra, descrita por Benz (1986), colectas de 1982, requiere revisión de estatus como raza.	Eliminada.
Motozinteco	5	Muy poca muestra, descrita por Sánchez (1989), se requiere revisar su estatus como raza.	Eliminada.
Mountain Yellow	5	Raza descrita por Anderson (1946) pero no empleada, 4 colectas previas a 1952 posteriormente solo 1 colecta en 2009 (y en todo caso las 6 clasificadas como Amarillo de Montaña de 2008).	Eliminada.
Mushito	382	El nombre formal según Ron et al. (2006) es “Mushito (Michoacán)”, sic. No se cambió el nombre	Sin cambio.
Mushito de Michoacán	47	Sinónimo de Mushito.	Se incluyó en Mushito.
Nal Tel de Altura	19	Sinónimo, Ortega et al. (1991) consideraron que el nombre correcto es Chiquito, aunque Ron et al. (2006) mantienen. Nal Tel de Altura y no incluyen Chiquito.	Se reclasificó como Chiquito.
Negrilo	8	Muy poca muestra, raza no descrita pero incluida en Ron et al. (2006), 2 colectas previas a 1952 y otras 6 en 2002 y 2009.	Eliminada.
Negro de Chimaltenango	2	Muy poca muestra, descrita para Guatemala, nombre poco empleado para México.	Eliminada.
Palomero de Chihuahua	6	Muy poca muestra, descrita por Ortega (Ron et al. 2006), se requiere revisar estatus como raza.	Eliminada.
Palomero de Jalisco	3	Muy poca muestra, no ha sido descrita (Ron et al. 2006), se requiere revisar su estatus como raza.	Eliminada.
Prieto de Tierra Caliente	25	Raza nueva no descrita, muestras 2006-2010.	Eliminada.

Continúa.

Cuadro 2. Cambios efectuados en Maíz-CONABIO (continuación).

Raza	Muestras	Comentario (sinónimo o problema)	Acción
Purhépecha	22	Raza nueva no descrita, muestras 2008 y 2010.	Eliminada.
Quicheño	1	Muy poca muestra, raza descrita para Guatemala, no ha sido usada para maíces mexicanos.	Eliminada.
Serrano	8	No definida como raza, se consideró Serrano Mixe dado que las colectas fueron de Oaxaca. Sánchez (1989) consideró que Serrano Mixe (descrita por Benz, 1986) es sinónimo de Nal Tel de Altura por lo que requiere revisarse.	Se reclasificó como Serrano Mixe.
Tamaulipas	58	Raza nueva no descrita, colectas 2005-2008.	Eliminada.
Tsiri Charhápiti	29	Raza nueva no descrita, colectas 2006-2007.	Eliminada.
Urapeño	1	Muy poca muestra, raza no descrita, colecta de 1983.	Eliminada.

Cuadro 3. Colectas por estado en Maíz-CONABIO.

Estado	Frecuencia muestra completa	Frecuencia con pasaporte básico	Frecuencia muestra final en modelos	Porcentaje muestra final en modelos
Aguascalientes	157	134	137	0.75
Baja California Norte	4	0	0	0.00
Baja California Sur	29	18	18	0.10
Campeche	275	176	185	1.01
Chiapas	4156	3310	3404	18.53
Chihuahua	1084	992	994	5.41
Coahuila	222	149	179	0.97
Colima	98	48	49	0.27
Distrito Federal	59	55	55	0.30
Durango	425	390	392	2.13
Guanajuato	690	625	626	3.41
Guerrero	890	681	691	3.76
Hidalgo	706	475	495	2.70
Jalisco	1049	714	849	4.63
México	994	647	857	4.67
Michoacán	1312	975	936	5.08
Morelos	549	419	517	2.81
Nayarit	523	425	425	2.31
Nuevo León	295	209	211	1.15
Oaxaca	2973	2318	2302	12.53
Puebla	1041	650	923	5.03
Querétaro	173	123	136	0.74
Quintana Ro	273	266	266	1.45
San Luis Potosí	472	352	382	2.08
Sinaloa	363	296	300	1.63
Sonora	273	176	195	1.06
Tabasco	74	65	71	0.39
Tamaulipas	515	370	409	2.23
Tlaxcala	792	553	634	3.45
Veracruz	1395	1145	1146	6.24
Yucatan	607	225	232	1.26
Zacatecas	441	397	397	2.16
Sin estado	22	0		
	22,931	17,378	18,413	100

Cuadro 4. Número de colectas/100 km² y km²/colecta por estado en la muestra final empleada de Maíz-CONABIO.

Estado	Colectas	Colectas/100km²	Km²/colecta
Aguascalientes	137	2.5	39.9
Baja California Norte	0	--	--
Baja California Sur	18	0.0	4081.9
Campeche	185	0.4	274.7
Chiapas	3404	4.6	21.8
Chihuahua	994	0.4	249.4
Coahuila	179	0.1	837.9
Colima	49	0.9	105.9
Distrito Federal	55	3.7	26.9
Durango	392	0.3	314.2
Guanajuato	626	2.1	48.7
Guerrero	691	1.1	93.0
Hidalgo	495	2.4	42.0
Jalisco	849	1.1	94.7
México	857	4.0	24.9
Michoacán	936	1.5	67.4
Morelos	517	10.4	9.6
Nayarit	425	1.6	63.5
Nuevo León	211	0.3	307.7
Oaxaca	2302	2.5	40.8
Puebla	923	2.7	36.7
Querétaro	136	1.2	84.6
Quintana Ro	266	0.5	188.8
San Luis Potosí	382	0.6	165.1
Sinaloa	300	0.5	194.4
Sonora	195	0.1	933.6
Tabasco	71	0.3	355.9
Tamaulipas	409	0.5	194.1
Tlaxcala	634	15.8	6.3
Veracruz	1146	1.6	62.6
Yucatan	232	0.6	165.5
Zacatecas	397	0.5	184.5
Nacional	18366	0.9	106.8

Cuadro 5. Colectas por año en Maíz-CONABIO.

Año	Frecuencia muestra completa	Frecuencia con pasaporte básico	Frecuencia muestra final en modelos	Porcentaje muestra final en modelos
1927	1			
1934	1	1	1	0.01
1935	1	1	1	0.01
1940	1			
1943	413	221	220	1.20
1944	406	247	247	1.34
1945	100	79	79	0.43
1946	564	307	300	1.63
1947	65	27	27	0.15
1948	298	89	89	0.48
1949	23	6	6	0.03
1950	127	68	68	0.37
1951	115	90	90	0.49
1952	765	629	627	3.41
1953	76	43	43	0.23
1954	112	83	83	0.45
1955	20	2	2	0.01
1957	1	1	1	0.01
1958	4	2	2	0.01
1959	89	6	6	0.03
1960	45	32	32	0.17
1961	81	63	62	0.34
1962	90	86	86	0.47
1963	91	79	79	0.43
1964	1	1	1	0.01
1965	1	1	1	0.01
1967	1	1	1	0.01
1968	481	361	361	1.97
1969	408	333	329	1.79
1970	201	181	181	0.99
1971	230	225	225	1.23
1972	899	877	871	4.74
1973	133	102	102	0.56
1974	564	550	550	2.99
1975	237	184	174	0.95

Continúa.

Cuadro 5. Colectas por año en Maíz-CONABIO (continuación).

Año	Frecuencia muestra completa	Frecuencia con pasaporte básico	Frecuencia muestra final en modelos	Porcentaje muestra final en modelos
1976	120	98	98	0.53
1977	401	288	288	1.57
1978	384	282	282	1.54
1979	177	118	118	0.64
1980	21	3	3	0.02
1981	275	98	98	0.53
1982	242	114	104	0.57
1983	9	5	4	0.03
1984	2			
1997	152	152	152	0.83
1998	221	221	221	1.20
1999	307	299	299	1.63
2000	776	727	727	3.96
2001	75	75	75	0.41
2002	1609	1526	1522	8.29
2003	1104	774	774	4.21
2004	113	113	113	0.62
2005	563	419	385	2.10
2006	272	238	223	1.21
2007	1811	1310	1258	6.85
2008	1405	1372	1255	6.83
2009	3642	3514	3509	19.1
2010	660	654	644	3.51
Sin fecha	1945		1267	6.90
	22931	17378	18366	100.03

Cuadro 6. Frecuencia de colectas por clase altitudinal en Maíz-CONABIO

Altitud clasificada (msnm)	Muestra final usada	Porcentaje por clase
<500	4945	24.01
500-1000	2023	11.18
1000-1500	1940	10.72
1500-2000	4175	23.07
2000-2500	4521	24.98
2500-3000	1094	6.04

Cuadro 7. Épocas de colecta (clases) utilizadas para los modelos de distribución.

Época (clase)	Número de colectas	Nombre de clase
1943-1954	1,878	1950
1968-1979	3,568	1975
1997-2010	11,151	2005
Sin fecha de colecta	1,266	--
Fuera de definiciones de época	485	--
Total de colectas empleadas en modelos por época	16,601	--
Total de colectas para modelos sin época	18,348	Sin época

Cuadro 8. Colectas por época para las razas en Maíz-CONABIO.

Frequency	1950	1975	2005	Sin fecha*	Gran total
Ancho	4	45	245	27	321
Apachito	0	19	46	0	65
Arrocillo Amarillo	34	156	108	13	311
Azul	1	6	85	1	93
Bofo	36	55	326	11	428
Bolita	47	117	349	17	530
Cacahuacintle	9	14	32	9	64
Celaya	180	319	269	137	905
Chalqueño	80	169	181	180	610
Chapalote	2	18	10	0	30
Chiquito	7	8	46	1	62
Comiteco	48	74	1115	42	1279
Complejo Serrano de Jalisco	13	0	2	3	18
Conejo	32	8	65	6	111
Cónico	195	589	641	521	1946
Cónico Norteño	193	277	570	125	1165
Coscomatepec	9	67	42	0	118
Cristalino de Chihuahua	9	99	197	4	309
Dulcillo del Noroeste	2	26	4	3	35
Dzit Bacal	30	39	34	5	108
Elotero de Sinaloa	2	1	70	1	74
Elotes Cónicos	40	104	334	85	563
Gordo	2	12	55	0	69
Jala	23	10	7	0	40
Maíz Blando de Sonora	1	23	15	3	42
Maíz Dulce	8	12	33	3	56
Mushito	32	43	324	72	471
Nal-Tel	39	51	41	6	137
Olotillo	73	72	939	8	1092
Olotón	11	59	513	8	591
Onaveño	9	30	34	12	85
Palomero Toluqueño	20	9	11	10	50
Pepitilla	26	40	167	70	303
Ratón	29	62	313	35	439

Continúa.

Cuadro 8. Colectas por época para las razas en Maíz-CONABIO (continuación).

Frequency	1950	1975	2005	Sin fecha*	Gran total
Reventador	16	32	37	0	85
Serrano Mixe	0	0	37	2	39
Tablilla de Ocho	7	14	13	8	42
Tabloncillo	101	72	336	87	596
Tabloncillo Perla	45	90	49	14	198
Tehua	8	4	31	0	43
Tepecintle	23	62	420	9	514
Tuxpeño	247	516	2489	149	3401
Tuxpeño Norteño	87	38	148	31	304
Vandeño	47	31	215	15	308
Zamorano Amarillo	16	17	29	15	77
Zapalote Chico	18	38	79	3	138
Zapalote Grande	17	21	45	0	83
Total	1878	3568	11,151	1751	18,348
Número de razas					
Total	45	45	47		47
Con más que 5 muestras	38	42	45		47

*La columna sin fecha también incluye las colectas con fecha pero fuera de las definiciones usadas para segmentar la base de datos por épocas.

Cuadro 9. Colectas por época para los estados en Maíz-CONABIO.

Estado	1950	1975	2005
Aguascalientes	36	49	41
Baja California Sur	6	0	12
Campeche	20	12	144
Chiapas	140	388	2774
Chihuahua	69	194	721
Coahuila	51	0	98
Colima	15	3	23
Distrito Federal	2	0	53
Durango	72	162	153
Guanajuato	88	238	224
Guerrero	130	88	463
Hidalgo	37	144	291
Jalisco	188	249	250
México	174	111	266
Michoacán	115	73	603
Morelos	7	29	383
Nayarit	113	127	185
Nuevo León	0	38	162
Oaxaca	122	314	1845
Puebla	133	316	184
Querétaro	32	32	59
Quintana Ro	2	122	142
San Luis Potosí	113	0	196
Sinaloa	3	122	170
Sonora	0	90	86
Tabasco	2	24	39
Tamaulipas	19	16	335
Tlaxcala	5	204	254
Veracruz	93	337	710
Yucatan	44	6	173
Zacatecas	48	91	165
Total	1879	3579	11157

Cuadro 10. Razas clasificadas por frecuencia absoluta y distribución en Maíz-CONABIO.

Frecuencia en muestra	Razas	Distribución	Cambio aparente en la distribución 1950 - 2005*
Muy Comunes	Celaya	Amplia	Aumento
	Cónico	Amplia	Estable
	Cónico Norteño	Amplia	Aumento
	Olotillo	Amplia	Estable
	Tuxpeño	Amplia	Estable
Comunes	Ancho	Intermedia	Aumento*
	Arrocillo Amarillo	Restringida	Estable
	Bofo	Restringida	Estable
	Bolita	Amplia	Estable
	Chalqueño	Amplia	Disminución
	Comiteco	Intermedia	Estable
	Conejo	Intermedia	Estable
	Coscomatepec	Restringida	Estable
	Cristalino de Chihuahua	Restringida	Estable*
	Dzit-Bacal	Intermedia	Estable
	Elotes Cónicos	Amplia	Estable
	Mushito	Intermedia	Estable
	Nal-Tel	Amplia	Disminución
	Olotón	Restringida	Estable
	Pepitilla	Intermedia	Estable
	Ratón	Amplia	Estable
	Tabloncillo	Amplia	Estable
	Tabloncillo Perla	Amplia	Estable
	Tepecintle	Intermedia	Estable
	Tuxpeño Norteño	Amplia	Estable
Vandéño	Amplia	Estable	
Zapalote Chico	Restringida	Disminución	
Raras	Apachito	Restringida	Estable*
	Azul	Restringida	Aumento*
	Cacahuacintle	Intermedia	Estable
	Chiquito	Intermedia	Estable
	Elotero de Sinaloa	Intermedia	Aumento
	Gordo	Intermedia	Estable
	Maíz Dulce	Restringida	Aumento
	Onaveño	Intermedia	Aumento (?)
	Reventador	Amplia	Aumento (?)
	Zamorano Amarillo	Restringida	Estable
	Zapalote Grande	Intermedia	Aumento (?)

Continua.

Cuadro 10. Razas clasificadas por frecuencia y su distribución en Maíz-CONABIO (continuación).

Frecuencia en muestra	Razas	Distribución	Cambio aparente en la distribución 1950 - 2005*
Muy Raras	Chapalote	Restringida	Disminución
	Complejo Serrano de Jalisco	Restringida	Incierto
	Dulcillo del Noroeste	Intermedia	Disminución*
	Jala	Restringida	Disminución
	Maíz Blando de Sonora	Intermedia	Estable*
	Palomero Toluqueño	Restringida	Disminución
	Serrano Mixe	Restringida	Sin muestras previas
	Tablilla de Ocho	Intermedia	Estable (?)
	Tehua	Restringida	Incierto

Notas: Muy comunes = más que 600 colectas (sin considerar época); comunes = entre 100 y 600 colectas; raras = entre 50 y 100 colectas; muy raras = menos que 50 colectas.

Distribución amplia = tres estados o más con presencia importante; distribución intermedia = uno o dos estados con presencia significativa; distribución restringida = en una región reducida de uno o dos estados.

Cambio 1950 (1975) - 2005: Comparación cualitativa entre muestras entre época 1950 y 2005, el asterisco indica que se hizo entre 1975 y 2005 porque la raza no estaba definida en 1950.

NB: se hizo una excepción en la definición para la frecuencia de Comiteco, aunque tiene más que 1000 muestras tiene distribución intermedia y la cantidad de ejemplares es producto de una muestra grande para Chiapas.

*Algunas razas no estaban definidas en 1950, por lo que se compara la distribución 1975 con la 2005 cuando se señala.

Cuadro 11. Número de estados para las distintas clases de frecuencia de las razas en Maíz-CONABIO (ver Apéndice 1).

Raza	Endémica	Centro	Centro_c	Presente	Ocasional	Incidental	Total
Ancho	0	0	3	0	1	7	11
Apachito	1	0	0	0	0	1	2
Arrocillo Amarillo	0	0	2	0	2	6	10
Azul	1	0	0	0	0	3	4
Bofo	0	0	3	0	3	12	18
Bolita	0	1	0	0	0	14	15
Cacahuacintle	0	0	3	0	1	5	9
Celaya	0	0	2	0	3	17	22
Chalqueño	0	0	4	0	0	13	17
Chapalote	0	0	2	1	0	0	3
Chiquito	1	0	0	1	0	1	3
Comiteco	1	0	0	0	0	2	3
Complejo Serrano de Jalisco	1	0	0	0	0	0	1
Conejo	0	1	0	1	1	7	10
Cónico	0	0	3	0	2	15	20
Cónico Norteño	0	0	4	0	2	9	15
Coscomatepec	1	0	0	0	0	2	3
Cristalino de Chihuahua	1	0	0	0	0	3	4
Dulcillo del Noroeste	0	0	2	1	2	0	5
Dzit Bacal	0	0	3	0	0	4	7
Elotero de Sinaloa	0	0	3	0	2	0	5
Elotes Cónicos	0	0	3	0	5	10	18
Gordo	1	0	0	1	1	0	3
Jala	0	1	0	1	1	1	4
Maíz Blando de Sonora	0	0	2	1	0	2	5
Maíz Dulce	0	1	0	3	2	1	7

Continúa.

Cuadro 11. Número de estados para las distintas clases de frecuencia de las razas en Maíz-CONABIO (continuación).

Raza	Endémica	Centro	Centro_c	Presente	Ocasional	Incidental	Total
Mushito	0	0	2	0	0	10	12
Nal-Tel	0	0	3	1	1	5	10
Olotillo	0	0	2	2	1	16	21
Olotón	0	1	0	1	0	5	7
Onaveño	0	1	0	2	1	5	9
Palomero Toluqueño	0	1	0	2	1	3	7
Pepitilla	0	0	2	0	1	11	14
Ratón	0	0	5	0	1	10	16
Reventador	0	0	4	1	0	3	8
Serrano Mixe	1	0	0	0	0	0	1
Tablilla de Ocho	0	0	2	2	0	4	8
Tabloncillo	0	0	3	0	1	15	19
Tabloncillo Perla	0	0	4	0	2	3	9
Tehua	1	0	0	0	0	2	3
Tepecintle	0	1	0	2	1	6	10
Tuxpeño	0	0	2	0	3	23	28
Tuxpeño Norteño	0	0	3	0	1	11	15
Vandeño	0	0	4	0	1	10	15
Zamorano Amarillo	0	0	2	0	0	1	3
Zapalote Chico	0	1	0	1	0	2	4
Zapalote Grande	0	0	2	0	1	4	7
Totales	10	9	79	24	44	284	450

Endémica son las razas que tienen más que 90% de sus colectas en un solo estado, Centro (de distribución) son las razas que tienen más que 50% de sus colectas en un solo estado, Centro_c (compartido de distribución) son las razas en las que el 50% o más de la distribución se encuentra en dos o más estados, Presente es cuando el estado tiene entre 10 y 50% de la frecuencia de la raza, Ocasional es cuando entre 5 y 10% se encuentra en estado e Incidental es cuando la frecuencia es menos que 5% del total.

Cuadro 12. Número de estados con presencia de las razas para distintas clases de frecuencia en Maíz-CONABIO (ver Apéndice 1 para detalles).

Frecuencia clasificada	Total	Presencia común	Presencia incidental y ocasional
Ancho	11	3	8
Apachito	2	1	1
Arrocillo Amarillo	10	2	8
Azul	4	1	3
Bofo	18	3	15
Bolita	15	1	14
Cacahuacintle	9	3	6
Celaya	22	2	20
Chalqueño	17	4	13
Chapalote	3	3	0
Chiquito	3	2	1
Comiteco	3	1	2
Complejo Serrano de Jalisco	1	1	0
Conejo	10	2	8
Cónico	3	1	2
Cónico Norteño	4	1	3
Coscomatepec	20	3	17
Cristalino de Chihuahua	15	4	11
Dulcillo del Noroeste	5	3	2
Dzit Bacal	7	3	4
Elotero de Sinaloa	5	3	2
Elotes Cónicos	18	3	15
Gordo	3	2	1
Jala	4	2	2
Maíz Blando de Sonora	5	3	2
Maíz Dulce	7	4	3
Mushito	12	2	10
Nal-Tel	10	4	6
Olotillo	21	4	17
Olotón	7	2	5
Onaveño	9	3	6
Palomero Toluqueño	7	3	4
Pepitilla	14	2	12
Ratón	16	5	11

Continúa

Cuadro 12. Número de estados con presencia de las razas para distintas clases de frecuencia en Maíz-CONABIO (ver Apéndice 1 para detalles, continuación).

Frecuencia clasificada	Total	Presencia común	Presencia incidental y ocasional
Reventador	8	5	3
Serrano Mixe	1	1	0
Tablilla de Ocho	8	4	4
Tabloncillo	19	3	16
Tabloncillo Perla	9	4	5
Tehua	3	1	2
Tepecintle	10	3	7
Tuxpeño	28	2	26
Tuxpeño Norteño	15	3	12
Vandéño	15	4	11
Zamorano Amarillo	3	2	1
Zapalote Chico	4	2	2
Zapalote Grande	7	2	5
Promedios	9.6	2.6	7.0

Presencia común es $\leq 10\%$ del total de colectas de la raza, presencia incidental es $< 10\%$.

Cuadro 13. Número de razas por estado en las distintas clases de frecuencia en Maíz-CONABIO (ver Apéndice 1 para detalles).

Estado	Endemica	Centro	Centro_c	Presente	Ocasional	Incidental	Total de razas
Aguascalientes	0	0	0	0	1	11	12
Baja California	0	0	0	0	0	6	6
Campeche	0	0	1	1	0	4	6
Chiapas	2	1	4	3	1	10	21
Chihuahua	4	0	4	1	2	12	23
Coahuila	0	0	2	7	0	0	9
Colima	0	0	0	0	2	7	9
Distrito Federal	0	0	0	0	1	5	6
Durango	0	0	1	1	5	18	25
Guanajuato	0	0	2	1	2	12	17
Guerrero	0	1	4	1	2	12	20
Hidalgo	0	0	0	0	4	13	17
Jalisco	1	0	6	3	3	13	26
México	0	1	4	0	0	13	18
Michoacán	0	1	7	2	6	10	26
Morelos	0	0	4	0	0	12	16
Nayarit	0	1	4	3	2	8	18
Nuevo León	0	0	1	0	0	5	6
Oaxaca	2	3	4	1	6	7	23
Puebla	0	0	5	1	0	12	18
Querétaro	0	0	0	10	0	0	10
Quintana Ro	0	0	2	0	1	4	7
San Luis Potosí	0	0	0	1	1	13	15
Sinaloa	0	0	7	0	1	7	15
Sonora	0	1	5	1	1	4	12
Tabasco	0	0	0	0	0	8	8
Tamaulipas	0	0	2	0	1	4	7
Tlaxcala	0	0	4	0	1	2	7
Veracruz	1	0	3	2	1	18	25
Yucatan	0	0	2	0	0	6	8
Zacatecas	0	0	1	2	0	11	14
Sumas	10	9	79	41	44	267	450

Ver Cuadro 10 y Apéndice 1 para detalles.

Cuadro 14. Número de razas por estado en las distintas clases de frecuencia en Maíz-CONABIO (ver Apéndice 1 para detalles).

Estado	Total de razas	Presencia endémica o común	Presencia incidental y ocasional
Aguascalientes	12	0	12
Baja California Sur	6	0	6
Campeche	6	2	4
Chiapas	21	10	11
Chihuahua	23	9	14
Coahuila	9	9	0
Colima	9	0	9
Distrito Federal	6	0	6
Durango	25	2	23
Guanajuato	17	3	14
Guerrero	20	6	14
Hidalgo	17	0	17
Jalisco	26	10	16
México	18	5	13
Michoacán	26	10	16
Morelos	16	4	12
Nayarit	18	8	10
Nuevo León	6	1	5
Oaxaca	23	10	13
Puebla	18	6	12
Querétaro	10	10	0
Quintana Roo	7	2	5
San Luis Potosí	15	1	14
Sinaloa	15	7	8
Sonora	12	7	5
Tabasco	8	0	8
Tamaulipas	7	2	5
Tlaxcala	7	4	3
Veracruz	25	6	19
Yucatan	8	2	6
Zacatecas	14	3	11
Promedio nacional	14.5	4.5	10.0

Presencia común es $\leq 10\%$ del total de colectas de la raza, presencia incidental es $< 10\%$.

Cuadro 15. Estados centro de la distribución de las razas de maíz en Maíz-CONABIO.

Raza	Estado(s)	Frecuencia acumulada (%)
Ancho	Guerrero, Jalisco y Morelos	84.7
Apachito	Chihuahua	98.5
Arrocillo Amarillo	Puebla y Veracruz	81.0
Azul	Chihuahua	96.8
Bofo	Guerrero, Jalisco y Morelos	60.1
Bolita	Oaxaca	79.3
Cacahuacintle	México, Michoacán, Puebla y Tlaxcala	73.4
Celaya	Guanajuato y Jalisco	51.1
Chalqueño	México, Michoacán, Puebla y Tlaxcala	74.3
Chapalote	Sinaloa y Sonora	100.0
Chiquito	Oaxaca	98.4
Comiteco	Chiapas	95.8
Complejo Serrano de Jalisco	Jalisco	100.0
Conejo	Guerrero	58.6
Cónico	México, Puebla y Tlaxcala	68.0
Cónico Norteño	Chihuahua, Durango, Guanajuato y Zacatecas	75.1
Coscomatepec	Veracruz	94.9
Cristalino de Chihuahua	Chihuahua	97.1
Dulcillo del Noroeste	Sinaloa y Sonora	71.4
Dzit-Bacal	Campeche, Quintana Roo y Yucatán	87.0
Elotero de Sinaloa	Michoacán, Nayarit y Sinaloa	85.1
Elotes Cónicos	México, Puebla y Tlaxcala	49.4
Gordo	Chihuahua	84.1
Jala	Nayarit	82.5
Maíz Blando de Sonora	Sinaloa y Sonora	81.0
Maíz Dulce	Michoacán	51.8
Mushito	Michoacán y Oaxaca	90.1
Nal-Tel	Oaxaca, Quintana Roo y Yucatán	75.9
Olotillo	Chiapas y Oaxaca	50.8
Olotón	Chiapas	79.0
Onaveño	Sonora	55.3
Palomero Toluqueño	México	52.0
Pepitilla	Guerrero y Morelos	72.6

Notas: Se consideró centro de la distribución el o los estados con más que 50% de la muestra sin considerar la época de colecta. La frecuencia acumulada relativa (%) es la fracción del o los estados con respecto al total de muestra de la raza.

(Continúa).

Cuadro 15. Estados centro de la distribución de las razas de maíz en Maíz-CONABIO (continuación).

Raza	Estado(s)	Frecuencia acumulada (%)
Ratón	Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Veracruz	81.3
Reventador	Michoacán, Nayarit, Sinaloa y Sonora	85.9
Serrano Mixe	Oaxaca	100.0
Tablilla de Ocho	Chihuahua y Jalisco	57.1
Tabloncillo	Jalisco, Nayarit y Sinaloa	74.0
Tabloncillo Perla	Michoacán, Nayarit, Sinaloa y Sonora	79.3
Tehua	Chiapas	95.4
Tepecintle	Oaxaca	61.7
Tuxpeño	Veracruz (Costa del Golfo) ^{*2} , Chiapas, no bien definido	48.5
Tuxpeño Norteño	Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas	78.6
Vandéño	Chiapas, Guerrero, Michoacán y Morelos	71.1
Zamorano Amarillo	Jalisco y Michoacán	64.9
Zapalote Chico	Oaxaca	87.7
Zapalote Grande	Chiapas y Oaxaca	83.1
Todas	Promedio de frecuencia relativa para estados propuestos	77.4

Notas: Se consideró centro de la distribución el o los estados con más que 50% de la muestra sin considerar la época de colecta. La frecuencia acumulada relativa (%) es la fracción del o los estados con respecto al total de muestra de la raza.

*2 Para Tuxpeño no hay un centro bien definido, se sabe que proviene de la costa del Golfo de México, probablemente Veracruz y posiblemente Tabasco.

Cuadro 16. Centros de distribución de las razas de maíz en Maíz-CONABIO con base en la proporción de colecta (ver Cuadro 15).

Centro de distribución	Tipo	Raza	Estados	
Chihuahua	Endémicas	Apachito	Chihuahua	
		Azul	Chihuahua	
		Cristalino de Chihuahua	Chihuahua	
		Gordo	Chihuahua	
Noroeste (Sinaloa y Sonora)	Endémicas	Chapalote	Sinaloa y Sonora	
		Dulcillo del Noroeste	Sinaloa y Sonora	
		Maíz Blando de Sonora	Sinaloa y Sonora	
	Centro único	Onaveño	Sonora	
		Centro compartido	Elotero de Sinaloa	Sinaloa, Sonora, Michoacán y Nayarit
			Tabloncillo Perla	Sinaloa, Sonora, Michoacán y Nayarit
		Reventador	Sinaloa, Sonora, Michoacán y Nayarit	
Centro Occidente (Jalisco, Michoacán y Guerrero)	Endémica	Complejo Serrano de Jalisco	Jalisco	
	Centro único	Conejo	Guerrero	
		Maíz Dulce	Michoacán	
		Zamorano Amarillo	Jalisco y Michoacán	
	Centro compartido	Ancho	Guerrero, Jalisco y Morelos	
		Bofo	Guerrero, Jalisco y Morelos	
		Celaya	Jalisco y Guanajuato	
		Mushito	Michoacán y Oaxaca	
		Pepitilla	Guerrero y Morelos	
		Tablilla de Ocho	Jalisco y Chihuahua	
Tabloncillo		Jalisco, Nayarit y Sinaloa		
Vandéño	Guerrero, Michoacán, Chiapas y Morelos			

Nota: se consideró centro único cuando la distribución esta solo en los estados descritos como Centro de Distribución.

(Continúa)

Cuadro 16. Centros de distribución de las razas de maíz en Maíz-CONABIO (continuación).

Centro de distribución	Tipo	Raza	Estados
Centro Este (México, Puebla y Tlaxcala)	Centro único	Cacahuacintle	México, Puebla y Tlaxcala
		Cónico	México, Puebla y Tlaxcala
		Elotes Cónicos	México, Puebla y Tlaxcala
	Centro compartido	Palomero Toluqueño Arrocillo Amarillo Chalqueño	México Puebla y Veracruz México, Puebla, Tlaxcala y Michoacán
Oaxaca	Endémica	Chiquito	Oaxaca
		Serrano Mixe	Oaxaca
		Zapalote Chico	Oaxaca
	Centro único	Bolita	Oaxaca
		Tepecintle	Oaxaca
	Centro compartido	Nal Tel	Oaxaca, Yucatán y Quintana Roo
		Mushito Olotillo Zapalote Grande	Oaxaca y Michoacán Oaxaca y Chiapas Oaxaca y Chiapas
Chiapas	Endémica	Comiteco	Chiapas
		Tehua	Chiapas
		Olotón	Chiapas
Casos especiales		Dzit-Bacal	Yucatán, Campeche y Quintana Roo
		Cónico Norteño	Chihuahua, Durango, Guanajuato y Zacatecas
		Coscomatepec	Veracruz
		Jala	Nayarit
		Ratón	Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas
	Tuxpeño	Veracruz, no bien definido*	

Cuadro 17. Comentarios a los modelos de distribución de las razas.

Raza	1950	1975	2005	Sin Época	Comentario general	Requiere revisión
Ancho	No descrita	√	√	√	Incremento.	No
Apachito	No descrita	√	√	√	Estable.	No
Arrocillo Amarillo	√	√	Incierto	√	Incremento. Convendría revisar clasificación de muestras del 2000 que se encuentran fuera de distribución original (1950 y 1975).	No
Azul	Problema	√	√	√	Muestra fuera de lugar en 1950, poco importante porque no tiene efecto en distribución general.	No
Bofo	√	√	√	√	Estable	No
Bolita	√	√	√	√	Estable, algunas muestras hacia el norte posiblemente por mejorados.	No
Cacahuacintle	√	√	√	√	Estable	No
Celaya	√	√	√	√	Estable, con expansión al norte posiblemente por mejorados.	No
Chalqueño	√	√	√	√	Decremento aparente, convendría revisarse pero no parece crítico, posiblemente artefacto de los modelos anteriores porque el modelo sin época es similar al 2000..	No
Chapalote	Poca muestra	√	Incierto	Incierto	Muy poca muestra en 1950 y 2000, distribución sin época refleja muestra de 1975. Requiere revisarse si es tan escaso y restringida su distribución (modelo 2000).	<i>Si</i>
Chiquito	√	√	√	√	Estable	No
Comiteco	√	√	√	√	Muestra de 2000 en Oaxaca conviene revisarse (afecta muy poco modelo general).	No

Continúa.

Cuadro 17. Comentarios a los modelos de distribución de las razas (continuación).

Raza	1950	1975	2005	Sin Época	Comentario general	Requiere revisión
Complejo Serrano de Jalisco	√	Sin muestra	√	√	Muy escaso, incierto si es tan raro y con extensión tan restringida. Modelo sin época aparentemente correcto, aunque requiere revisarse como raza si es tan raro.	No
Conejo	√	Incierto	√	√	Estable, modelo de 1975 poco confiable. La colecta de 1950 y 1975 tiene muestras posiblemente mal identificadas en el norte.	No
Cónico	√	√	√	√	Estable.	No
Cónico Norteño	√	√	√	√	Estable.	No
Coscomatepec	√	√	√	√	Estable.	No
Cristalino de Chihuahua	Poca muestra	√	√	√	Estable.	No
Cubano Amarillo	Sin muestra	√	√	√	Estable, no es raza mexicana.	No
Dulcillo del Noroeste	Poca muestra	√	Incierto	Incierto	Decremento importante, requiere revisión.	Si
Dzit-Bacal	√	√	√	√	Estable.	No
Elotero de Sinaloa	√	√	Incierto	Incierto	Incremento aparente, mucha muestra en 2000 hace que distribución aparezca muy amplia cuando antes no era así.	Si
Elotes Cónicos	√	√	√	√	Estable.	No
Gordo	√	√	√	√	Estable.	No
Jala	√	√	√	√	Estable pero muy escaso.	No
Maíz Blando de Sonora	No descrita	√	√	√	Presencia en Nayarit requiere revisarse, pero posible.	No
Maíz Dulce	√	Incierto	√	Problema	Distribución sin época demasiado amplia, modelo de 2000 aparentemente mejor. Muestras en 1975 mal clasificadas. Requiere revisarse.	Si

Continúa.

Cuadro 17. Comentarios a los modelos de distribución de las razas (continuación).

Raza	1950	1975	2005	Sin Época	Comentario general	Requiere revisión
Mushito	Incierto	√	√	√	Estable. Contrasta distribución de 1950 con posteriores. Ausencia en Guerrero requiere verificación.	No
Nal-Tel	√	√	√	Problema	Disminución, concentración en Península de Yucatán. Distribución sin época parece más amplia que lo que sugiere el decremento en el modelo de 2000. Modelo sin época requiere ajuste.	No
Olotillo	√	Incierto	√	√	Estable. Modelo de 1975 con distribución restringida a Chiapas.	No
Olotón	√	√	√	√	Estable. Distribución 1975 más amplia.	No
Onaveño	√	√	Problema	Problema	Estable pero muy escaso.	Si
Palomero Toluqueño	√	√	√	Incierto	Modelo sin época posible sobre predicción. Palomero de Chihuahua y Palomero de Jalisco presentaron muy poca muestra y convendría revisar si se mantienen como raza.	No
Pepitilla	√	√	√	√	Estable.	No
Ratón	√	√	√	√	Estable.	No
Reventador	Incierto	Incierto	√	√	Estable. Distribución 1950 y 1975 aparentemente complementarias y concordantes con distribución 2000.	No
Serrano Mixe	Sin muestra	Sin muestra	√	√	Requiere revisarse estatus como raza.	No
Tablilla de Ocho	√	√	Problema	Problema	Incierto, casi no hay muestras en región original. Requiere revisarse si hay problema de clasificación en distribución en el norte. Modelo general aparentemente sobre predicción.	Si

Continúa.

Cuadro 17. Comentarios a los modelos de distribución de las razas (continuación).

Raza	1950	1975	2005	Sin Época	Comentario general	Requiere revisión
Tabloncillo	√	Incierto	√	√	Incremento aparente, modelo de 1975 aparentemente sobreextendido. Convendría revisar clasificación en muestras del noroeste.	No
Tabloncillo Perla	√	Incierto	Incierto	Incierto	Distribución en 1975 y 2000 no coinciden, requiere verificación. Estable o incremento.	Si
Tehua	√	√	√	√	Extremadamente raro, posiblemente en peligro de extinción. Convendría conocer si existen poblaciones estables.	No
Tepecintle	√	√	√	√	Estable.	No
Tuxpeño	√	√	√	√	Estable.	No
Tuxpeño Norteño	√	√	√	√	Estable	No
Vandeño	√	√	√	√	Estable	No
Zamorano Amarillo	√	√	√	√	Estable, distribución similar aunque sesgada en posición geográfica, posiblemente modelo sin época muy amplio.	No
Zapalote Chico	√	√	√	√	Estable (pequeño decremento)	No
Zapalote Grande	√	√	√	√	Estable (aparente incremento).	No

Notas para el Cuadro 17: √ = representa distribuciones plausibles, esto es, representa una distribución posible con base en lo conocido para la raza y la concordancia entre épocas. Distribución "*Incierta*" es una distribución que con base en los datos conocidos, los modelos por época y/o la revisión de expertos presenta problemas y convendría revisar, pero no es necesariamente falsa. Una distribución "*problema*" es aquella en la cual con base en los datos conocidos, los modelos y/o la revisión por expertos presenta discrepancias y un modelo poco confiable. Requiere revisión señala algún tipo de problema en los modelos de distribución, descrito en el comentario general y especificado para la época.

Cuadro 18. Provincias bioculturales para las razas de maíz en México en Maíz-CONABIO.

Provincia biogeográfica	Raza	Estados centro de la distribución
Cañones Chihuahuenses	Apachito	Chihuahua
	Azul	Chihuahua
	Cristalino de Chihuahua	Chihuahua
	Gordo	Chihuahua
Sierras del Noroeste	Chapalote	Sinaloa y Sonora
	Dulcillo del Noroeste	Sinaloa y Sonora
	Elotero de Sinaloa	Sinaloa, Sonora, Michoacán y Nayarit
	Maíz Blando de Sonora	Sinaloa y Sonora
	Onaveño	Sonora
	Reventador	Sinaloa, Sonora, Michoacán y Nayarit
	Tabloncillo Perla	Sinaloa, Sonora, Michoacán y Nayarit
Cordillera Costera de Occidente	Ancho	Guerrero, Jalisco y Morelos
	Bofo	Guerrero, Jalisco y Morelos
	Celaya	Jalisco y Guanajuato
	Complejo Serrano de Jalisco	Jalisco
	Conejo	Guerrero
	Maíz Dulce	Michoacán
	Mushito	Michoacán y Oaxaca
	Pepitilla	Guerrero y Morelos
	Tablilla de Ocho	Jalisco y Chihuahua
	Tabloncillo	Jalisco, Nayarit y Sinaloa
	Vandeño	Guerrero, Michoacán, Chiapas y Morelos
	Zamorano Amarillo	Jalisco y Michoacán
	Jala	Nayarit
Mesa Central	Arrocillo Amarillo	Puebla y Veracruz
	Cacahuacintle	México, Puebla y Tlaxcala
	Chalqueño	México, Puebla, Tlaxcala y Michoacán
	Cónico	México, Puebla y Tlaxcala
	Elotes Cónicos	México, Puebla y Tlaxcala
	Palomero Toluqueño	México

Continúa.

Cuadro 18. Provincias bioculturales para las razas de maíz en México en Maíz-CONABIO (continuación).

Provincia biogeográfica	Raza	Estados centro de la distribución
Complejo de Oaxaca	Bolita	Oaxaca
	Chiquito	Oaxaca
	Coscomatepec	Veracruz
	Nal Tel	Oaxaca, Yucatán y Quintana Roo
	Olotillo	Oaxaca y Chiapas
	Serrano Mixe	Oaxaca
	Tepecintle	Oaxaca
	Zapalote Chico	Oaxaca
	Zapalote Grande	Oaxaca y Chiapas
Chiapas	Comiteco	Chiapas
	Olotón	Chiapas
	Tehua	Chiapas
Mesa del Norte	Cónico Norteño	Chihuahua, Durango, Guanajuato y Zacatecas
	Ratón	Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Veracruz
	Tuxpeño Norteño	Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas
Península de Yucatán	Dzit-Bacal	Yucatán, Campeche y Quintana Roo
Planicies del Golfo	Tuxpeño	Veracruz y Chiapas
El Bajío	Celaya	ver bajo Cordillera Costera de Occidente
Baja California y Noroeste de Sonora	Ninguna	

Cuadro 19. Correspondencia entre los grupos de afinidad racial de Sánchez et al. (2000) y las Provincias bioculturales propuestas.

Raza	Grupo	Nombre en Sánchez et al.	Provincia Biogeográfica
Apachito	1a	Altiplano Central	Cañones Chihuahuenses
Arrocillo Amarillo	1a	Altiplano Central	Mesa Central
Chalqueño	1a	Altiplano Central	Mesa Central
Complejo Serrano de Jalisco	1a	Altiplano Central	Cordillera Costera de Occidente
Cónico	1a	Altiplano Central	Mesa Central
Cónico Norteño	1a	Altiplano Central	Mesa del Norte
Elotes Cónicos	1a	Altiplano Central	Mesa Central
Maíz Dulce	1a	Altiplano Central	Cordillera Costera de Occidente
Mushito	1a	Altiplano Central	Cordillera Costera de Occidente
Palomero Toluqueño	1a	Altiplano Central	Mesa Central
Azul	1b	Altiplano del Norte	Cañones Chihuahuenses
Cacahuacintle	1b	Altiplano del Norte	Mesa Central
Cristalino de Chihuahua	1b	Altiplano del Norte	Cañones Chihuahuenses
Gordo	1b	Altiplano del Norte	Cañones Chihuahuenses
Ancho	2	Ocho Hileras	Cordillera Costera de Occidente
Bofo	2	Ocho Hileras	Cordillera Costera de Occidente
Bolita	2	Ocho Hileras	Complejo de Oaxaca
Jala	2	Ocho Hileras	Cordillera Costera de Occidente
Maíz Blando de Sonora	2	Ocho Hileras	Sierras del Noroeste
Onaveño	2	Ocho Hileras	Sierras del Noroeste
Tablilla de Ocho	2	Ocho Hileras	Cordillera Costera de Occidente
Tabloncillo	2	Ocho Hileras	Cordillera Costera de Occidente
Tabloncillo Perla	2	Ocho Hileras	Sierras del Noroeste
Zamorano Amarillo	2	Ocho Hileras	Cordillera Costera de Occidente
Comiteco	3a1	Tropicales Tardíos Altitud Intermedia	Chiapas
Coscomatepec	3a1	Tropicales Tardíos Altitud Intermedia	Complejo de Oaxaca
Olotón	3a1	Tropicales Tardíos Altitud Intermedia	Chiapas
Tehua	3a1	Tropicales Tardíos Altitud Intermedia	Chiapas

Continúa.

Cuadro 19. Correspondencia entre los grupos de afinidad racial de Sánchez et al. (2000) y las Provincias bioculturales propuestas (continuación).

Raza	Grupo	Nombre en Sánchez et al.	Provincia Biogeográfica
Dzit Bacal	3a2	Tropicales Tardíos Altitud Baja	Península de Yucatán
Olotillo	3a2	Tropicales Tardíos Altitud Baja	Complejo de Oaxaca
Celaya	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia	Cordillera Costera de Occidente
Chiquito	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia	Complejo de Oaxaca
Pepitilla	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia	Cordillera Costera de Occidente
Tuxpeño	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia	Planicies del Golfo
Tuxpeño Norteño	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia	Mesa del Norte
Vandefío	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia	Cordillera Costera de Occidente
Conejo	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja	Cordillera Costera de Occidente
Nal-Tel	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja	Complejo de Oaxaca
Ratón	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja	Mesa del Norte
Tepecintle	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja	Complejo de Oaxaca
Zapalote Chico	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja	Complejo de Oaxaca
Zapalote Grande	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja	Complejo de Oaxaca
Chapalote	4	Chapalote	Sierras del Noroeste
Dulcillo del Noroeste	4	Chapalote	Sierras del Noroeste
Elotero de Sinaloa	4	Chapalote	Sierras del Noroeste
Reventador	4	Chapalote	Sierras del Noroeste
Serrano Mixe	5	No incluido	Complejo de Oaxaca

Cuadro 20. Correspondencia entre las Provincias bioculturales propuestas y los grupos de afinidad racial de Sánchez et al. (2000).

Raza	Provincia Biogeográfica	Grupo	Nombre en Sánchez et al.
Comiteco	Chiapas	3a1	Tropicales Tardíos Altitud Intermedia
Olotón	Chiapas	3a1	Tropicales Tardíos Altitud Intermedia
Tehua	Chiapas	3a1	Tropicales Tardíos Altitud Intermedia
Bolita	Complejo de Oaxaca	2	Ocho Hileras
Chiquito	Complejo de Oaxaca	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia
Coscomatepec	Complejo de Oaxaca	3a1	Tropicales Tardíos Altitud Intermedia
Nal-Tel	Complejo de Oaxaca	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja
Olotillo	Complejo de Oaxaca	3a2	Tropicales Tardíos Altitud Baja
Serrano Mixe	Complejo de Oaxaca	5	No incluido
Tepecintle	Complejo de Oaxaca	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja
Zapalote Chico	Complejo de Oaxaca	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja
Zapalote Grande	Complejo de Oaxaca	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja
Arrocillo Amarillo	Mesa Central	1a	Altiplano Central
Cacahuacintle	Mesa Central	1b	Altiplano del Norte
Chalqueño	Mesa Central	1a	Altiplano Central
Cónico	Mesa Central	1a	Altiplano Central
Elotes Cónicos	Mesa Central	1a	Altiplano Central
Palomero Toluqueño	Mesa Central	1a	Altiplano Central
Ancho	Cordillera Costera de Occidente	2	Ocho Hileras
Bofo	Cordillera Costera de Occidente	2	Ocho Hileras
Celaya	Cordillera Costera de Occidente	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia
Complejo Serrano de Jalisco	Cordillera Costera del Sur	1a	Altiplano Central
Conejo	Cordillera Costera de Occidente	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja

Continúa.

Cuadro 20. Correspondencia entre las Provincias bioculturales propuestas y los grupos de afinidad racial de Sánchez et al. (2000) continuación.

Raza	Provincia Biogeográfica	Grupo	Nombre en Sánchez et al.
Jala	Cordillera Costera de Occidente	2	Ocho Hileras
Maíz Dulce	Cordillera Costera de Occidente	1a	Altiplano Central
Mushito	Cordillera Costera de Occidente	1a	Altiplano Central
Pepitilla	Cordillera Costera de Occidente	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia
Tablilla de Ocho	Cordillera Costera de Occidente	2	Ocho Hileras
Tabloncillo	Cordillera Costera de Occidente	2	Ocho Hileras
Vandeño	Cordillera Costera de Occidente	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia
Zamorano Amarillo	Cordillera Costera del Sur	2	Ocho Hileras
Chapalote	Sierras del Noroeste	4	Chapalote
Dulcillo del Noroeste	Sierras del Noroeste	4	Chapalote
Elotero de Sinaloa	Sierras del Noroeste	4	Chapalote
Maíz Blando de Sonora	Sierras del Noroeste	2	Ocho Hileras
Onaveño	Sierras del Noroeste	2	Ocho Hileras
Reventador	Sierras del Noroeste	4	Chapalote
Tabloncillo Perla	Sierras del Noroeste	2	Ocho Hileras
Apachito	Cañones Chihuahuenses	1a	Altiplano Central
Azul	Cañones Chihuahuenses	1b	Altiplano del Norte
Cristalino de Chihuahua	Cañones Chihuahuenses	1b	Altiplano del Norte
Gordo	Cañones Chihuahuenses	1b	Altiplano del Norte
Cónico Norteño	Mesa del Norte	1a	Altiplano Central
Ratón	Mesa del Norte	3b2	Tropicales Dentados Altitud Baja
Tuxpeño Norteño	Mesa del Norte	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia
Tuxpeño	Planicies del Golfo	3b1	Tropicales Dentados Altitud Baja a Intermedia
Dzit Bacal	Península de Yucatán	3a2	Tropicales Tardíos Altitud Baja

Cuadro 21. Subprovincias principales en las que se distribuyen los centros de diversidad para el maíz en México, siguiendo clasificación de INIEGI (2010).

Centro de diversidad	Estados	Provincia	Subprovincia
I. Chiapas	Chiapas	Sierras de Chiapas y Guatemala	Altos de Chiapas
		Cordillera Centroamericana	Depresión Central Sierras del Sur
II. Oaxaca	Oaxaca y sur de Guerrero	Sierra Madre del Sur	Cordillera Costera del Sur
	Oaxaca		Mixteca Alta Sierras Central de Oaxaca Sierras Orientales
III. Centro Oriente	Oriente de México, Tlaxcala y norte de Puebla	Eje Neovolcánico	Lagos y Volcanes del Anahuac
IV. Centro Occidente	Michoacán y Guerrero (este de México)	Sierra Madre del Sur	Depresión del Balsas
	Jalisco y Michoacán	Eje Neovolcánico	Cordillera Costera del Sur Sierras de la Costa de Jalisco y Colima Sierras de Jalisco Altos de Jalisco Sierras y Bajíos Michoacáños
	Jalisco		Mesetas y Cañadas del Sur
V. Noreste	Sur de Sonora y norte de Sinaloa	Sierra Madre Occidental	Pie de Sierra
	Sonora y Sinaloa		Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses Sierras y Valles del Norte Gran Meseta y Cañadas Duranguenses
VI. Chihuahua	Sonora	Sierra Madre Occidental	Sierra y Llanuras Tarahumaras
	Sonora		Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses

Cuadro 22. Razas de maíz en peligro de extinción (siguiendo lista de razas para México de Ron *et al.* 2006).

Raza	Descripción	Colecta			
		1950	1975	2005	Total
Sin modelos por poca muestra					
Choapaneco	Benz 1986	0	0	0	5
Harinoso de Ocho	Wellhausen et al. 1951	1	0	1	2
Mixeño	Benz 1986	0	10	0	11
Mixteco	Benz 1986	0	0	0	4
Motuzinteco	Sánchez 1989	0	4	0	5
Mountain Yellow	Anderson 1946	4	0	1	5
Negríto	No descrita formalmente	2	0	6	8
Negro de Chimaltenango	No descrita para México (para Guatemala en Wellhausen et al. 1957)	1	1	0	2
Palomero de Chihuahua	Ortega 1985	0	4	2	6
Palomero de Jalisco	No descrita formalmente	3	0	0	3
Con modelos y muy poca muestra en 2005					
Chapalote	Wellhausen et al. 1951	2	18	10	30
Complejo Serrano de Jalisco	Wellhausen et al. 1951, Benz 1986	13	0	2	18
Dulcillo del Noroeste	Wellhausen et al. 1951, Sánchez 1989	2	26	4	35
Jala	Wellhausen et al. 1951	23	10	7	40
Maíz Blando de Sonora	Wellhausen et al. 1951, Sánchez 1989	1	23	15	42
Palomero Toluqueño	Wellhausen et al. 1951	20	9	11	50
Tablilla de Ocho	Hernández y Alanís 1970	7	14	13	42
Total de muestras en época		1,889	3,599	11,394	

Nota: Total incluye colectas sin fecha.

Apéndice 1. Estados en que se encuentran las razas de maíz y clasificación de su frecuencia presente en la muestra.

Categorías	Definición empleada (% del total de la muestra de la raza)
Endémica	Más que 90%
Centro (de distribución)	Más que 50%
Centro_c (de distribución)	Dos o más estados más que 50% (“centro compartido”)
Presente	Entre 10 y 50%
Ocasional	Entre 5 y 10%
Incidental	Menos que 5%

Ancho

Guerrero	Centro_c
Jalisco	Centro_c
Morelos	Centro_c
Michoacán	Ocasional
Distrito Federal	Incidental
Guanajuato	Incidental
Hidalgo	Incidental
México	Incidental
Oaxaca	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Veracruz	Incidental

Apachito

Chihuahua	Endémica
Durango	Incidental

Arrocillo Amarillo

Puebla	Centros_c
Veracruz	Centros_c
Michoacán	Ocasional
Oaxaca	Ocasional
Chiapas	Incidental
Hidalgo	Incidental
Jalisco	Incidental
México	Incidental
Morelos	Incidental
Tlaxcala	Incidental

Azul

Chihuahua	Endémica
Durango	Incidental
México	Incidental
Michoacán	Incidental

Bofo

Guerrero	Centro_c
Jalisco	Centro_c
Morelos	Centro_c
Guanajuato	Ocasional
Michoacán	Ocasional
Nayarit	Ocasional
Aguascalientes	Incidental
Chiapas	Incidental
Chihuahua	Incidental
Colima	Incidental
Durango	Incidental
Hidalgo	Incidental
México	Incidental
Oaxaca	Incidental
Querétaro	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Sinaloa	Incidental
Zacatecas	Incidental

Bolita

Oaxaca	Centro
Aguascalientes	Incidental
Chiapas	Incidental
Chihuahua	Incidental
Durango	Incidental
Guanajuato	Incidental
Guerrero	Incidental
Hidalgo	Incidental
Jalisco	Incidental
México	Incidental
Michoacán	Incidental
Morelos	Incidental
Puebla	Incidental
Veracruz	Incidental
Zacatecas	Incidental

Cacahuacintle

México	Centro_c
Puebla	Centro_c
Tlaxcala	Centro_c
Hidalgo	Ocasional
Distrito Federal	Incidental
Michoacán	Incidental
Morelos	Incidental
Chihuahua	Incidental
Veracruz	Incidental

Celaya

Guanajuato	Centro_c
Jalisco	Centro_c
Chihuahua	Ocasional
Guerrero	Ocasional
Michoacán	Ocasional
Aguascalientes	Incidental
Chiapas	Incidental
Coahuila	Incidental
Durango	Incidental
Hidalgo	Incidental
México	Incidental
Morelos	Incidental
Nayarit	Incidental
Oaxaca	Incidental
Puebla	Incidental
Querétaro	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Sinaloa	Incidental
Sonora	Incidental
Tlaxcala	Incidental
Veracruz	Incidental
Zacatecas	Incidental

Chalqueño

México*	Centro_c
Michoacán	Centro_c
Puebla	Centro_c
Tlaxcala	Centro_c
Aguascalientes	Incidental
Chihuahua	Incidental
Distrito Federal	Incidental
Durango	Incidental
Guanajuato	Incidental
Guerrero	Incidental
Hidalgo	Incidental
Jalisco	Incidental
Morelos	Incidental
Oaxaca	Incidental
Querétaro	Incidental
Veracruz	Incidental
Zacatecas	Incidental

*Mayor cantidad que los tres estados siguientes.

Chapalote

Sinaloa	Centro_c
Sonora	Centro_c
Durango	Presente

Chiquito

Oaxaca	Endémica
Chiapas	Presente
Veracruz	Incidental

Comiteco

Chiapas	Endémica
Oaxaca	Incidental
Tabasco	Incidental

Complejo Serrano de Jalisco

Jalisco	Endémica
---------	----------

Conejo

Guerrero	Centro
Michoacán	Presente
Oaxaca	Ocasional
Chiapas	Incidental
Coahuila	Incidental
Jalisco	Incidental
Morelos	Incidental
Nayarit	Incidental
Nuevo León	Incidental
Sinaloa	Incidental

Cónico

México	Centro_c
Puebla	Centro_c
Tlaxcala	Centro_c
Oaxaca	Ocasional
Hidalgo	Ocasional
Chiapas	Incidental
Chihuahua	Incidental
Coahuila	Incidental
Distrito Federal	Incidental
Durango	Incidental
Guanajuato	Incidental
Guerrero	Incidental
Jalisco	Incidental
Michoacán	Incidental
Morelos	Incidental
Querétaro	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Tamaulipas	Incidental
Veracruz	Incidental
Zacatecas	Incidental

Cónico Norteño

Chihuahua	Centro_c
Durango	Centro_c
Guanajuato	Centro_c
Zacatecas	Centro_c
Aguascalientes	Ocasional
Jalisco	Ocasional
Coahuila	Incidental
Guerrero	Incidental
Hidalgo	Incidental
México	Incidental
Michoacán	Incidental
Nuevo León	Incidental
Puebla	Incidental
Querétaro	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Tamaulipas	Incidental

Coscomatepec

Veracruz	Endémica
Chiapas	Incidental
Puebla	Incidental

Cristalino de Chihuahua

Chihuahua	Endémica
Aguascalientes	Incidental
Durango	Incidental
Zacatecas	Incidental

Dulcillo del Noroeste

Sinaloa	Centro_c
Sonora	Centro_c
Chihuahua	Presente
Durango	Ocasional
Nayarit	Ocasional

Dzit-Bacal

Campeche	Centro_c
Quintana Roo	Centro_c
Yucatán	Centro_c
Chiapas	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Tamaulipas	Incidental
Veracruz	Incidental

Elotero de Sinaloa

Michoacán	Centro_c
Nayarit	Centro_c
Sinaloa	Centro_c
Colima	Ocasional
Jalisco	Ocasional

Elotes Cónicos

México	Centro_c
Puebla	Centro_c
Tlaxcala	Centro_c
Distrito Federal	Ocasional
Guanajuato	Ocasional
Hidalgo	Ocasional
Michoacán	Ocasional
Oaxaca	Ocasional
Aguascalientes	Incidental
Coahuila	Incidental
Durango	Incidental
Guerrero	Incidental
Jalisco	Incidental
Morelos	Incidental
Querétaro	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Veracruz	Incidental
Zacatecas	Incidental

Gordo

Chihuahua	Endémica
Sonora	Presente
Durango	Ocasional

Jala

Nayarit	Centro
Jalisco	Presente
Colima	Ocasional
Sinaloa	Incidental

Maíz Blando de**Sonora**

Sinaloa	Centro_c
Sonora	Centro_c
Nayarit	Presente
Chihuahua	Incidental
Durango	Incidental

Maíz dulce

Michoacán	Centro_c
Guanajuato	Presente
Jalisco	Presente
Zacatecas	Presente
Chihuahua	Ocasional
Durango	Ocasional
Sinaloa	Incidental

Mushito

Michoacán	Centro_c
Oaxaca	Centro_c
Baja California Sur	Incidental
Chiapas	Incidental
Colima	Incidental
Guanajuato	Incidental
Hidalgo	Incidental
Jalisco	Incidental
Nayarit	Incidental
Puebla	Incidental
Querétaro	Incidental
Veracruz	Incidental

Nal-Tel

Oaxaca	Centro_c
Quintana Roo	Centro_c
Yucatán	Centro_c
Campeche	Presente
Chiapas	Ocasional
Chihuahua	Incidental
Guerrero	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Tabasco	Incidental
Veracruz	Incidental

Olotillo

Chiapas	Centro_c
Oaxaca	Centro_c
San Luis Potosí	Presente
Veracruz	Presente
Hidalgo	Ocasional
Campeche	Incidental
Coahuila	Incidental
Durango	Incidental
Guanajuato	Incidental
Guerrero	Incidental
México	Incidental
Michoacán	Incidental
Morelos	Incidental
Nayarit	Incidental
Nuevo León	Incidental
Puebla	Incidental
Querétaro	Incidental
Quintana Roo	Incidental
Tabasco	Incidental
Tamaulipas	Incidental
Yucatán	Incidental

Olotón

Chiapas	Centro
Oaxaca	Presente
Campeche	Incidental
Hidalgo	Incidental
México	Incidental
Michoacán	Incidental
Veracruz	Incidental

Onaveño

Sonora	Centro
Michoacán	Presente
Nayarit	Presente
Sinaloa	Ocasional
Baja California Sur	Incidental
Durango	Incidental
Guerrero	Incidental
Jalisco	Incidental
Veracruz	Incidental

Palomero Toluqueño

México	Centro
Puebla	Presente
Veracruz	Presente
Tlaxcala	Ocasional
Chihuahua	Incidental
Distrito Federal	Incidental
Hidalgo	Incidental

Pepitilla

Guerrero	Centro_c
Morelos	Centro_c
Michoacán	Ocasional
Aguascalientes	Incidental
Chihuahua	Incidental
Durango	Incidental
Guanajuato	Incidental
Jalisco	Incidental
México	Incidental
Nayarit	Incidental
Oaxaca	Incidental
Puebla	Incidental
Quintana Roo	Incidental
Veracruz	Incidental

Ratón

Chihuahua	Centro_c
Coahuila	Centro_c
Nuevo León	Centro_c
Tamaulipas	Centro_c
Veracruz	Centro_c
San Luis Potosí	Ocasional
Aguascalientes	Incidental
Durango	Incidental
Guanajuato	Incidental
Guerrero	Incidental
Jalisco	Incidental
Michoacán	Incidental
Morelos	Incidental
Puebla	Incidental
Querétaro	Incidental
Zacatecas	Incidental

Reventador

Michoacán	Centro_c
Nayarit	Centro_c
Sinaloa	Centro_c
Sonora	Centro_c
Jalisco	Presente
Colima	Incidental
Durango	Incidental
Guerrero	Incidental

Serrano Mixe

Oaxaca	Endémica
--------	----------

Tablilla de Ocho

Chihuahua	Centro_c
Jalisco	Centro_c
Nayarit	Presente
Zacatecas	Presente
Aguascalientes	Incidental
Durango	Incidental
Guanajuato	Incidental
Puebla	Incidental

Tabloncillo

Jalisco	Centro_c
Nayarit	Centro_c
Sinaloa	Centro_c
Sonora	Ocasional
Aguascalientes	Incidental
Baja California Sur	Incidental
Chiapas	Incidental
Chihuahua	Incidental
Colima	Incidental
Durango	Incidental
Guanajuato	Incidental
Guerrero	Incidental
Hidalgo	Incidental
México	Incidental
Michoacán	Incidental
Morelos	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Veracruz	Incidental
Zacatecas	Incidental

Tabloncillo Perla

Michoacán	Centro_c
Nayarit	Centro_c
Sinaloa	Centro_c
Sonora	Centro_c
Durango	Ocasional
Jalisco	Ocasional
Baja California Sur	Incidental
Chihuahua	Incidental
Colima	Incidental

Tehua

Chiapas	Endémica
Oaxaca	Incidental
Tabasco	Incidental

Tepecintle

Oaxaca	Centro
Chiapas	Presente
Guerrero	Presente
Veracruz	Ocasional
Campeche	Incidental
Hidalgo	Incidental
Quintana Roo	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Tabasco	Incidental
Yucatán	Incidental

Tuxpeño*

Chiapas	Centro_c
Veracruz	Centro_c
Oaxaca	Ocasional
Quintana Roo	Ocasional
Tamaulipas	Ocasional
Baja California Sur	Incidental
Campeche	Incidental
Chihuahua	Incidental
Coahuila	Incidental
Colima	Incidental
Durango	Incidental
Guanajuato	Incidental
Guerrero	Incidental
Hidalgo	Incidental
Jalisco	Incidental
México	Incidental
Michoacán	Incidental
Morelos	Incidental
Nayarit	Incidental
Nuevo León	Incidental
Puebla	Incidental
Querétaro	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Sinaloa	Incidental
Sonora	Incidental
Tabasco	Incidental
Yucatán	Incidental
Zacatecas	Incidental

*Tuxpeño no tiene un centro propiamente y sus colectas están confundidas con cultivares comerciales reciclados.

Tuxpeño Norteño

Chihuahua	Centro_c
Coahuila	Centro_c
Tamaulipas	Centro_c
Durango	Ocasional
Aguascalientes	Incidental
Guerrero	Incidental
Jalisco	Incidental
México	Incidental
Nayarit	Incidental
Nuevo León	Incidental
Puebla	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Sonora	Incidental
Veracruz	Incidental
Zacatecas	Incidental

Vandeño

Chiapas	Centro_c
Guerrero	Centro_c
Michoacán	Centro_c
Morelos	Centro_c
Chiapas	Ocasional
Jalisco	Ocasional
Oaxaca	Ocasional
Sonora	Ocasional
Baja California Sur	Incidental
Colima	Incidental
Jalisco	Incidental
Nayarit	Incidental
San Luis Potosí	Incidental
Sinaloa	Incidental
Sonora	Incidental
Tabasco	Incidental
Veracruz	Incidental
Yucatán	Incidental

Zamorano Amarillo

Jalisco	Centro_c
Michoacán	Centro_c
Guanajuato	Incidental

Zapalote Chico

Oaxaca	Centro
Chiapas	Presente
Quintana Roo	Incidental
Yucatán	Incidental

Zapalote Grande

Chiapas	Centro_c
Oaxaca	Centro_c
Guerrero	Ocasional
Puebla	Incidental
Tabasco	Incidental
Veracruz	Incidental
Yucatán	Incidental

Apéndice 2. Modelos de distribución de las razas presentes en la muestra de Conabio.

Los modelos han sido elaborados con base en una segmentación de la muestra por “época” de colecta (descrita en el texto del informe, épocas: 1943-1954 = 1950, 1968-1979 = 1975 y 1997-2010 = 2000). La época de colecta está definida en el encabezado de los modelos, los modelos “sin época” incluyen todos los datos georeferenciados para la raza. Los círculos cafés representan puntos en que se tiene colectas de la raza, las distribuciones predichas por el modelo aparecen en verde.

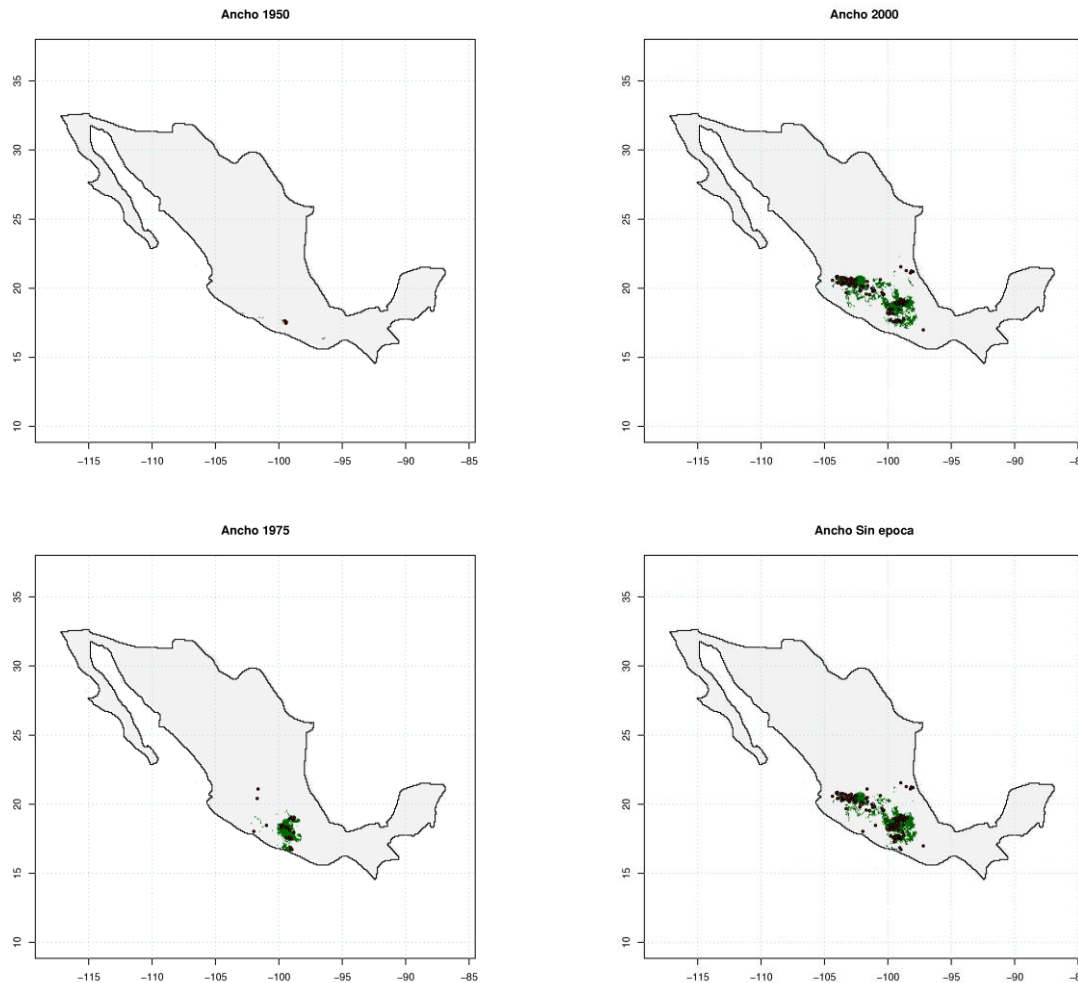
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 1. Ancho.

- Fue descrito por Kato en 1967, lo que explica la escasa presencia en la muestra de 1950 (su presencia en esa época es seguramente por reclasificación).
- Esta raza tiene una demanda importante para la elaboración de pozole y no es raro que se pague hasta 5 veces el precio del maíz común. Por lo anterior, es posible que su distribución se haya extendido.
- Centro de distribución en Guerrero, Jalisco y Morelos, posiblemente también Michoacán; presencia incidental en varios estados.

Sin muestra

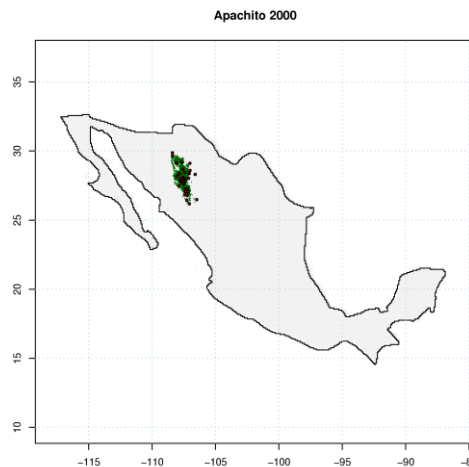
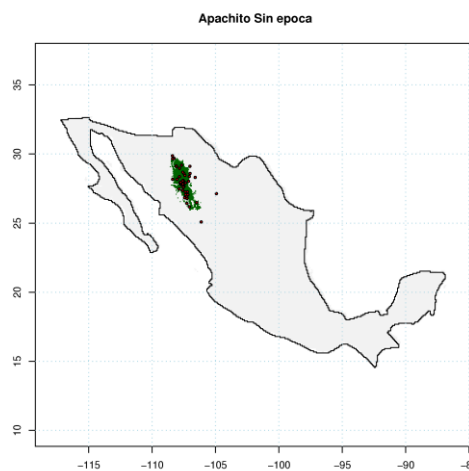
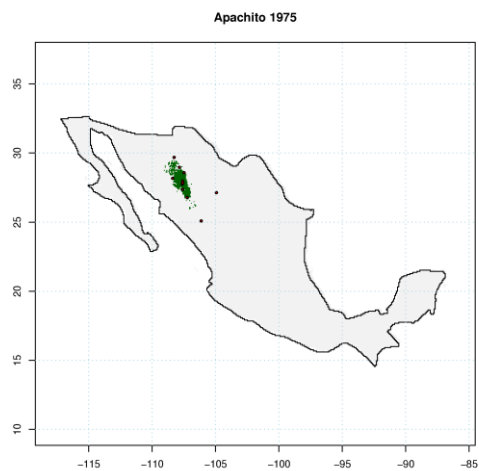


Figura 2. Apachito.

- No había sido descrita en 1950, por lo que no tiene muestra en esta época.
- Endémico en Chihuahua, presencia incidental en Durango.



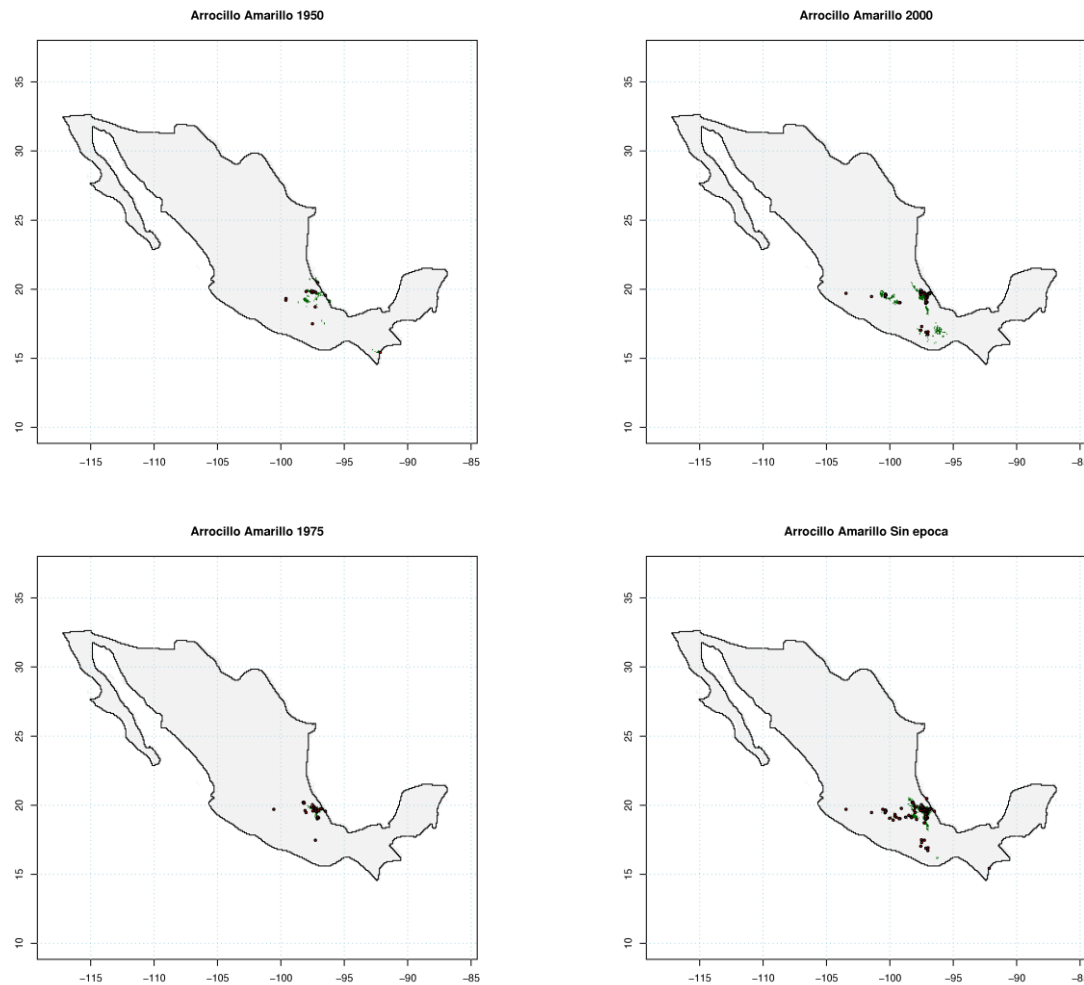
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 3. Arrocillo Amarillo.

- Relativamente común pero con distribución restringida.
- En la muestra de 2000 aparentemente se presenta un problema de clasificación en Guerrero y Oaxaca, posiblemente confundido con Pepitilla (el nombre común de arrocillo es frecuente para los pepitillas en Guerrero).
- Centro de distribución en Puebla y Veracruz; incidental Hidalgo y Tlaxcala; incierta su presencia en Oaxaca, Chiapas y Michoacán.

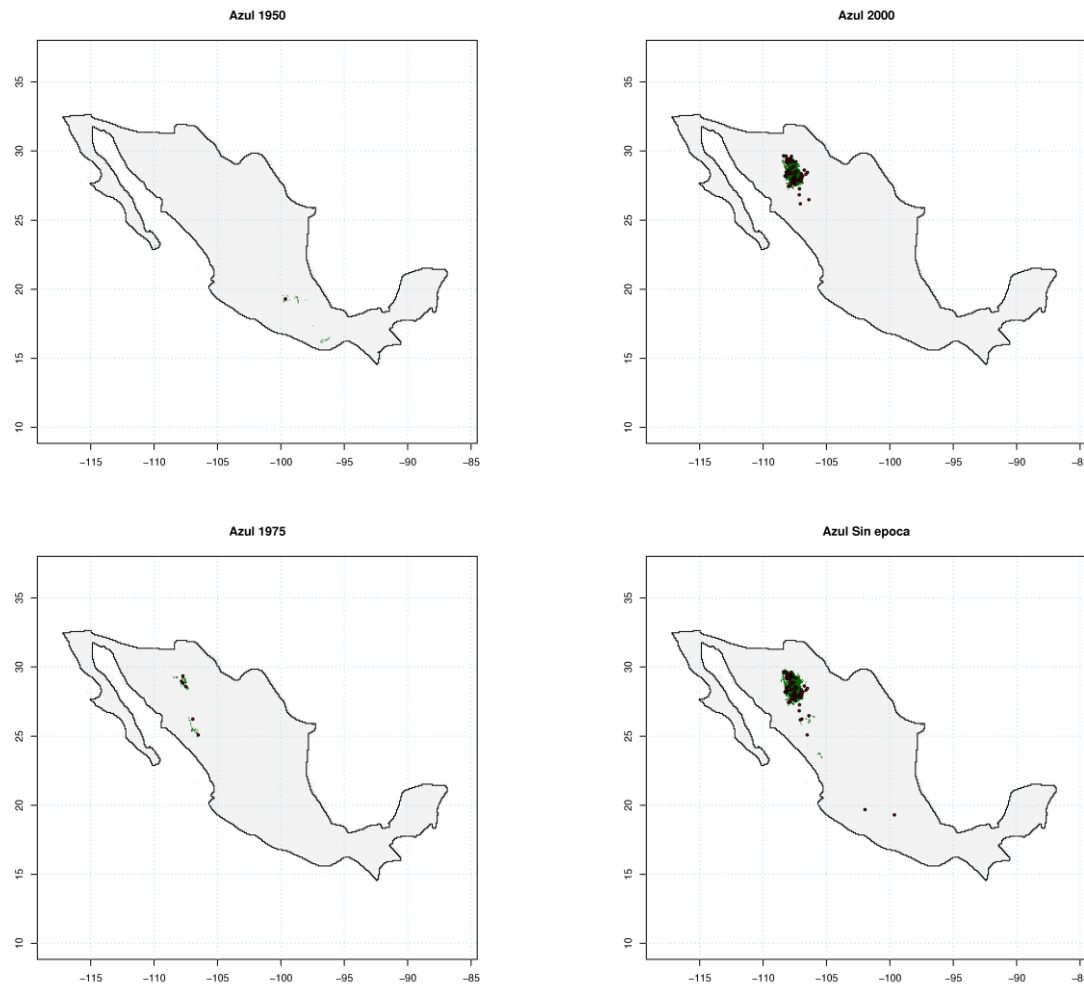
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 4. Azul.

- La colecta de 1950 seguramente está mal identificada.
- Posiblemente se requiere revisar porque tipo se puede confundir con variante azul de raza principal.
- Endémica en Chihuahua, presencia incidental en Durango, México y Michoacán.

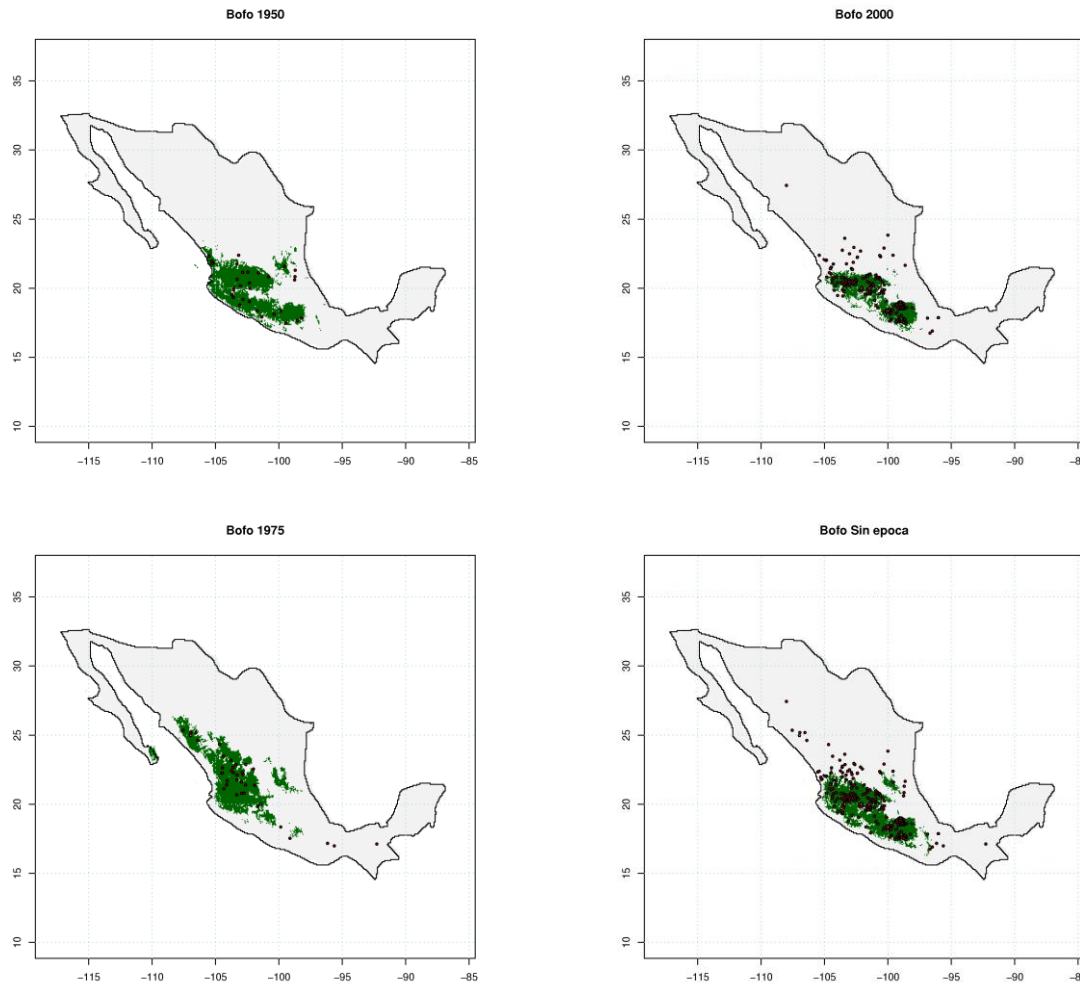


Figura 5. Bofo.

- Se tiene un problema de clasificación entre Bofo y Elotes Occidentales, según Ortega et al. (1991) son la misma raza. Elotes Occidentales es aparentemente una variante de color de Bofo. Elotes Occidentales era una subraza de Harinoso de Ocho, en esta muestra Harinoso de Ocho tiene solo un ejemplar. En estos modelos de Bofo se incluyeron las colectas de Elotes Occidentales y Harinoso de Ocho.
- Centro de distribución en Guerrero, Jalisco y Morelos; presente también en Michoacán, Guanajuato y Nayarit, incidental en otros estados.

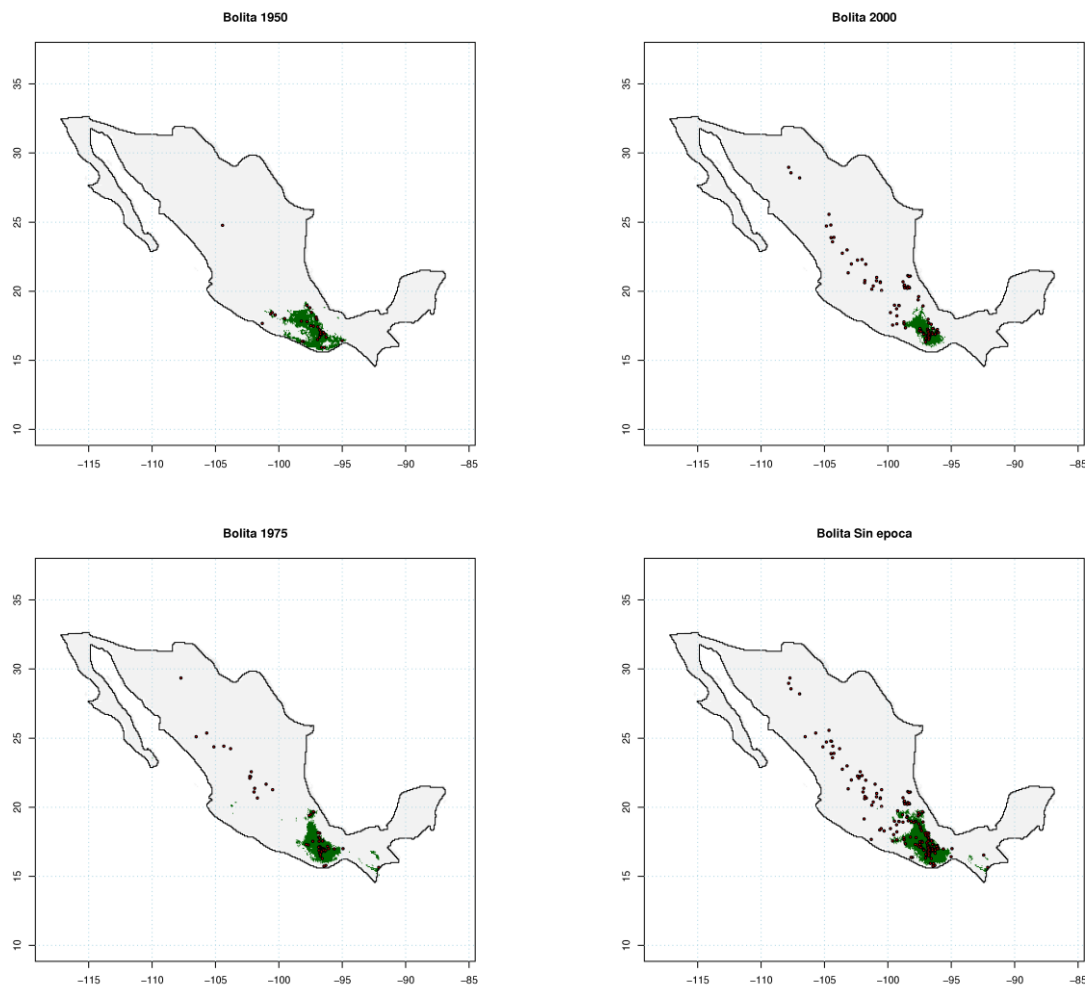


Figura 6. Bolita.

- Puntos en el norte (1975 y 2000) posiblemente por variedad mejorada (Cafime) liberada por INIA. También pudiesen ser Cónicos Norteños con grano cuadrado. Estas muestras no afectan la distribución.
- Centro de distribución en Oaxaca; incidental en varios estados.

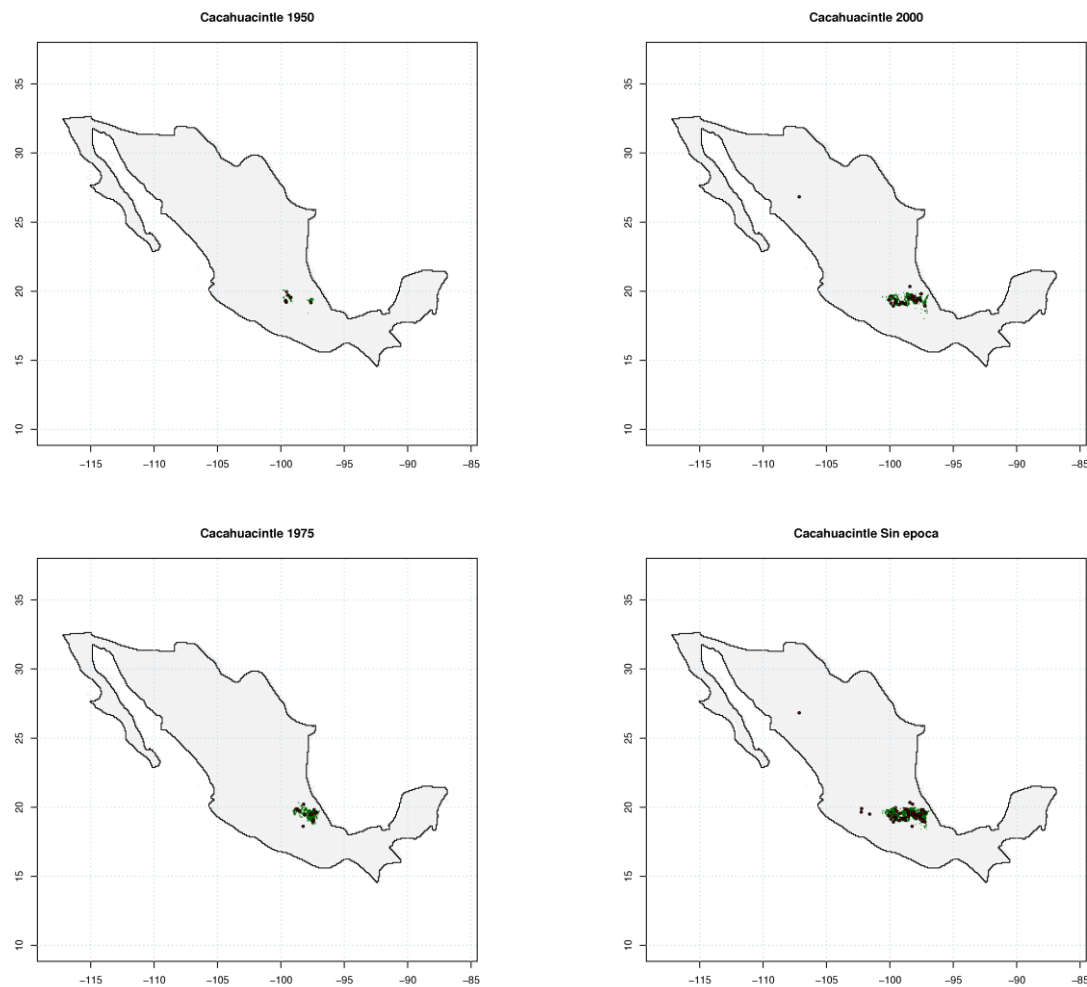


Figura 7. Cacahuacintle.

- Apreciado para pozole y elotes, poco común en siembras de mayor escala.
- Centro de distribución en Estado de México, Puebla y Tlaxcala; presente en Distrito Federal, Hidalgo y Michoacán.

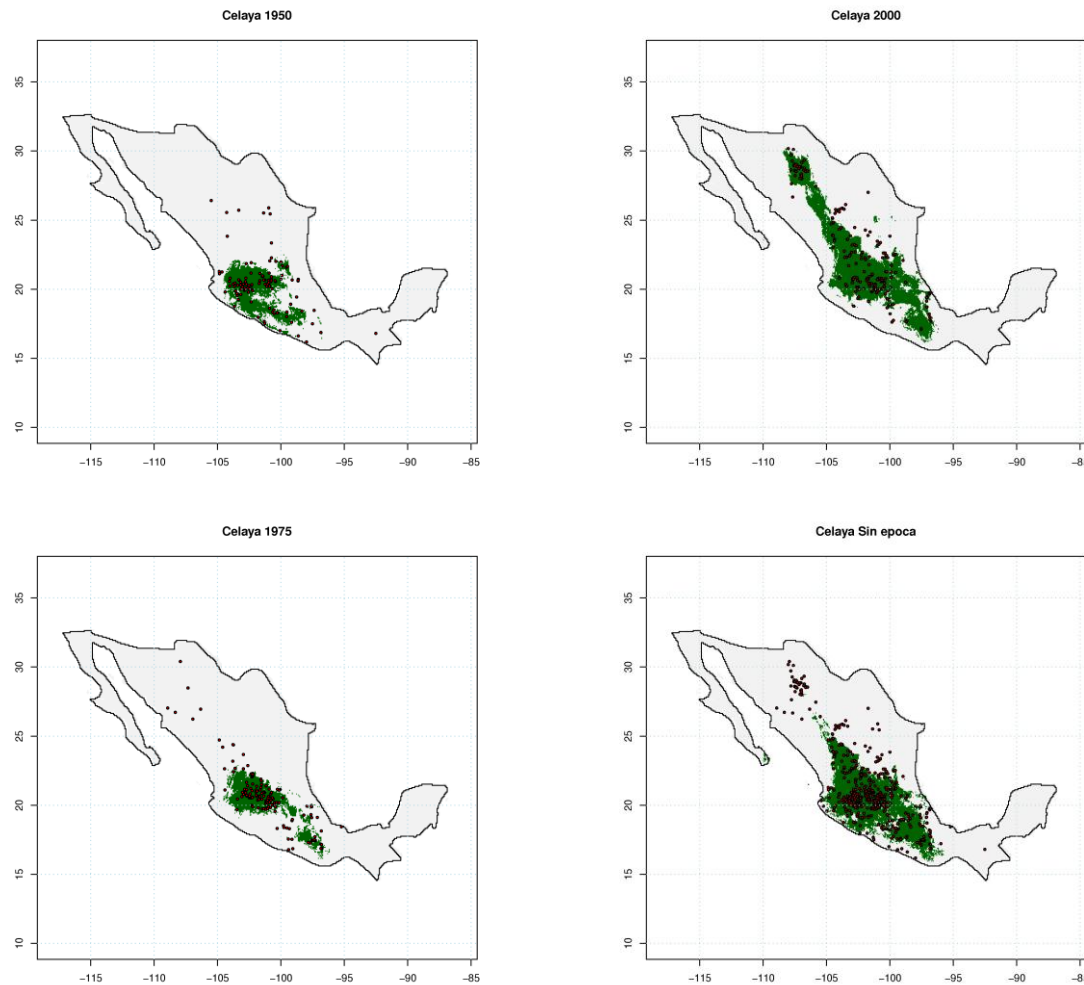
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 8. Celaya.

- Muy utilizado en variedades mejoradas, lo que posiblemente explica ampliación reciente de distribución.
- Centro de distribución en Guanajuato y Jalisco; presente también en Michoacán y otros estados. Distribución amplia.

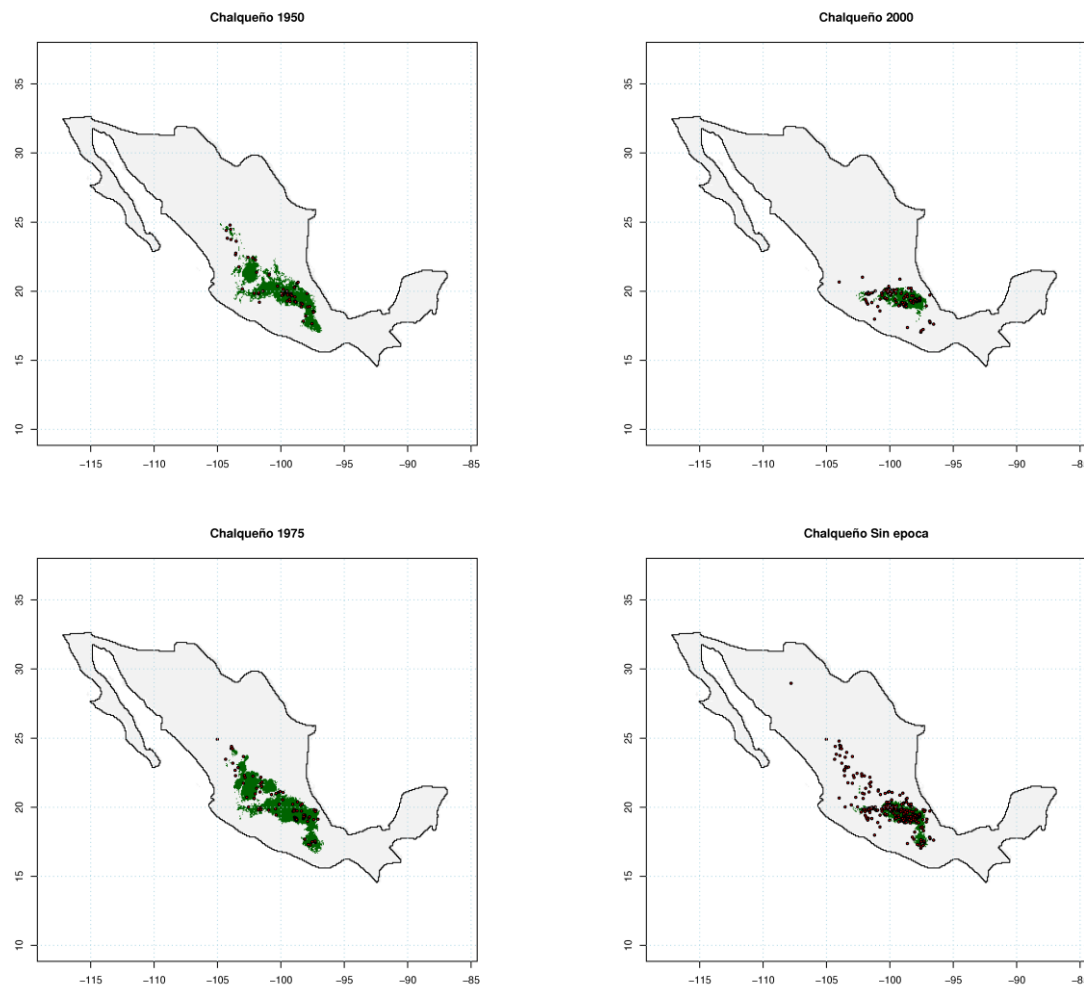


Figura 9. Chalqueño.

- Posiblemente la raza más productiva en el altiplano central.
- En Oaxaca los parecidos a Chalqueño se clasifican como Mushito y en Veracruz como Coscomatepec.
- La aparente reducción de la distribución en 2000 no se debe a menos cantidad de muestra.
- Centro principal de distribución en Estado de México, Puebla, Tlaxcala y Michoacán; incidental en varios estados.

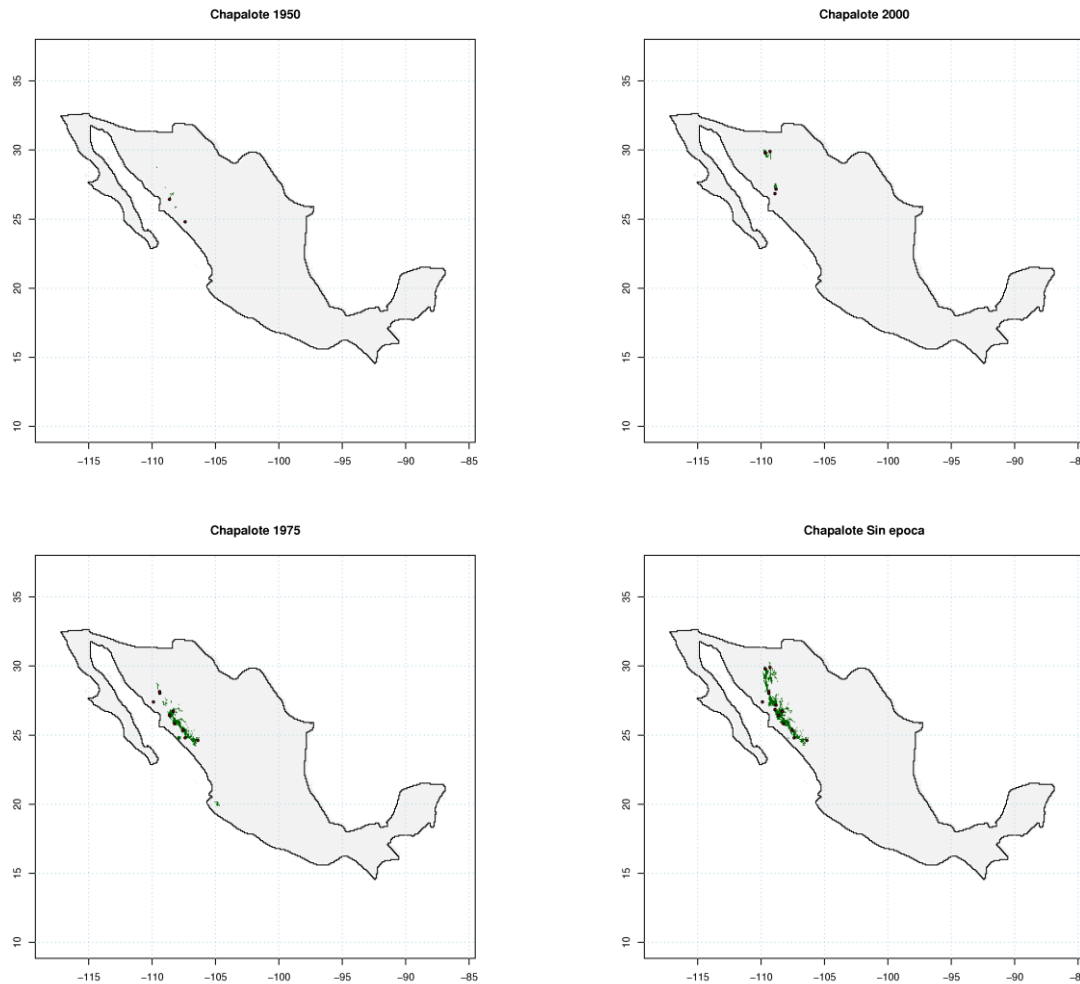


Figura 10. Chapalote.

- No es claro si la escasa distribución en 2000 se deba a falta de colectas o reducción de poblaciones (es muy posible que se deba a lo segundo ya que el esfuerzo de colecta en 2000 fue relativamente intenso).
- Distribución restringida, aparentemente en peligro de extinción.
- Centro de distribución en Sinaloa y Sonora, en 2000 solo presente en Sonora.

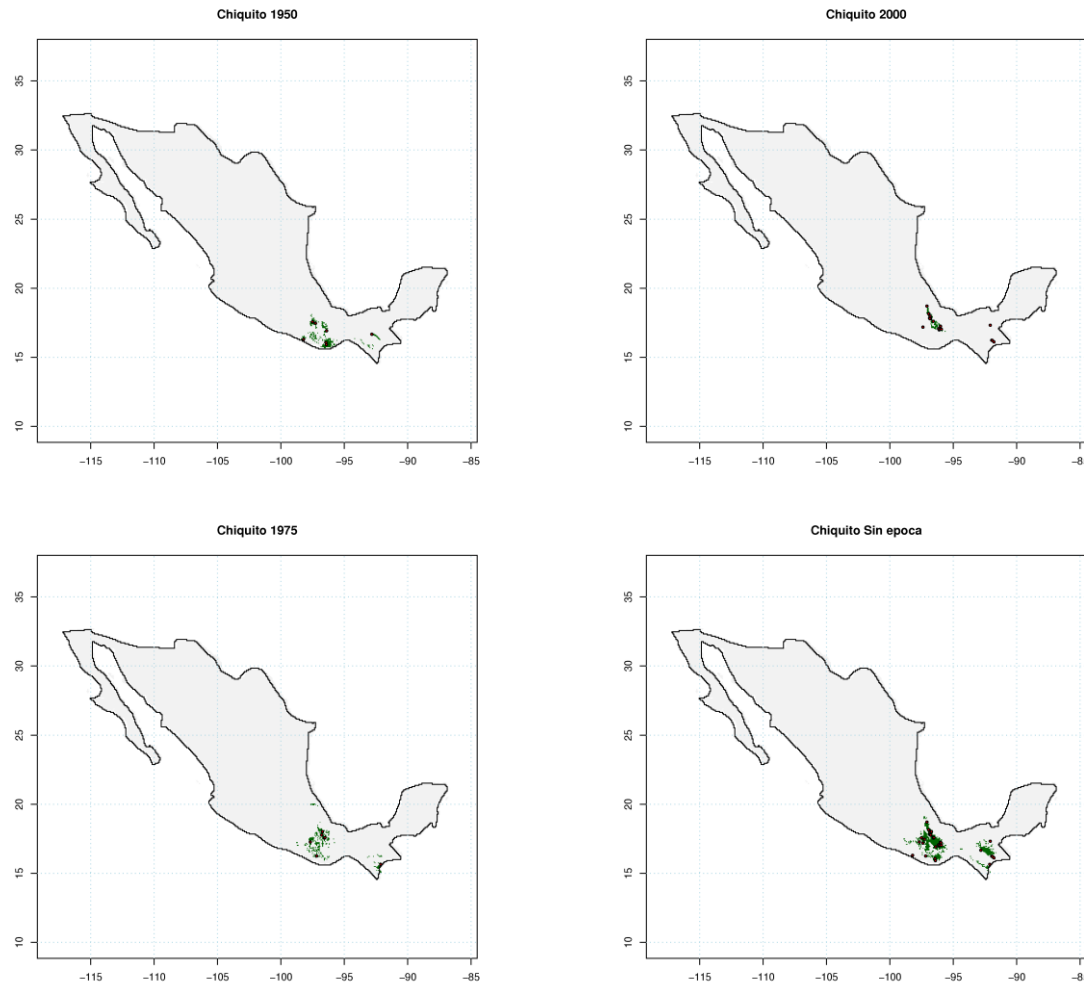


Figura 11. Chiquito.

- Clasificado también como Nal-Tel de Altura, o Nal-Tel de Tierra Fría, nombres de la clasificación de Guatemala, según Ortega et al. (1991) el nombre correcto es Chiquito (aunque Nal-Tel de Altura ha sido más utilizado).
- Endémica en Oaxaca, ejemplares en Chiapas y Veracruz.

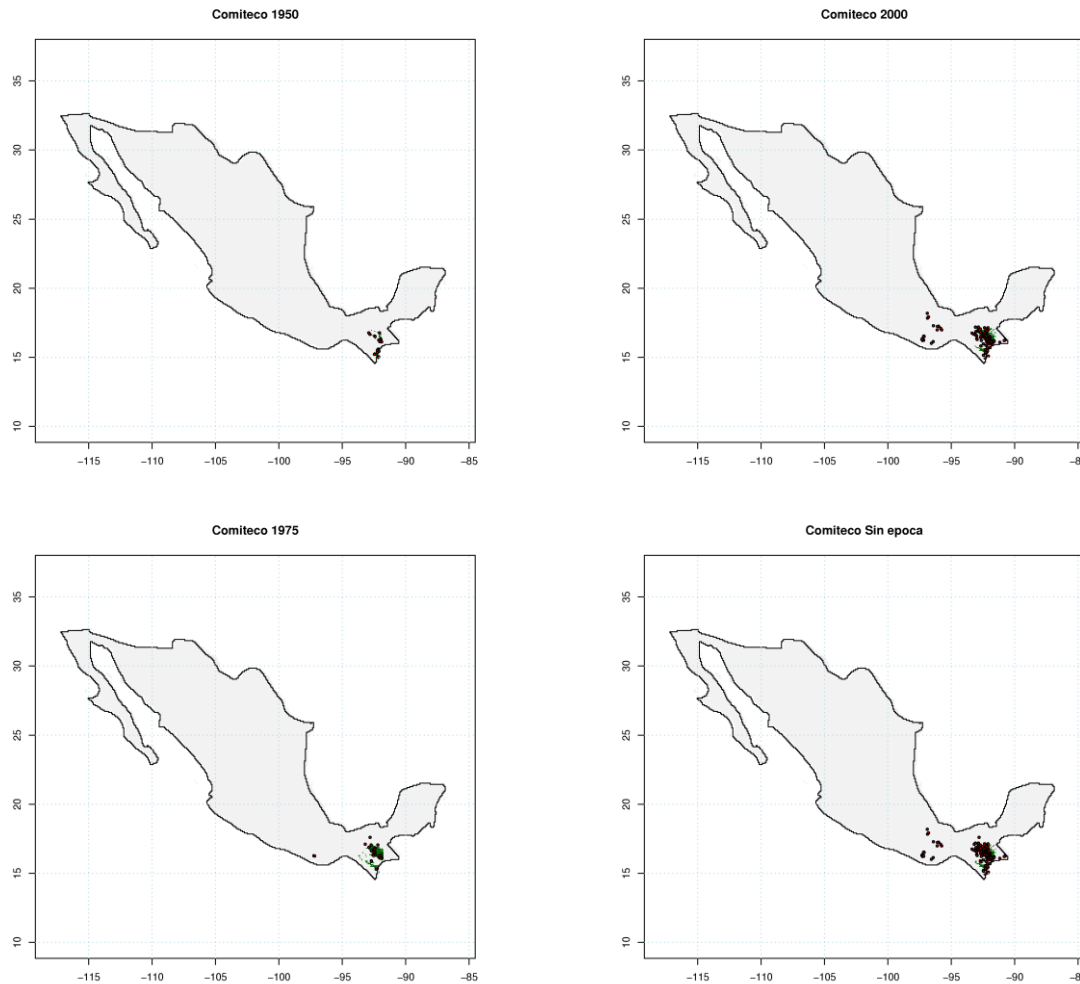
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 12. Comiteco.

- Tan largo como Jala.
- Común en ambientes semi-cálidos de Chiapas y Guatemala, pero distribución escasa fuera de esta región.
- La muestra en Oaxaca para el 2000 es incierta.
- Endémica en Chiapas.
incidental en Oaxaca y Tabasco.

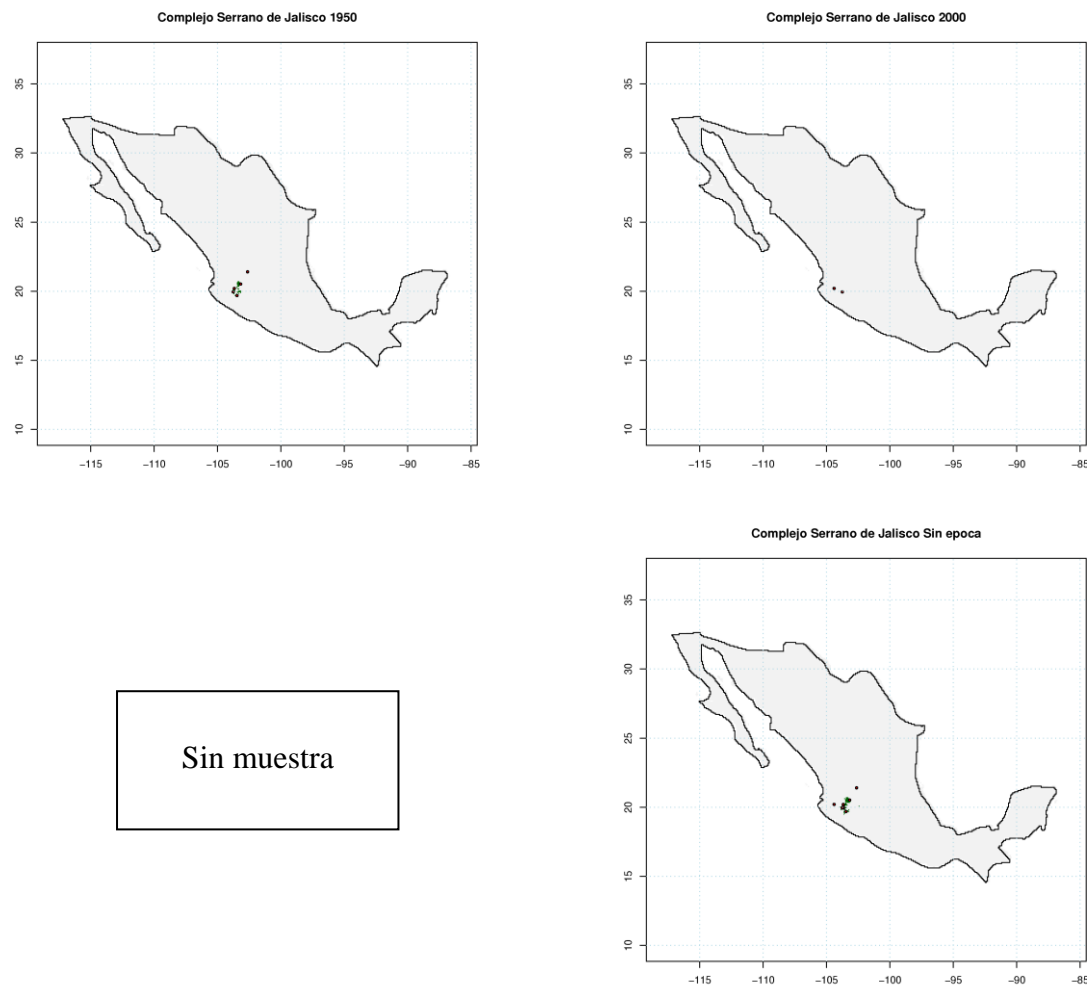
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 13. Complejo Serrano de Jalisco.

- Incierto si su escasa muestra es por reclasificación o insuficiente muestra.
- Existencia dudosa, ¿extinto en Jalisco?
- Endémica en Jalisco, muy escasa en 2000 pero nunca ha sido abundante. Convendría revisión como raza.

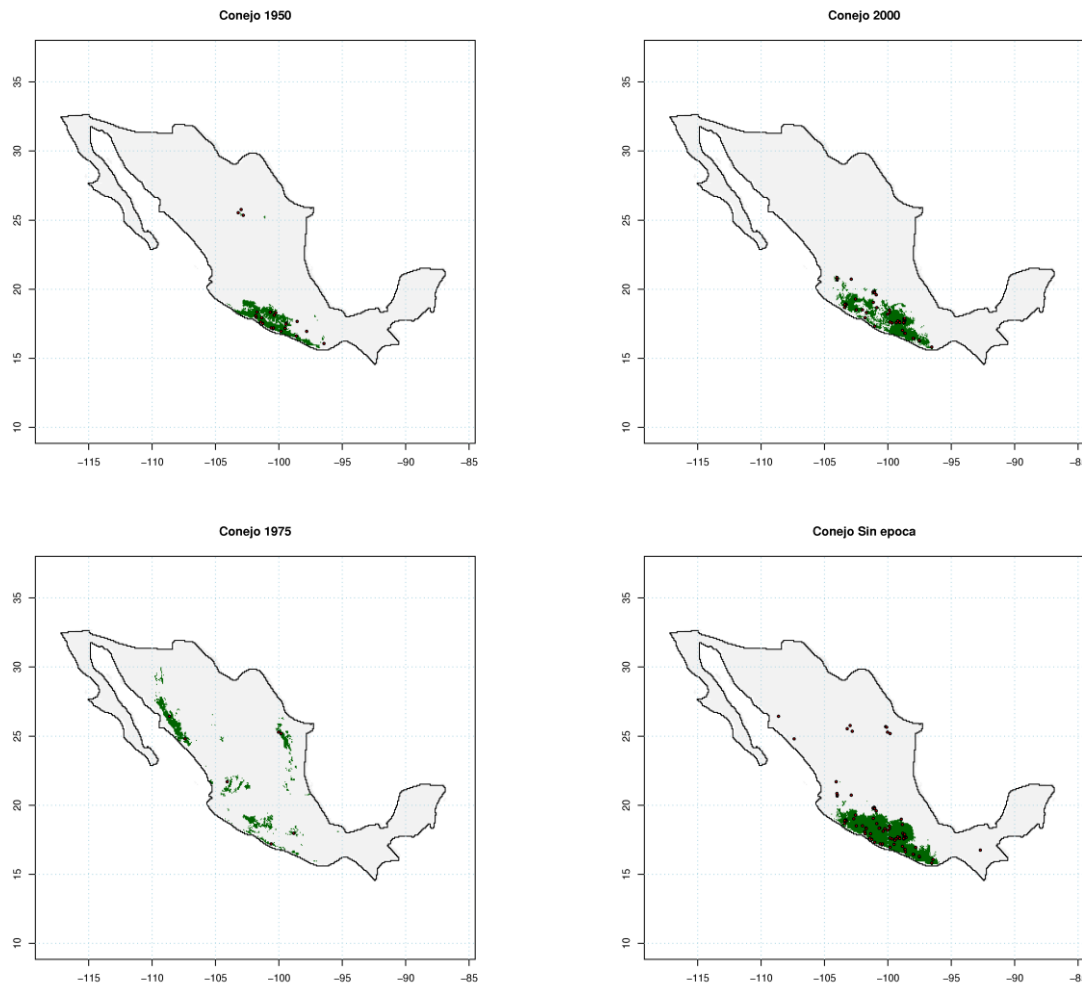
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 14. Conejo.

- Posiblemente confundido con otra raza en 1950 en Coahuila (3 muestras) y en 1975 en Nuevo León (2 muestras). Convendría confirmar su presencia en el norte.
- Modelo de 1975 muy posiblemente inadecuado.
- Centro de distribución en Guerrero; presente en Michoacán y Oaxaca y ocasional en otros estados.

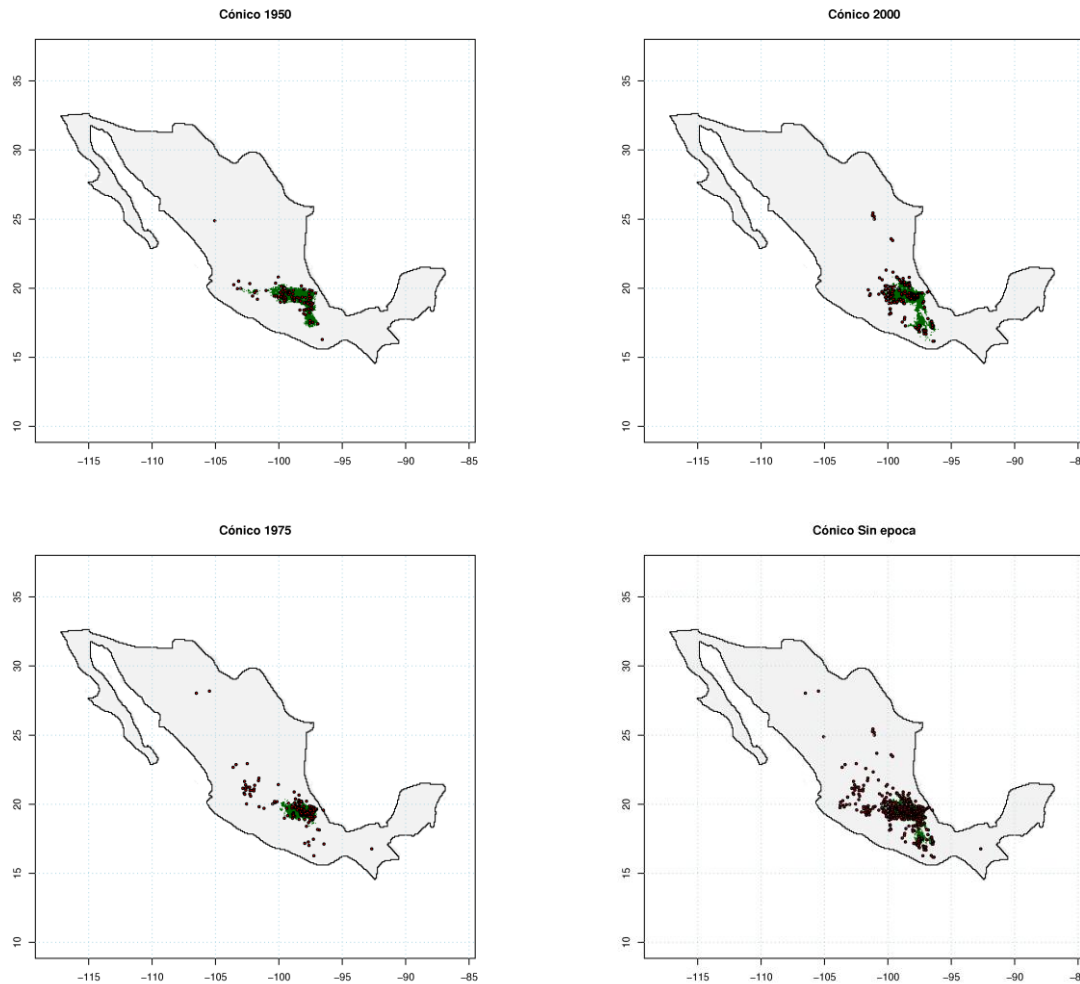
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 15. Cónico.

- Es la raza más importante en el altiplano central.
- Distribución muy amplia y estable. Los puntos al norte pueden ser Cónico Norteño mal clasificados.
- Centro de distribución en Estado de México, Puebla y Tlaxcala; presente en Oaxaca, Hidalgo y otros estados.

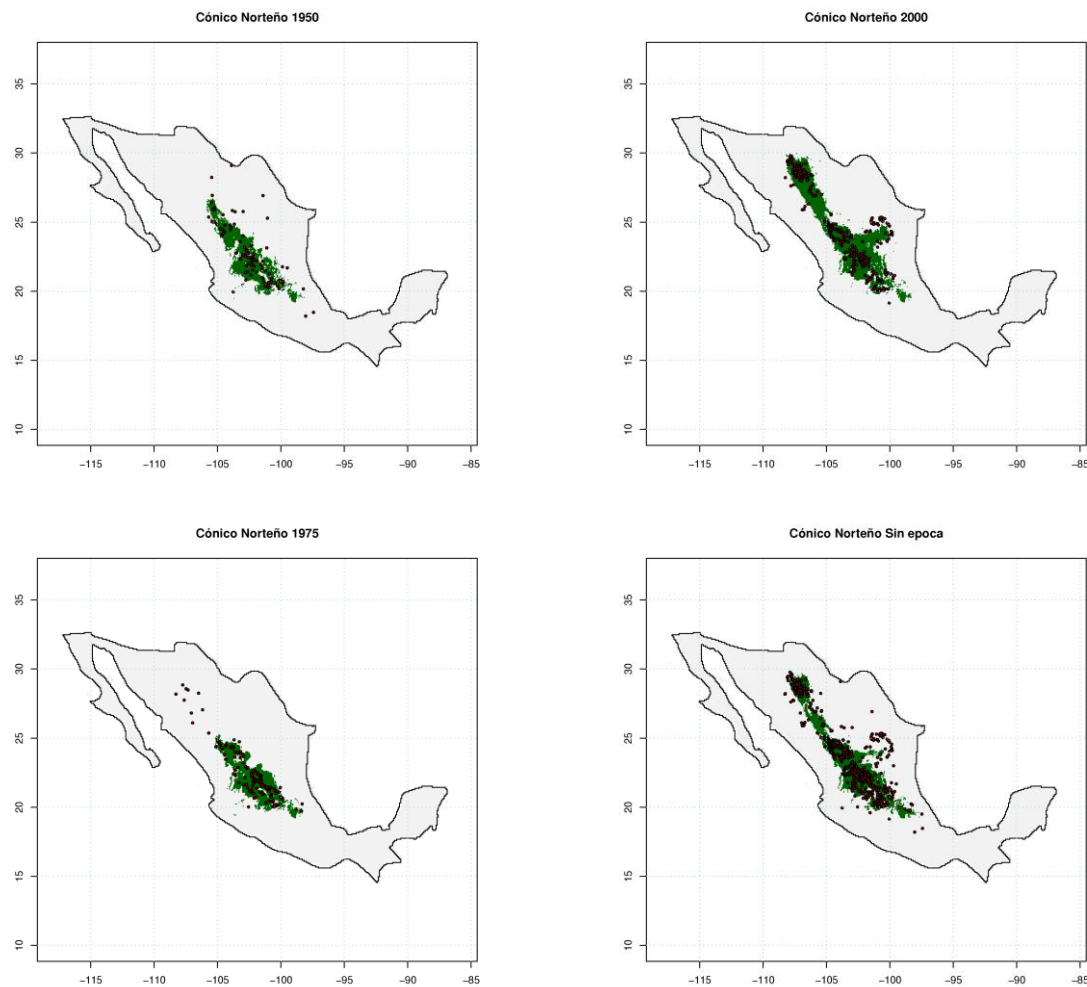
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 16. Cónico Norteño.

- Distribución amplia y estable en la Sierra Madre Occidental.
- Centro de distribución en Chihuahua, Durango, Guanajuato y Zacatecas; presente en Aguascalientes, Jalisco y otros estados.

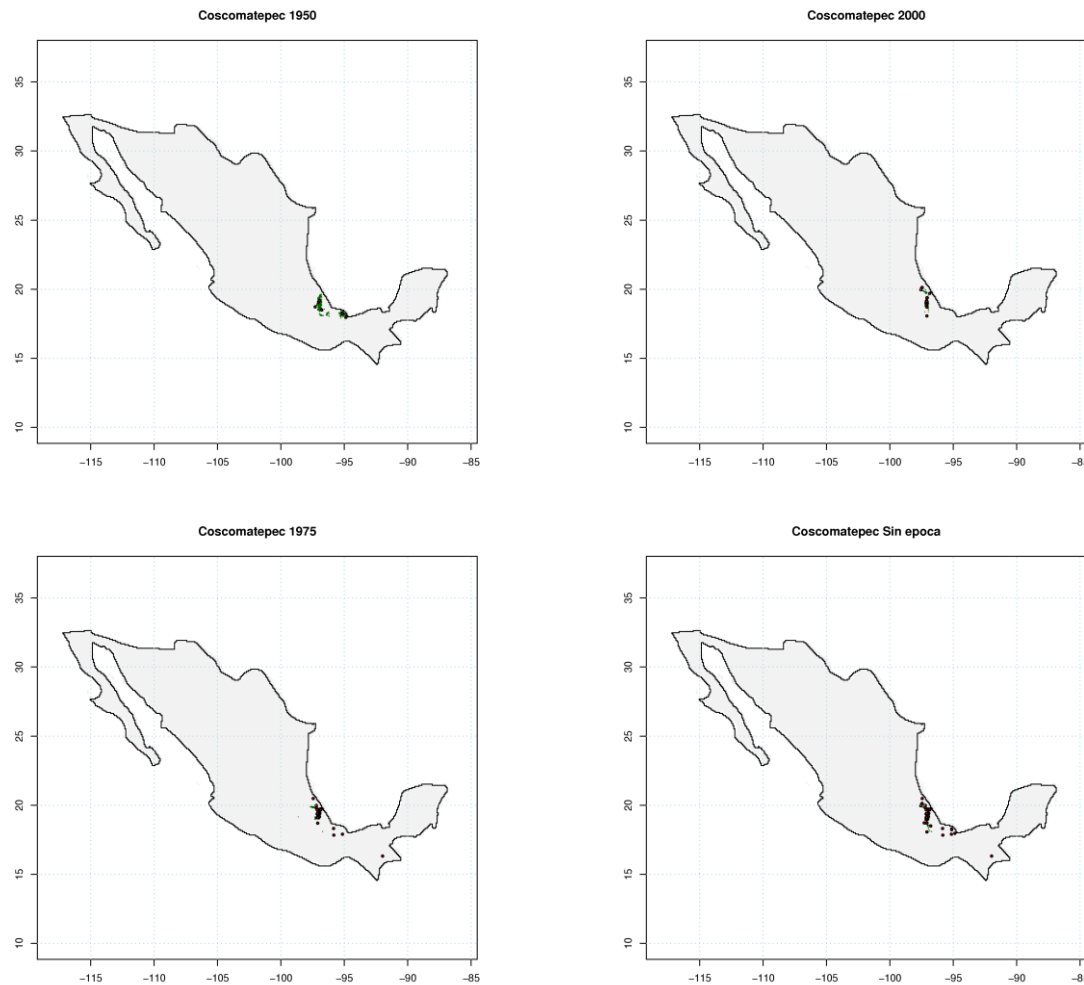
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 17. Coscomatepec.

- Similar a Chalqueño con origen en Veracruz. Ninguna muestra para 2000. Muestra de 1950 reclasificada. Muestra en Chiapas dudosa.
- Endémica en Veracruz.

Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

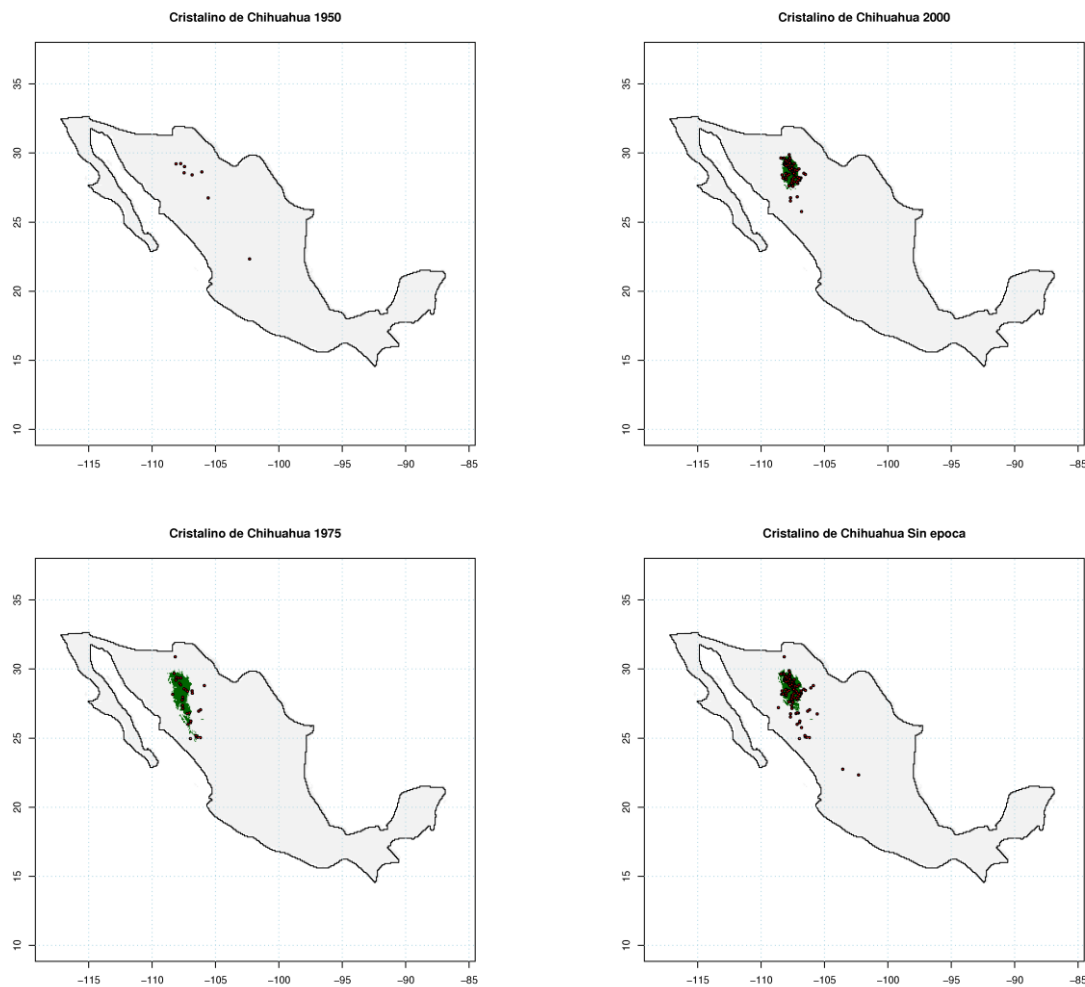


Figura 18. Cristalino de Chihuahua.

- Cantidad significativa de muestra en 2000.
- Endémica en Chihuahua; incidental en Aguascalientes, Durango y Zacatecas.

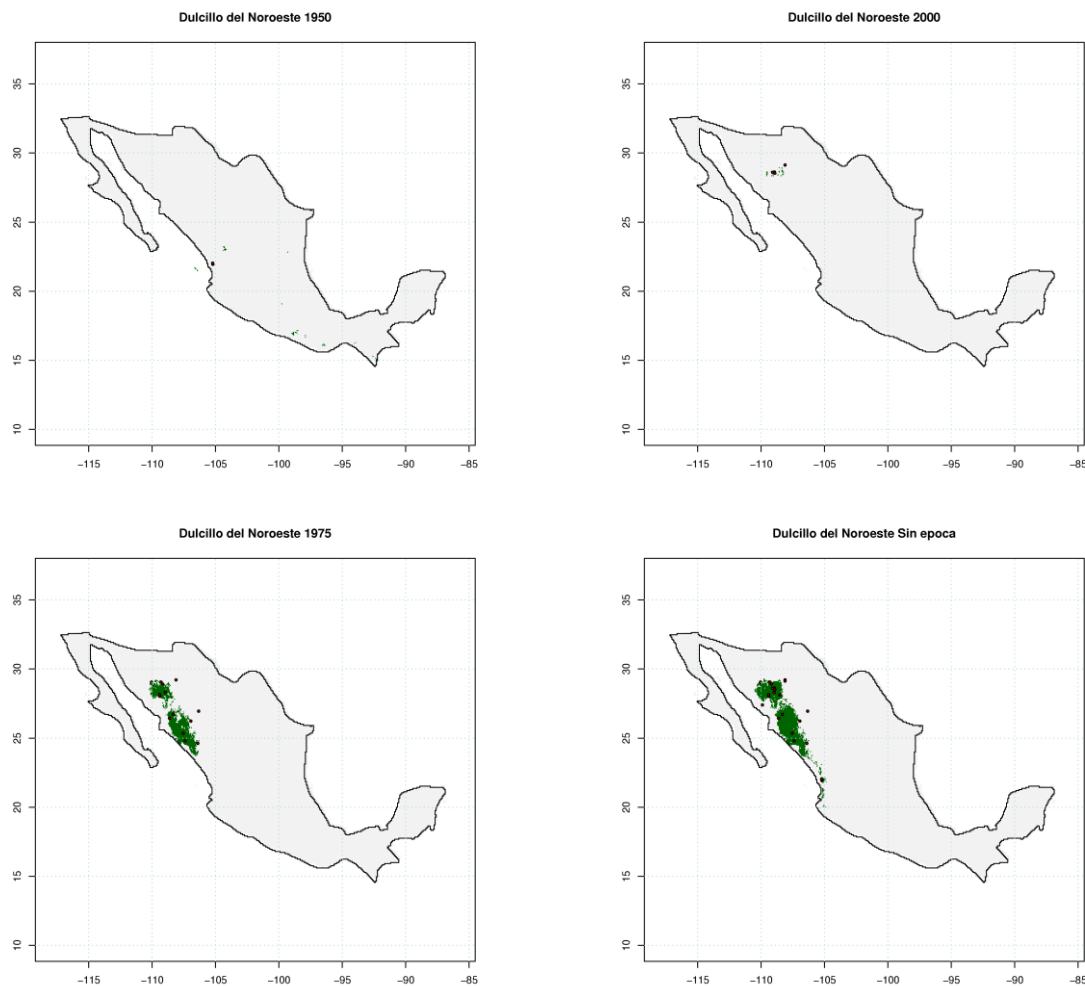


Figura 19. Dulcillo del Noroeste.

- Reducción reciente en la distribución reciente por falta de colectas (4 muestras en 2000) o disminución? Posiblemente en peligro de extinción. Requiere revisión de distribución actual, muy rara.
- Distribución general incierta.
- Centro de distribución en Sinaloa y Sonora; incidental en Chihuahua, Durango y Nayarit.

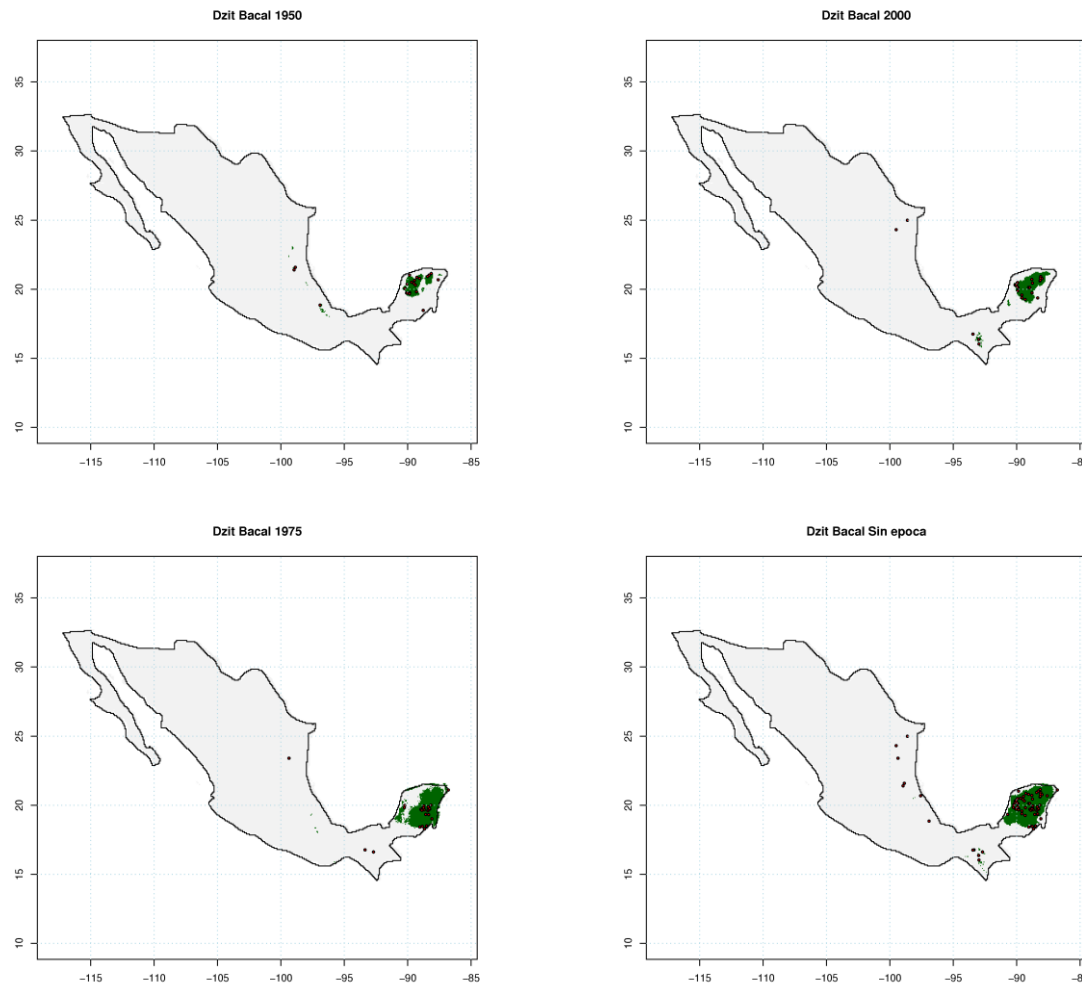
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 20. Dzit-Bacal.

- Originalmente subraza de Olotillo, con la que se puede confundir.
- Los ejemplares de San Luis Potosí, Veracruz y Tamaulipas (7 en total) podrían ser Olotillos.
- Centro de distribución en Yucatán, Campeche y Quintana Roo, incidental en Chiapas, San Luis Potosí, Veracruz y Tamaulipas..

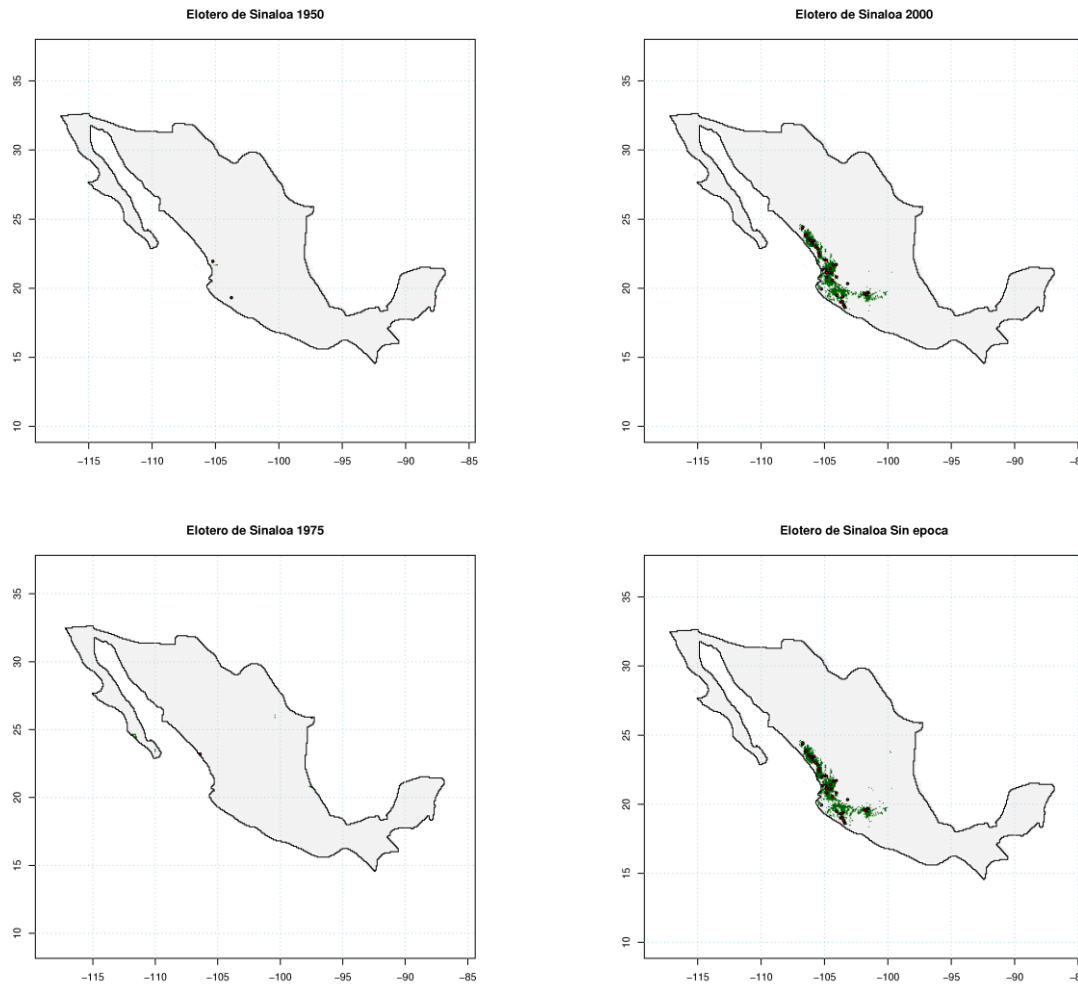
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 21. Elotero de Sinaloa.

- Muestra del 2000 tiene 70 de 73 accesos.
- Distribución general y frecuencia incierta.
- Centro de distribución en Michoacán, Nayarit y Sinaloa, ocasional en Colima y Jalisco.

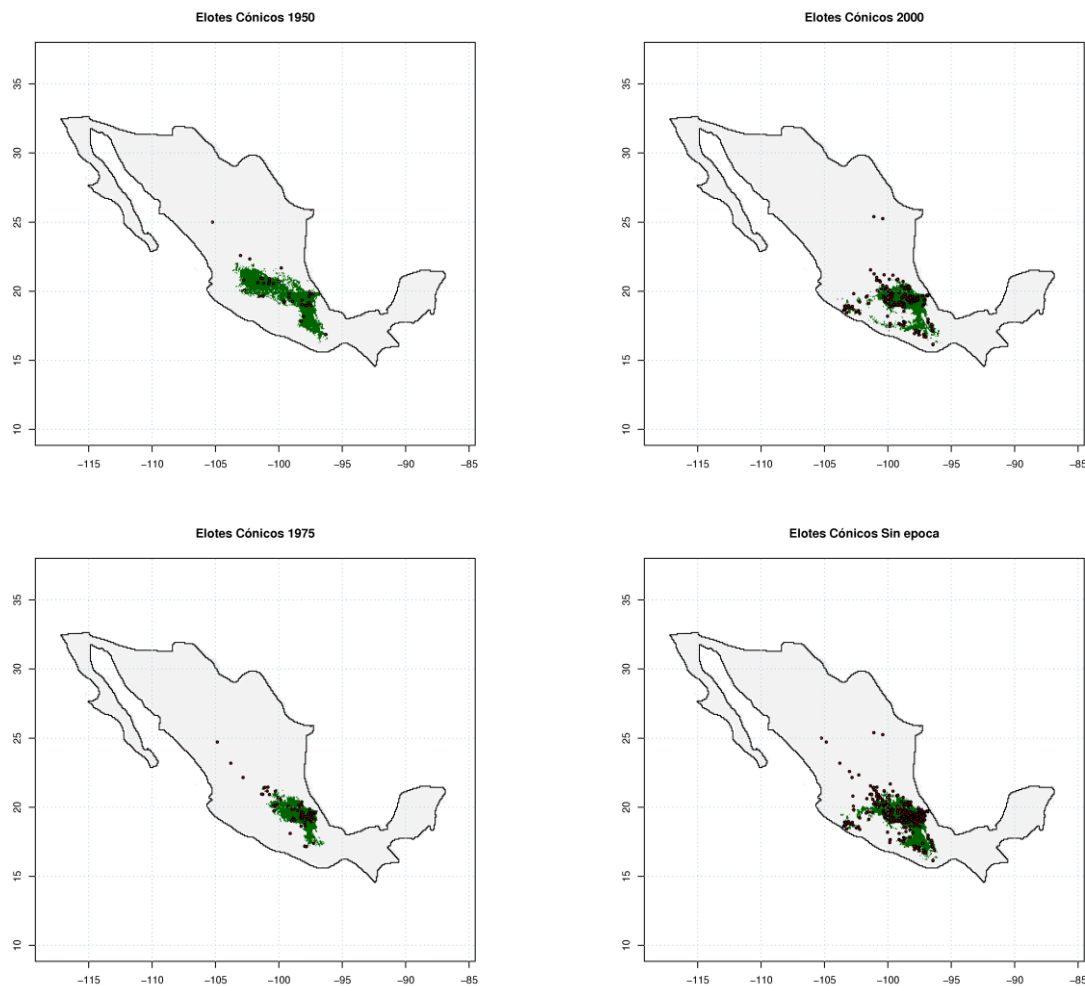


Figura 22. Elotes Cónicos.

- Era subraza de Cónico, pero cercano a Cacahuacintle, podría requerir revisión para mantenerla como raza.
- Tiene la misma distribución que Cónico.
- Centro de la distribución en el Estado de México, Puebla y Tlaxcala; incidental en Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Guerrero, Michoacán, Oaxaca y otros estados.

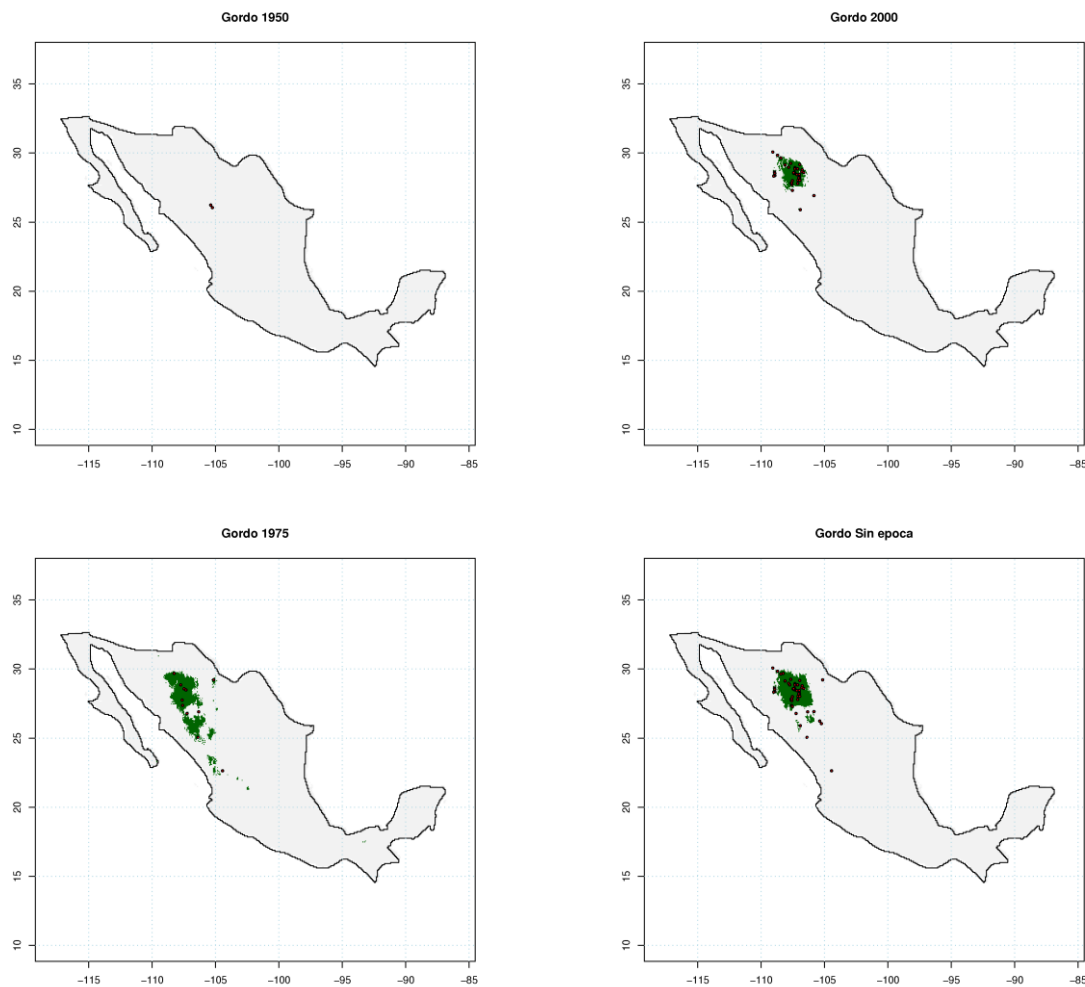


Figura 23. Gordo.

- La distribución de 1975 aparentemente demasiado amplia, por Durango. Sin muestras recientes en Durango.
- Endémica en Chihuahua, con muestras en Sonora y Durango.

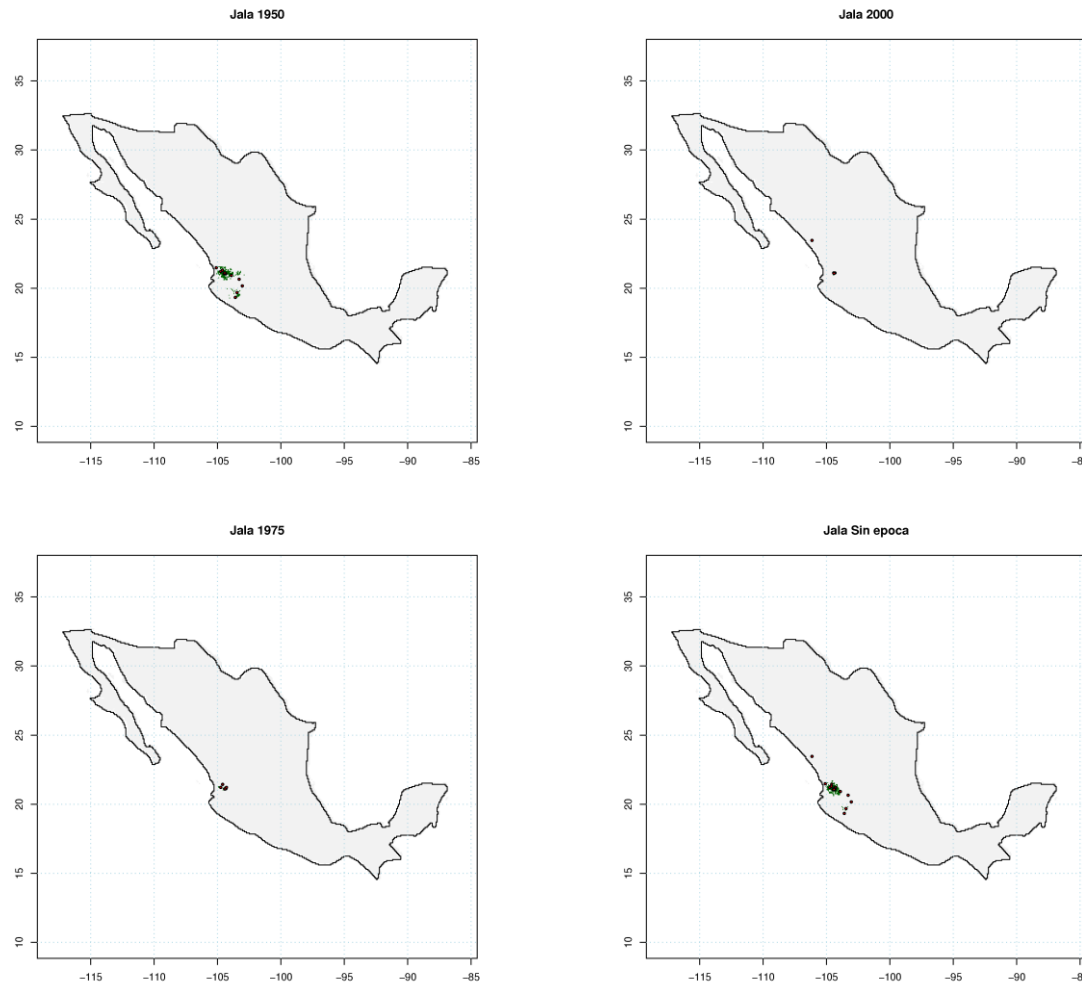
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 24. Jala

- Muestra pequeña (5 ejemplares en 2000), distribución muy restringida.
- Punto en Sinaloa dudoso. En Jalisco podrían ser tipo Tabloncillos largos con más hileras (“influencia de Jala”).
- Casi endémica en Nayarit, algunas muestras en Jalisco, Colima para 1950 y una en Sinaloa para el 2000.

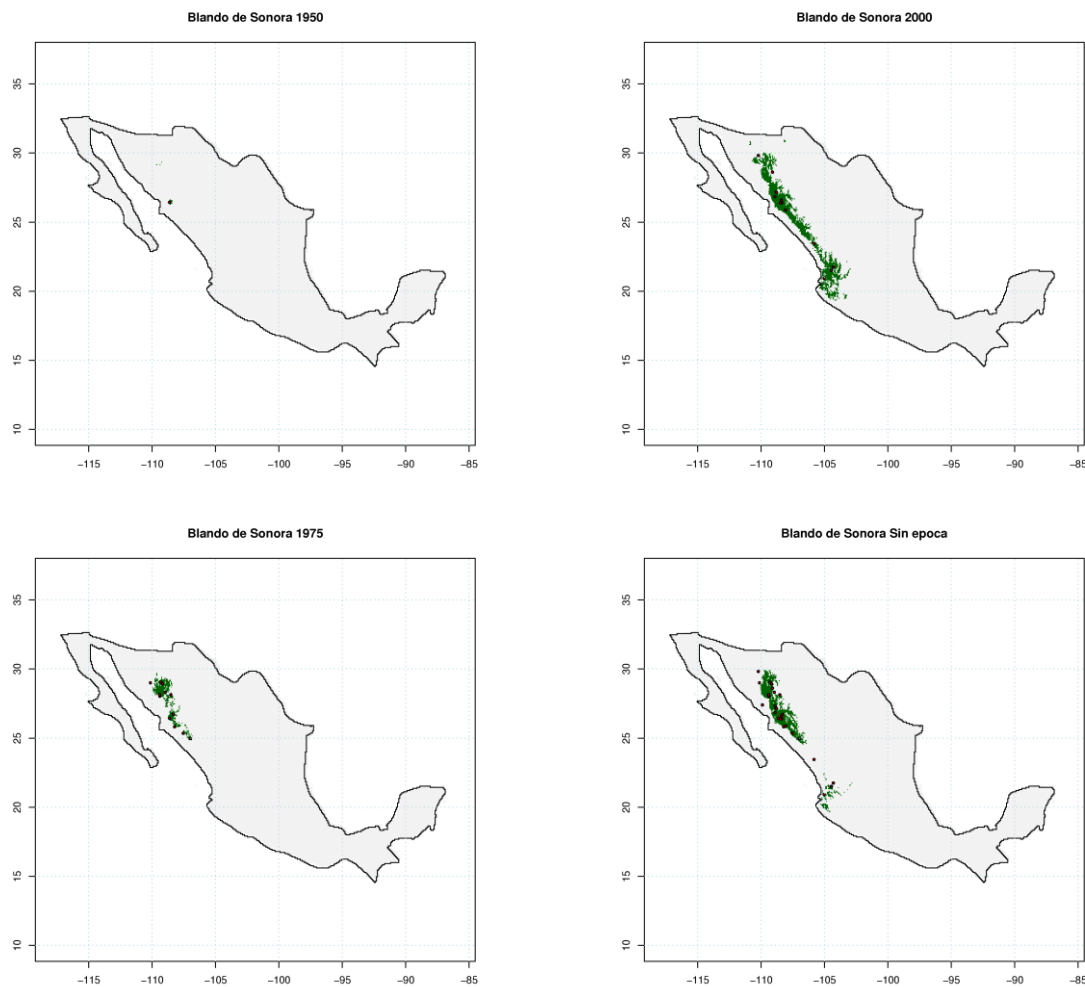


Figura 25. Maíz Blando de Sonora.

- No había sido nombrado en 1950 (la muestra es por reclasificación).
- Ampliación de la distribución en 2000 posible, aunque convendría verificación.
- Centro de distribución en Sonora y Sinaloa; presente en Nayarit.

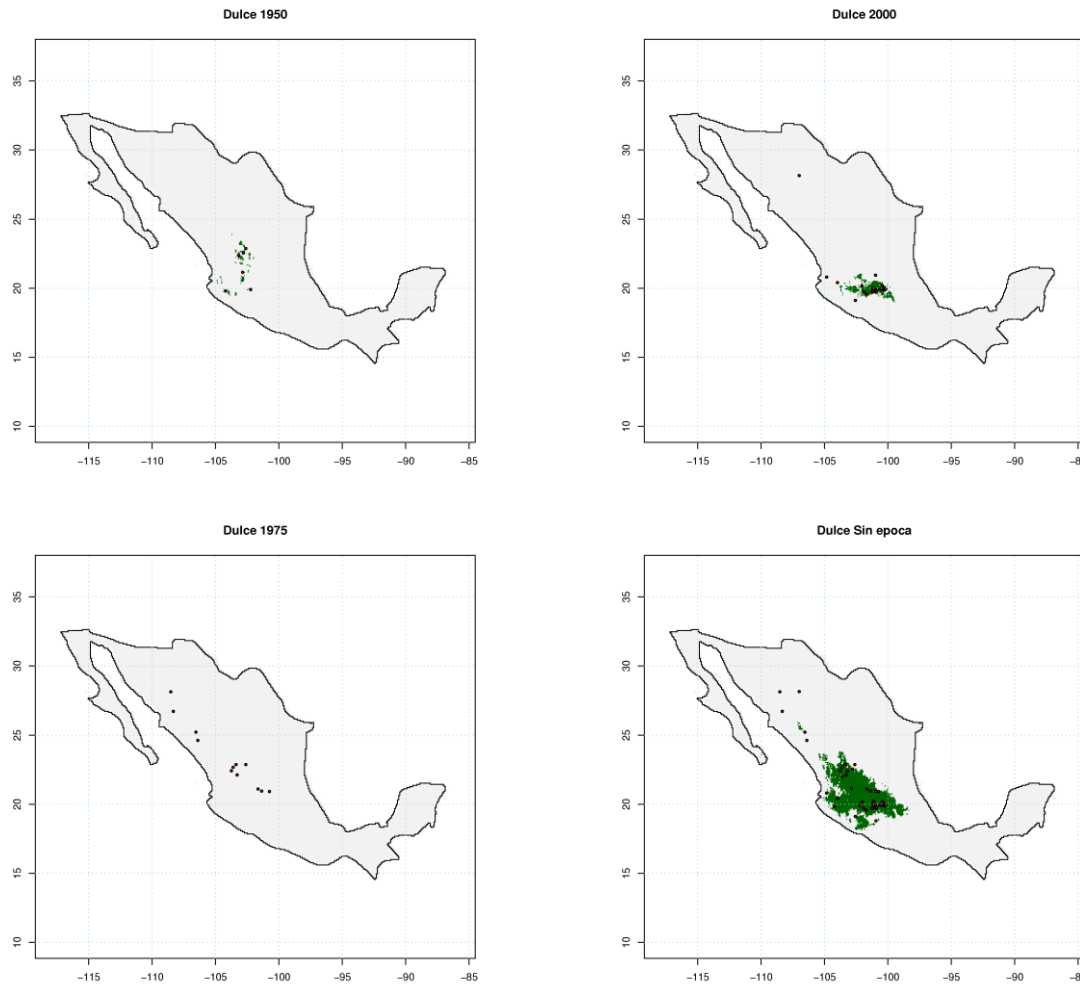
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 26. Maíz Dulce.

- Puntos al norte en muestra de 1975 dudosos (podrían ser Dulcillo del Noroeste).
- Modelo sin época presenta distribución demasiado amplia para cantidad total de muestra (40 ejemplares), poco confiable.
- Centro de distribución en Michoacán; presente en Jalisco, Guanajuato y Zacatecas e incidental en otros estados.

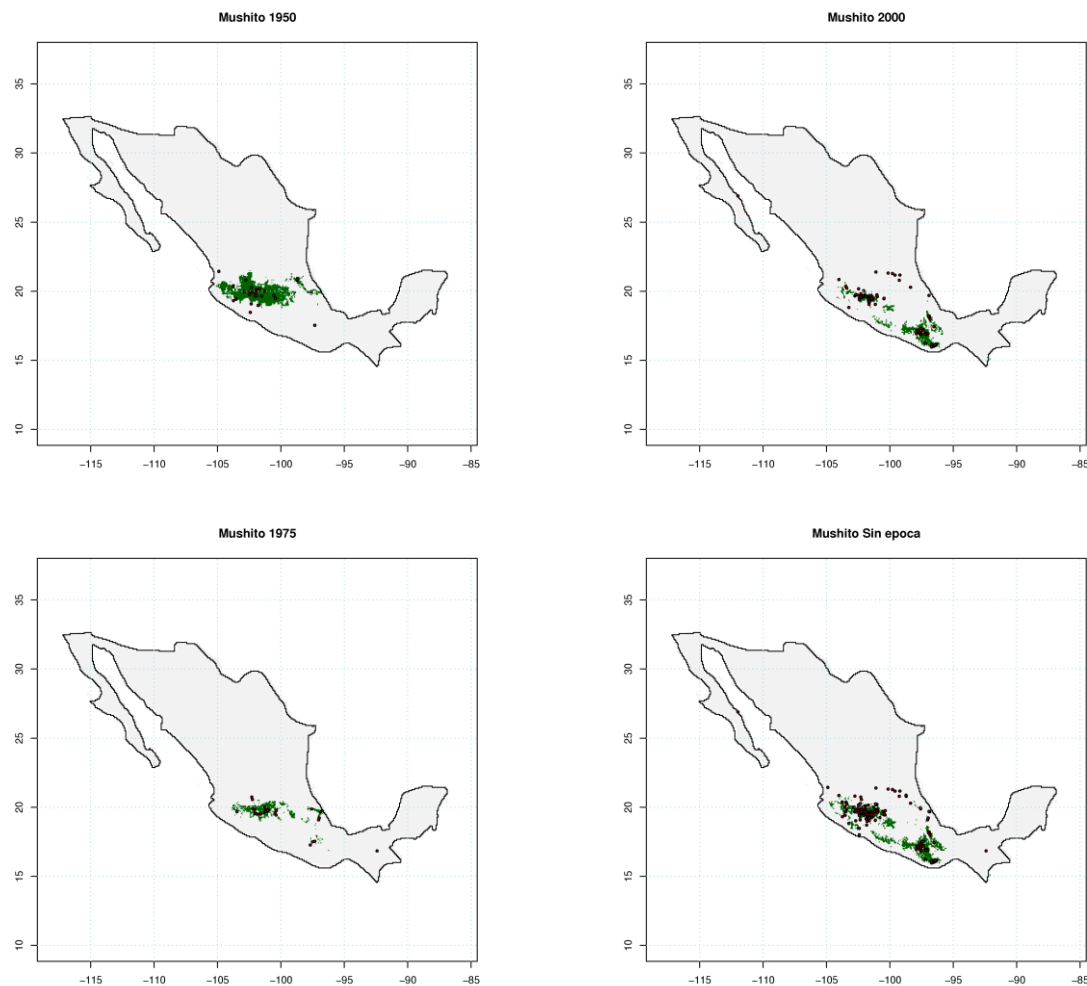


Figura 27. Mushito.

- Muy abundante en muestra de 2000 en Oaxaca y Michoacán, anteriormente solo común en Michoacán.
- Centro de la distribución Michoacán y Oaxaca, incidental en otros 10 estados (incluyendo Baja California Sur).

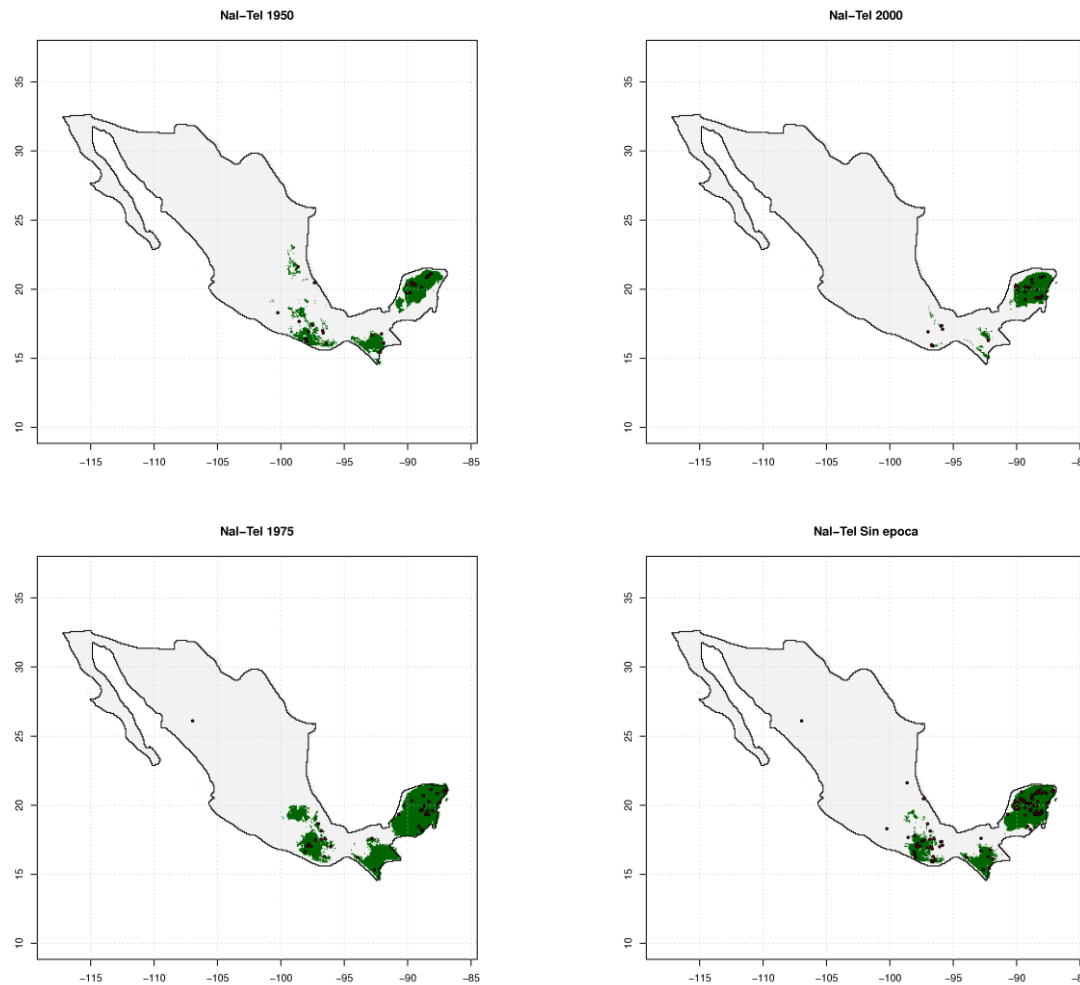
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 28. Nal-Tel.

- Los de la costa de Oaxaca pueden ser Conejo.
- Fácilmente confundido con Conejo y con Chiquito (este último aquí agregado a Nal-Tel de Altura).
- Aparente disminución en muestra de 2000, concuerda con información secundaria.
- “Centro” de la distribución Oaxaca, Yucatán y Quintana Roo (no propiamente un centro), presente en Campeche, incidental en otros 6 estados.

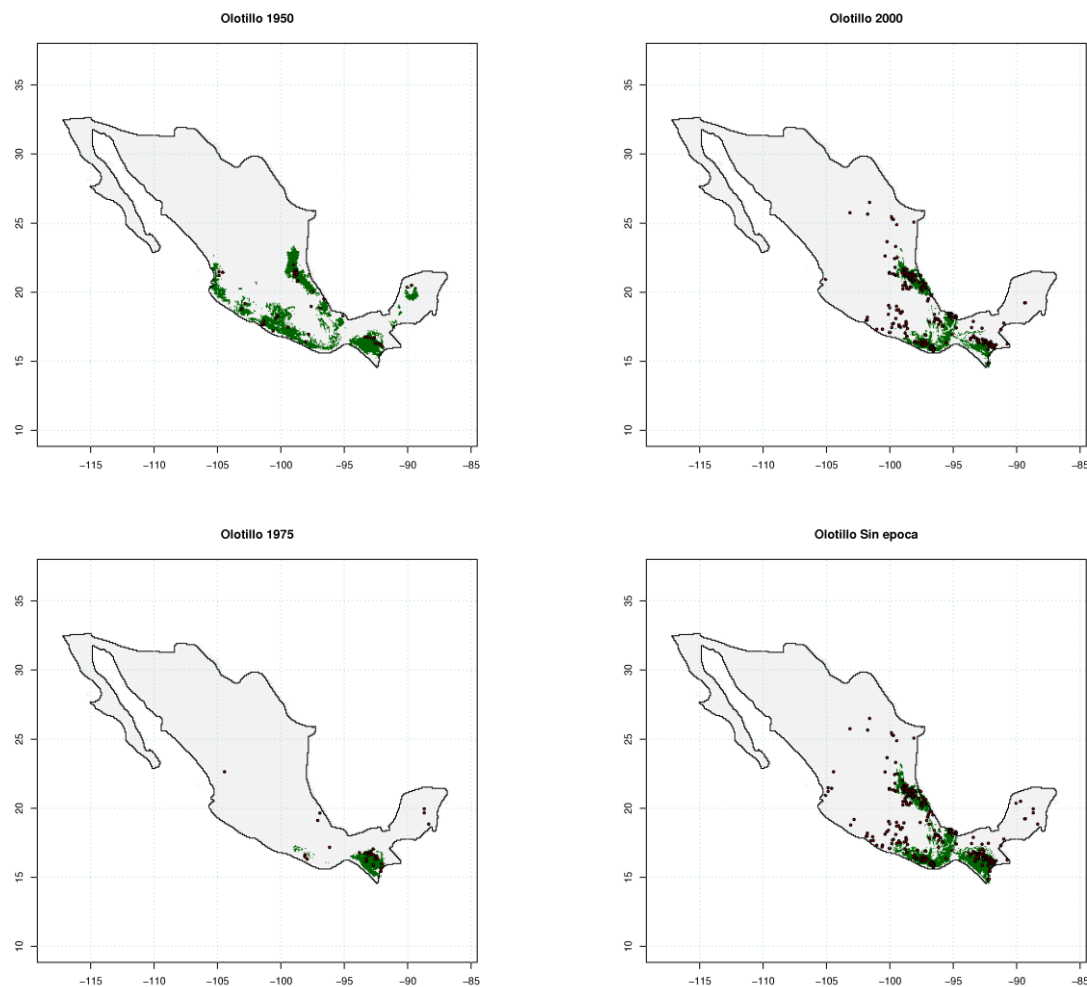


Figura 29. Olotillo.

- Los de Yucatán pueden ser Dzit-Bacal. Puntos en Jalisco podrían ser Tabloncillo.
- Aparentemente subrepresentado en la muestra de 1975.
- Centro de la distribución en Oaxaca y Chiapas; presente también en San Luis Potosí, y Veracruz, incidental en otros 17 estados.

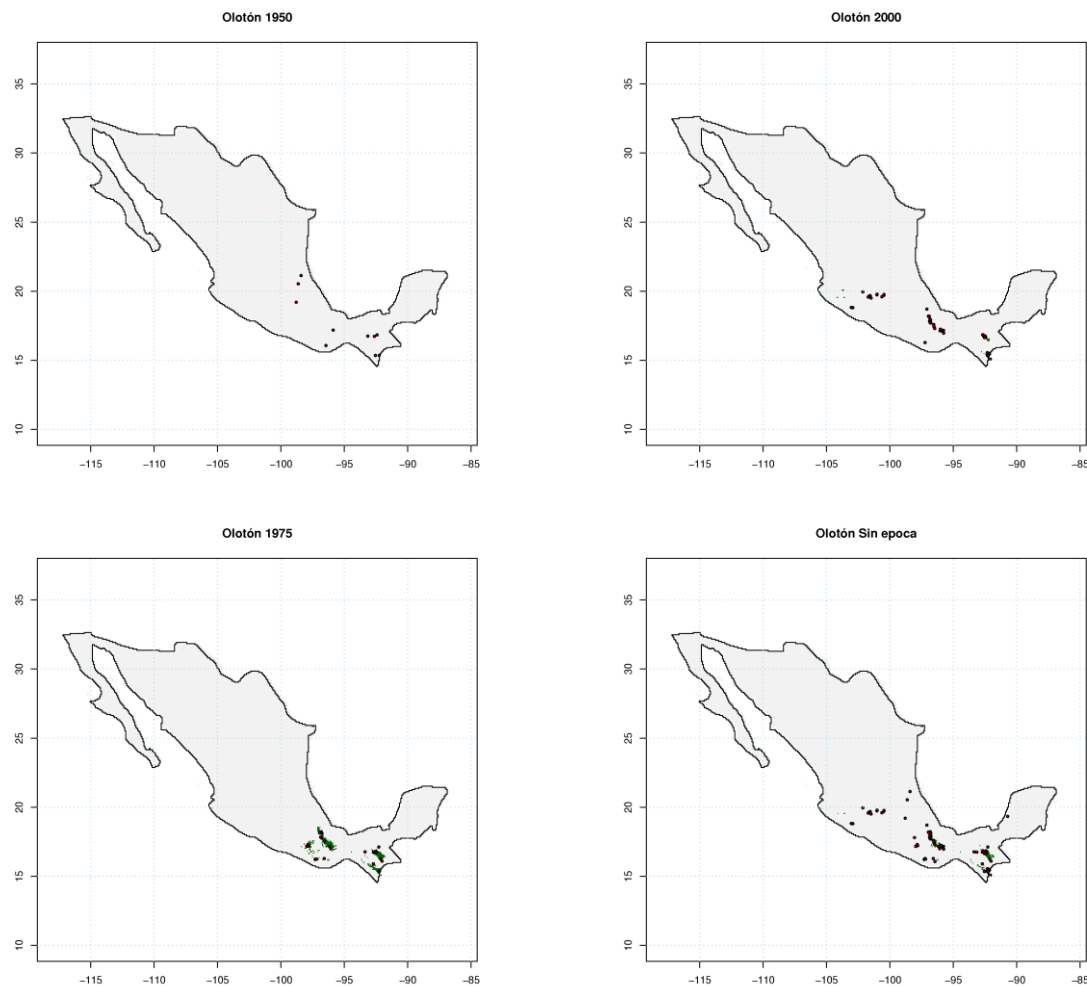


Figura 30. Olotón.

- Pocas colectas en 1950. Los del norte en 1950 pueden ser Coscomatepec. Los de Michoacán en 2000 podrían ser del Complejo Serrano de Jalisco. Presencia dudosa en Campeche.
- Muy común también en Guatemala, donde la clasificación la divide en varias razas.
- Centro de la distribución mexicana en Chiapas; presente en Oaxaca y aparentemente incidental en otros estados.

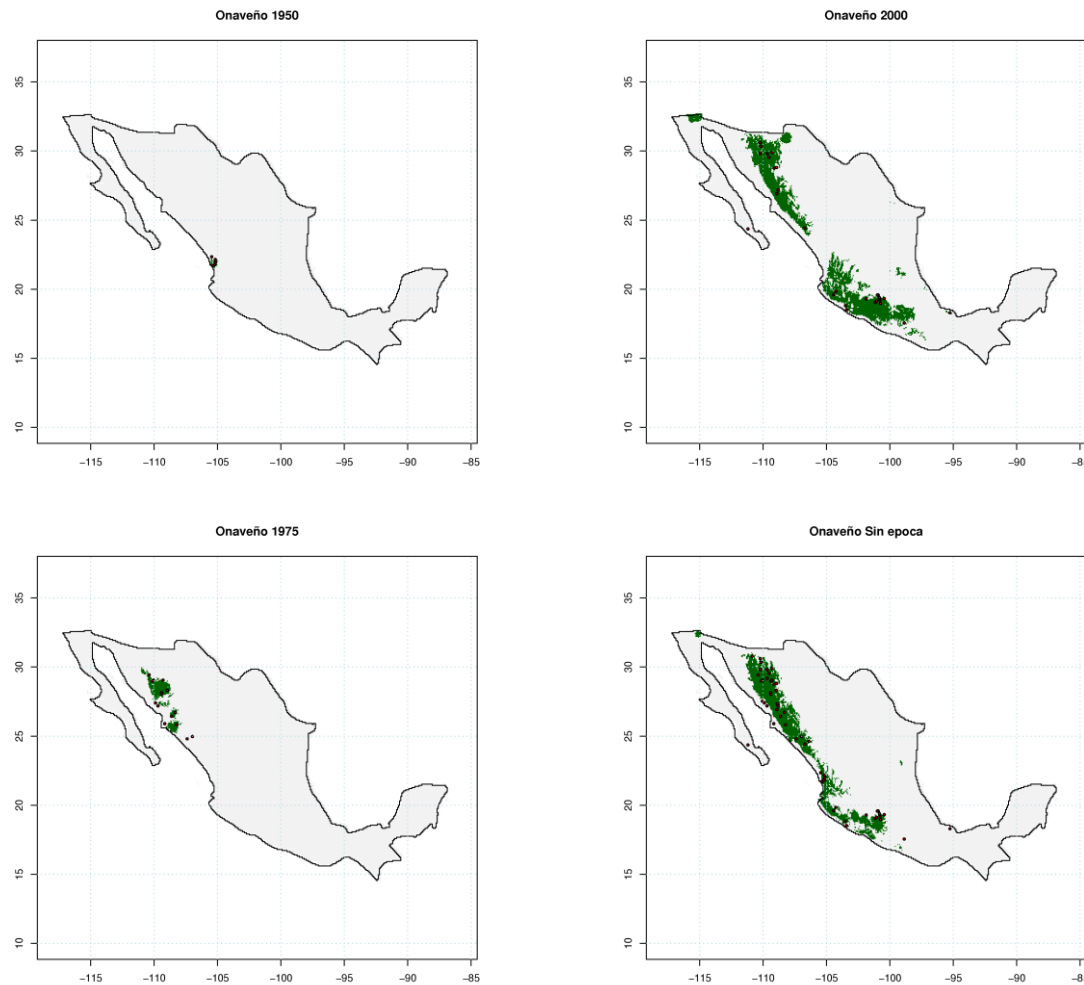


Figura 31. Onaveño.

- Aparentemente faltan muestras de 1950.
- Puntos en el sur en 2000 podrían ser Cristalino (propuesta de nueva raza), pero también se han visto tipos que concuerdan con Onaveño. Incierto si distribución tan amplia como indica modelo 2000 y sin época.
- Centro de la distribución en Sonora; presente en Sinaloa y Nayarit, incidental en cinco estados.

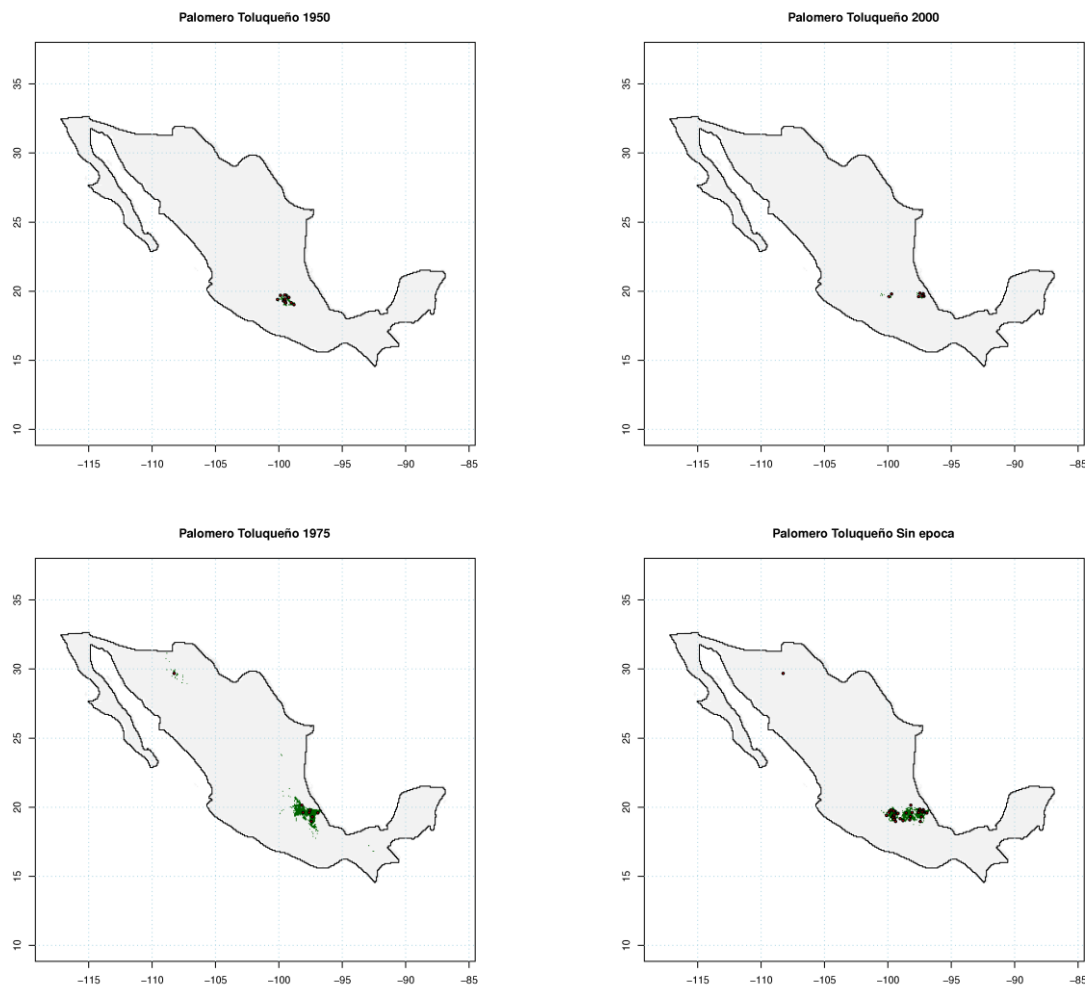


Figura 32. Palomero Toluqueño.

- Puntos al norte en 1975 muy posiblemente Palomero de Chihuahua (sin embargo, Palomero de Chihuahua se eliminó en este estudio por poca muestra).
- En 1975 parece que la distribución está sesgada hacia Puebla y Veracruz. En 2000 se vuelve a reportar de estos estados, lo que sugiere que la clasificación es correcta, pero fue muy raro en el Estado de México.
- Centro de la distribución en el Estado de México, presente en Puebla y Veracruz y ocasional Tlaxcala.

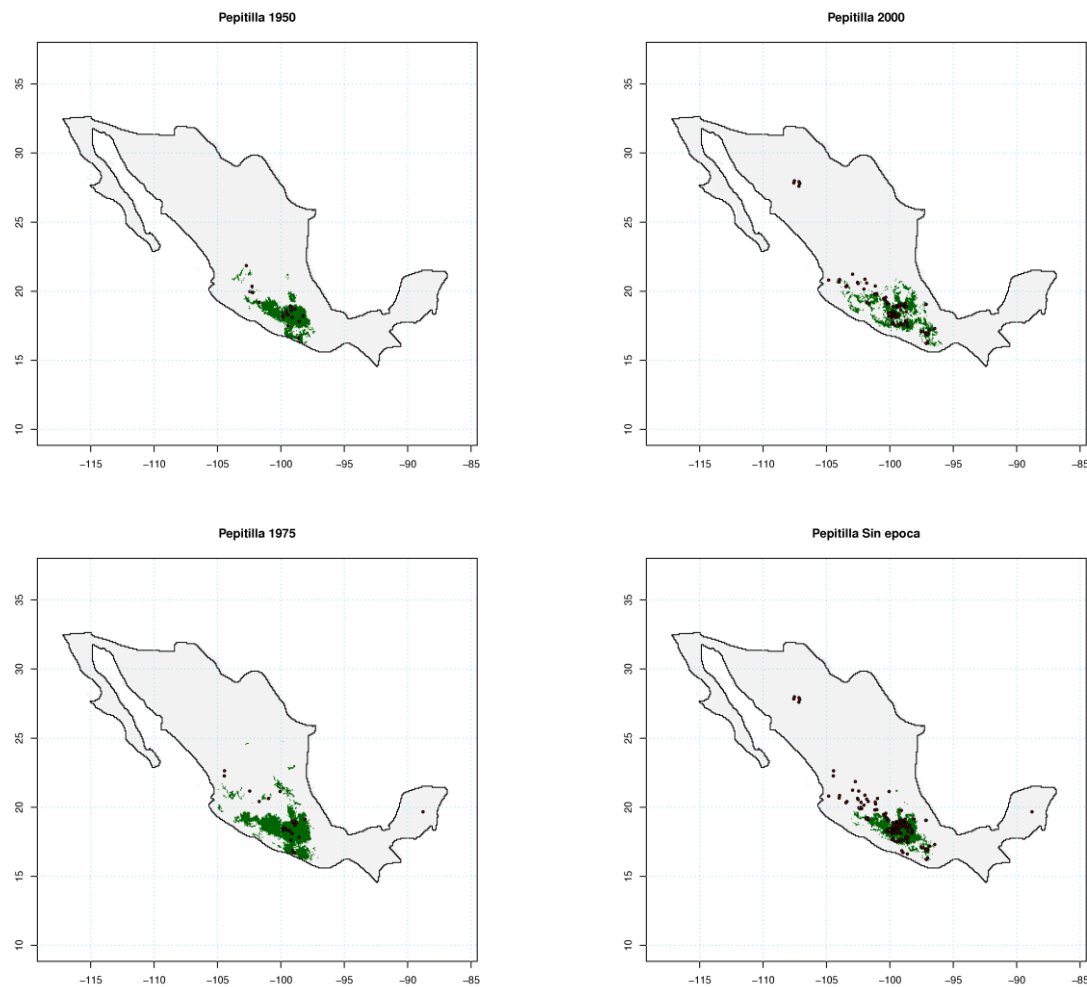
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 33. Pepitilla.

- Punto en Yucatán incierto. También hay Chalqueños con algo de pico con los que se puede confundir.
- Centro de la distribución Guerrero y Morelos, incidental en otros 12 estados.

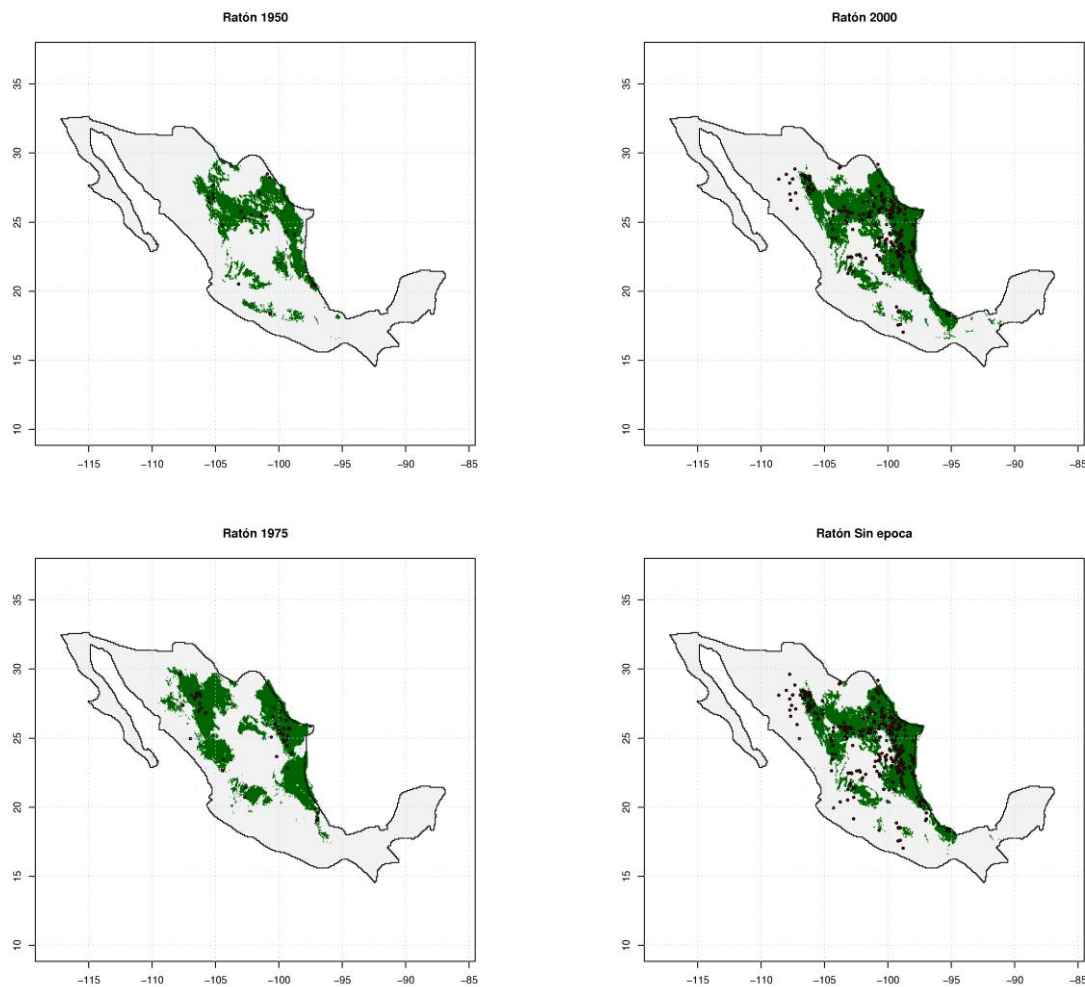


Figura 34. Ratón.

- Puntos al sur podrían ser derivados de mejorados, tiene ciclo corto y se mueve fácil.
- Centro de la distribución en Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Veracruz; incidental en 11 estados.

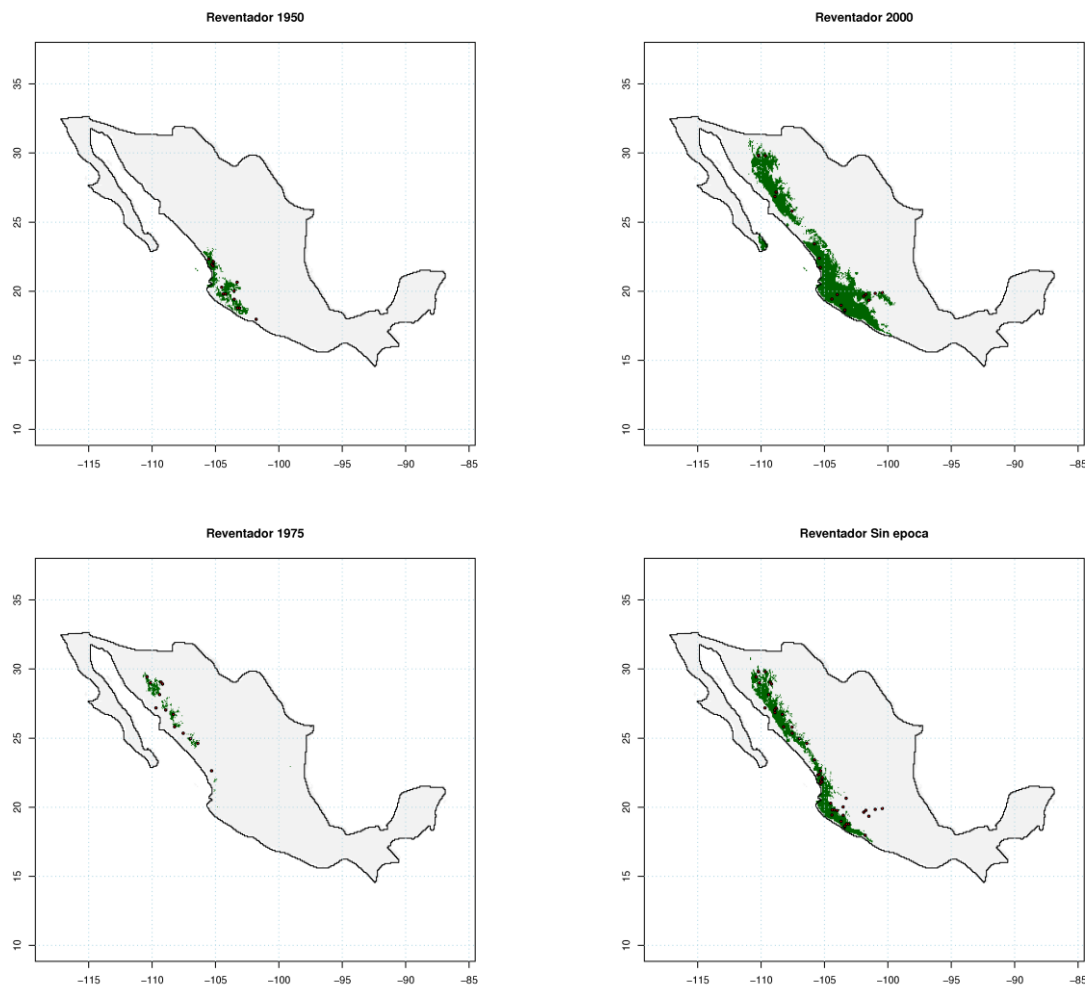
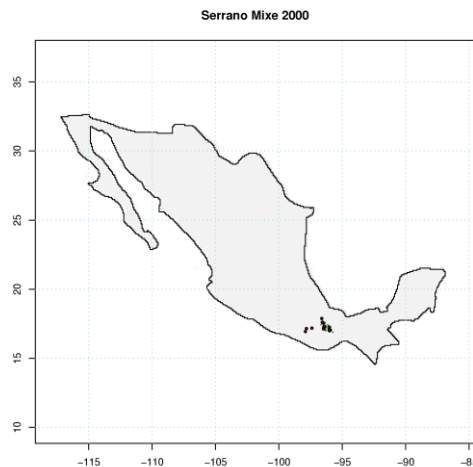


Figura 35. Reventador.

- Aparentemente sesgos de muestra en 1950 y 1975, distribución de 2000 posiblemente más típica.
- Centro de la distribución en Michoacán, Nayarit, Sinaloa y Sonora; presente en Jalisco, incidental en tres estados.

Sin muestra



Sin muestra

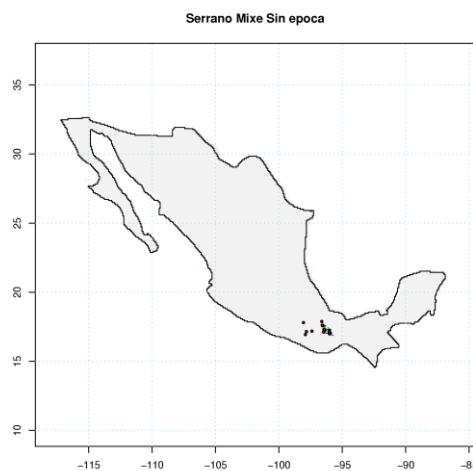


Figura 36. Serrano Mixe.

- Nueva raza descrita por Benz (1986), según Sánchez (1989) es lo mismo que Nal Tel de Altura. Posiblemente deba agregarse a Nal Tel de Altura.
- Requiere revisión de estatus como raza.
- Endémica en Oaxaca.

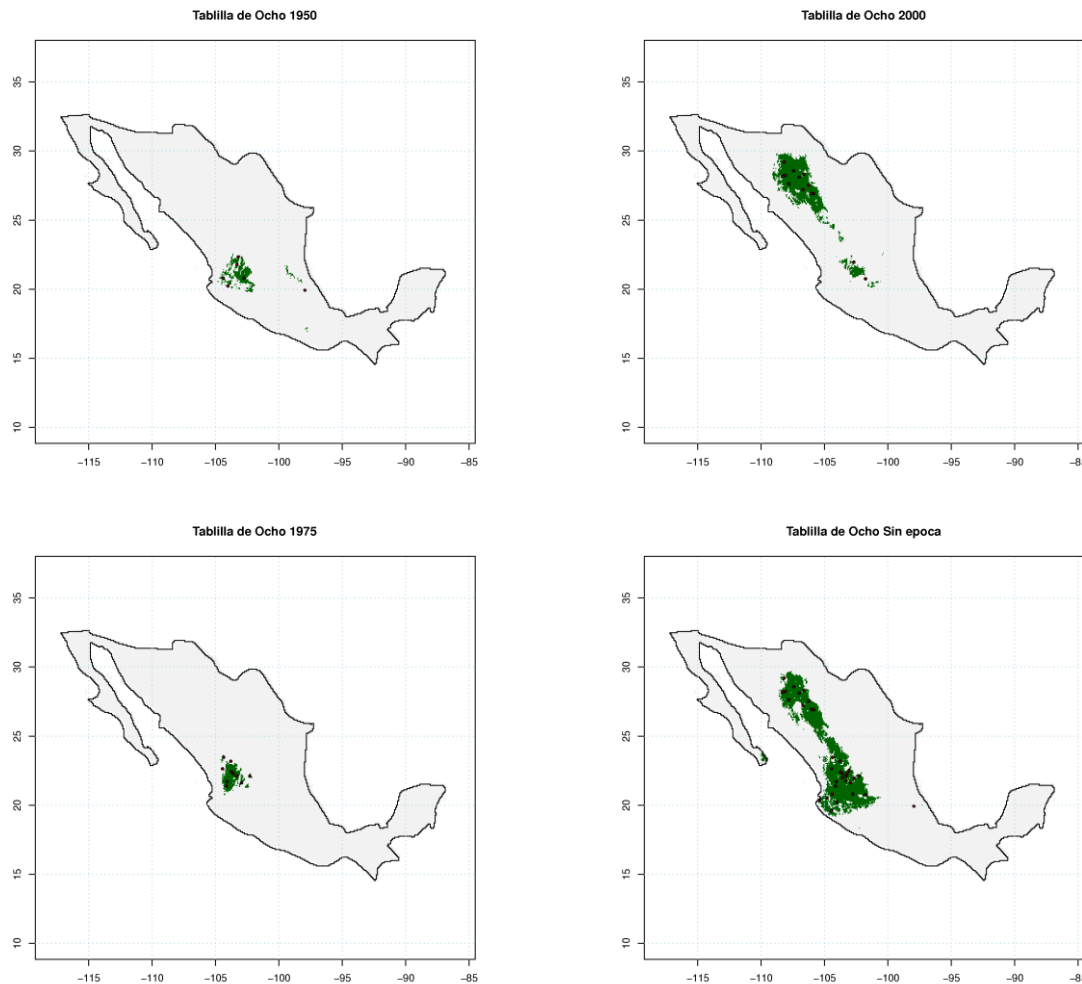


Figura 37. Tablilla de Ocho.

- Problemas de clasificación en el norte (muestra del 2000) con Tabloncillo o Tabloncillo Perla. Requiere revisarse y muy posiblemente corregirse, el modelo de distribución sin época no parece adecuado. La muestra de Chihuahua requiere revisarse.
- Ninguna muestra reciente en Jalisco.
- Centro histórico de la distribución en Jalisco y común en muestra reciente de Chihuahua; presente en Nayarit y Zacatecas.

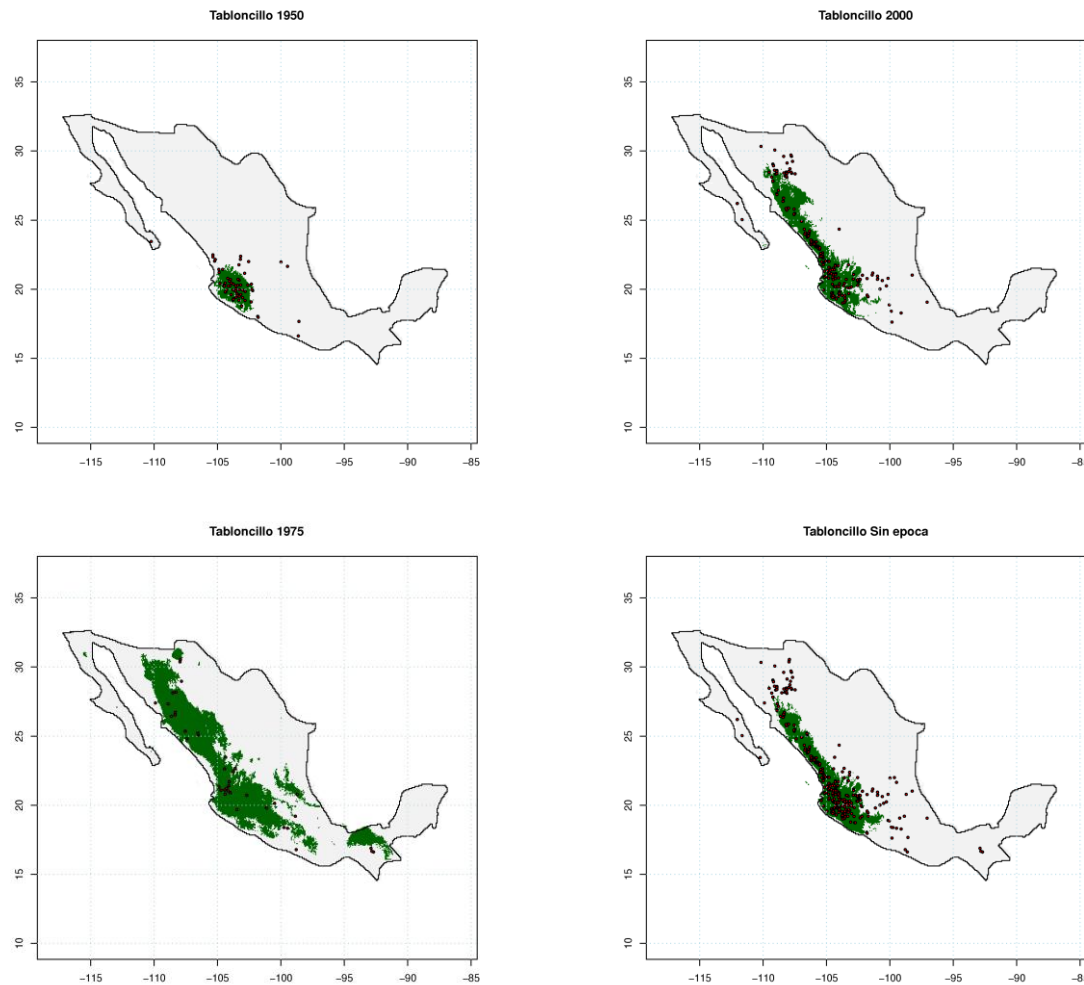


Figura 38. Tabloncillo.

- Posible confusión en 1975 con Tabloncillo Perla en el norte, y con Olotillos hacia el noreste. Distribución demasiado extensa en 1975.
- Centro de la distribución en Jalisco, Nayarit y Sinaloa; incidental en otros 15 estados.

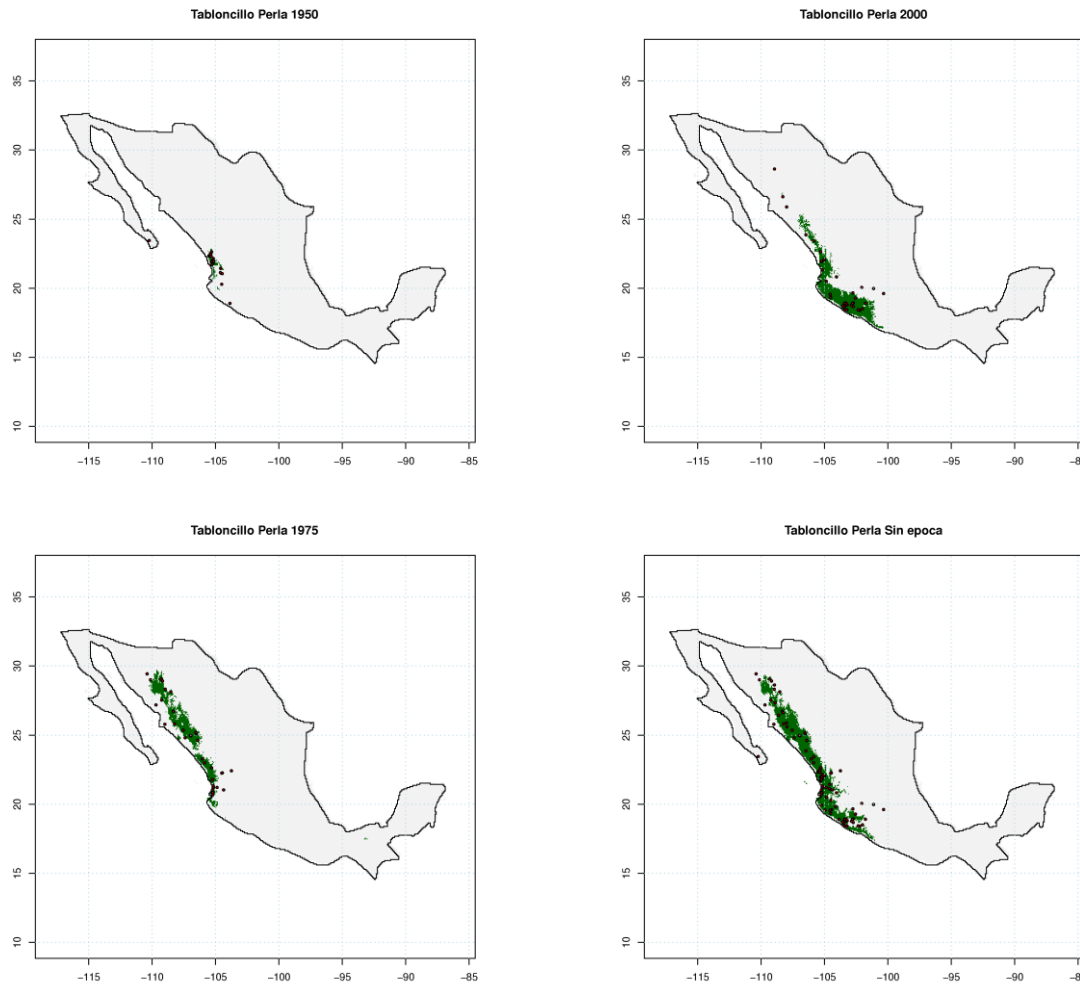
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 39. Tabloncillo Perla.

- Posibles sesgos de muestreo, distribuciones de 1975 y 2000 parecen contrapartes. Requiere verificarse si se mantiene en el noroeste y Michoacán.
- Distribución sin época incierta porque muestras en 1975 y 2000 no coinciden.
- Centro de la distribución en Michoacán, Nayarit, Sinaloa, Sonora; ocasional en Durango y Jalisco, incidental en cuatro estados.

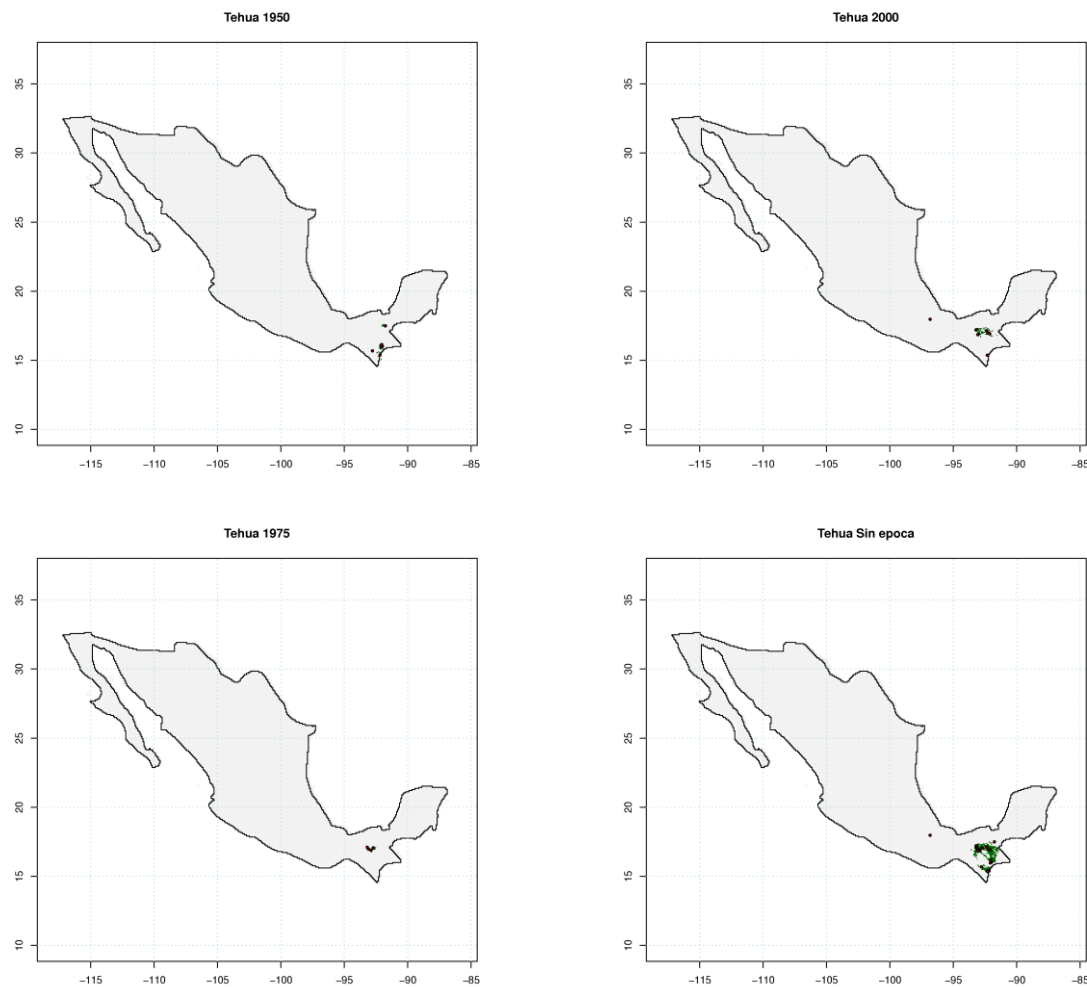


Figura 40. Tehua.

- Extremadamente escasa en las tres épocas de muestreo, posiblemente casi extinta.
- Convendría conocer si existen poblaciones estables.
- Endémica en Chiapas, incidental en Oaxaca y posiblemente Tabasco.

Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

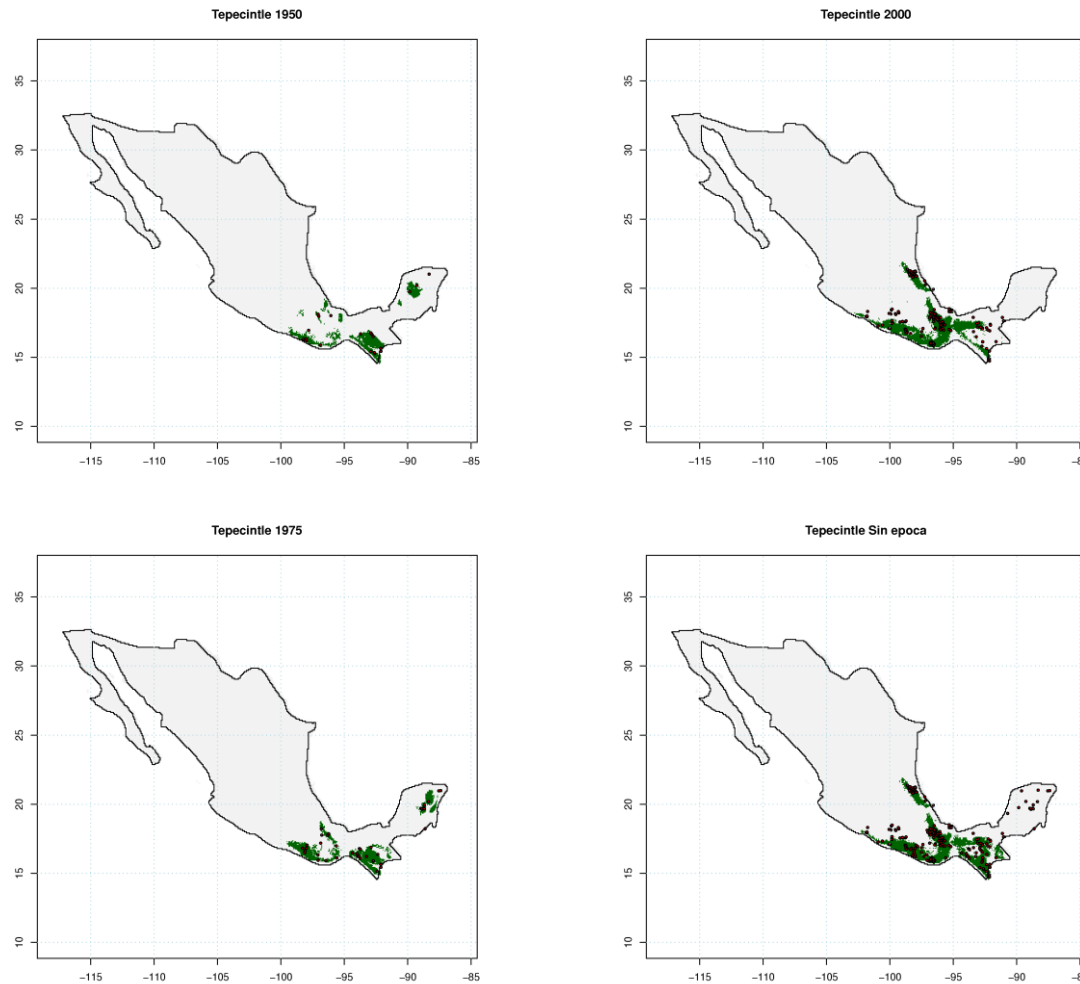


Figura 41. Tepecintle.

En 1975 en Yucatán posiblemente confundido con Tuxpeño o Nal-Tel tardío y en Veracruz en 2000 con Tuxpeños.

Centro de la distribución en Oaxaca; presente en Chiapas y Guerrero, incidental en seis estados.

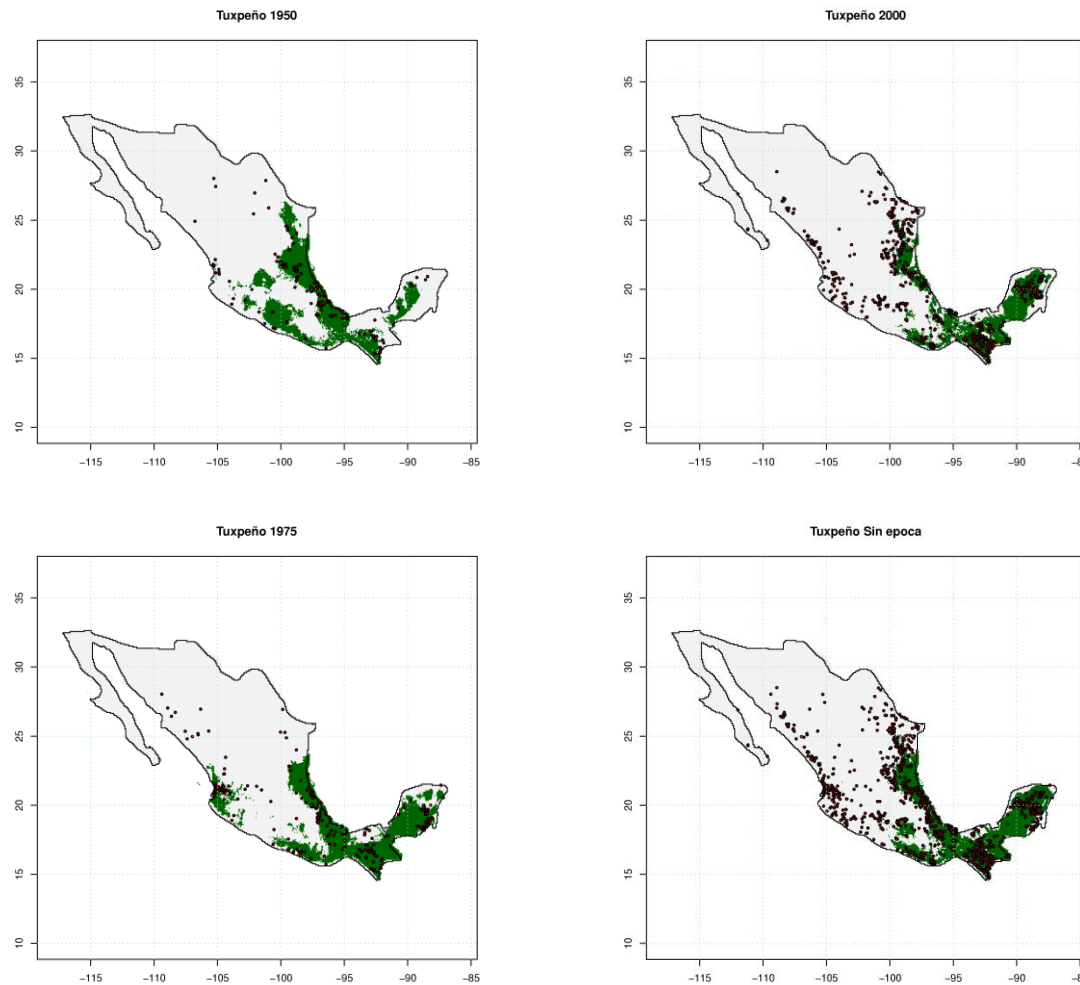
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 42. Tuxpeño.

- La raza con mayor distribución, muestras en 28 estados.
- Puntos al norte muy posiblemente son Tuxpeño Norteño.
- Muy utilizado en variedades comerciales, muchas formas acriolladas. Muy común en clima tropical cálido.
- Sin centro de distribución adecuadamente descrito con base en la muestra, se ha supuesto que su centro es Veracruz; con muestra frecuente en Chiapas, ocasional o incidental en 26 estados.

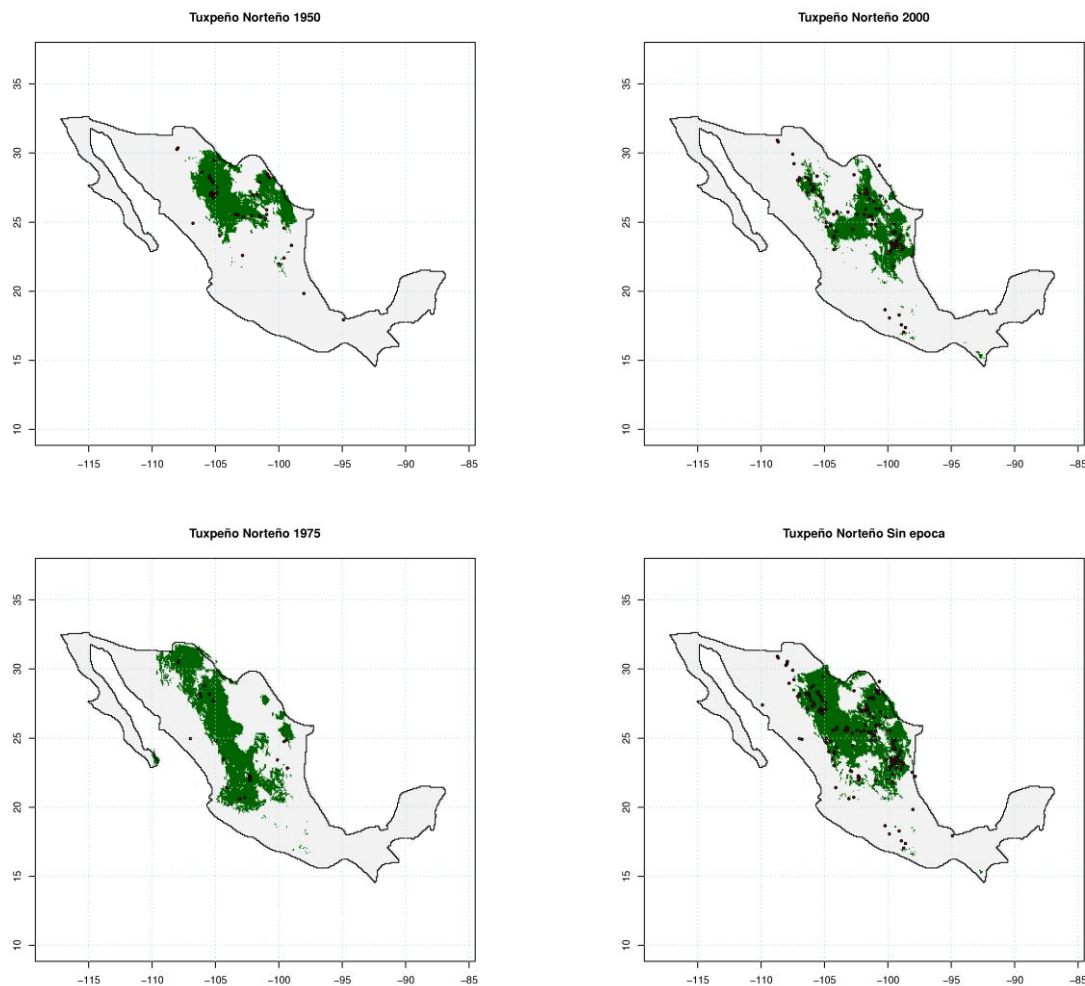


Figura 43. Tuxpeño Norteño.

- Muy posiblemente confundido con Tuxpeño en el sur (muestra del 2000). Pero también posible expansión en el sur por variedades comerciales.
- Centro de la distribución en Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas; incidental en otros 12 estados.

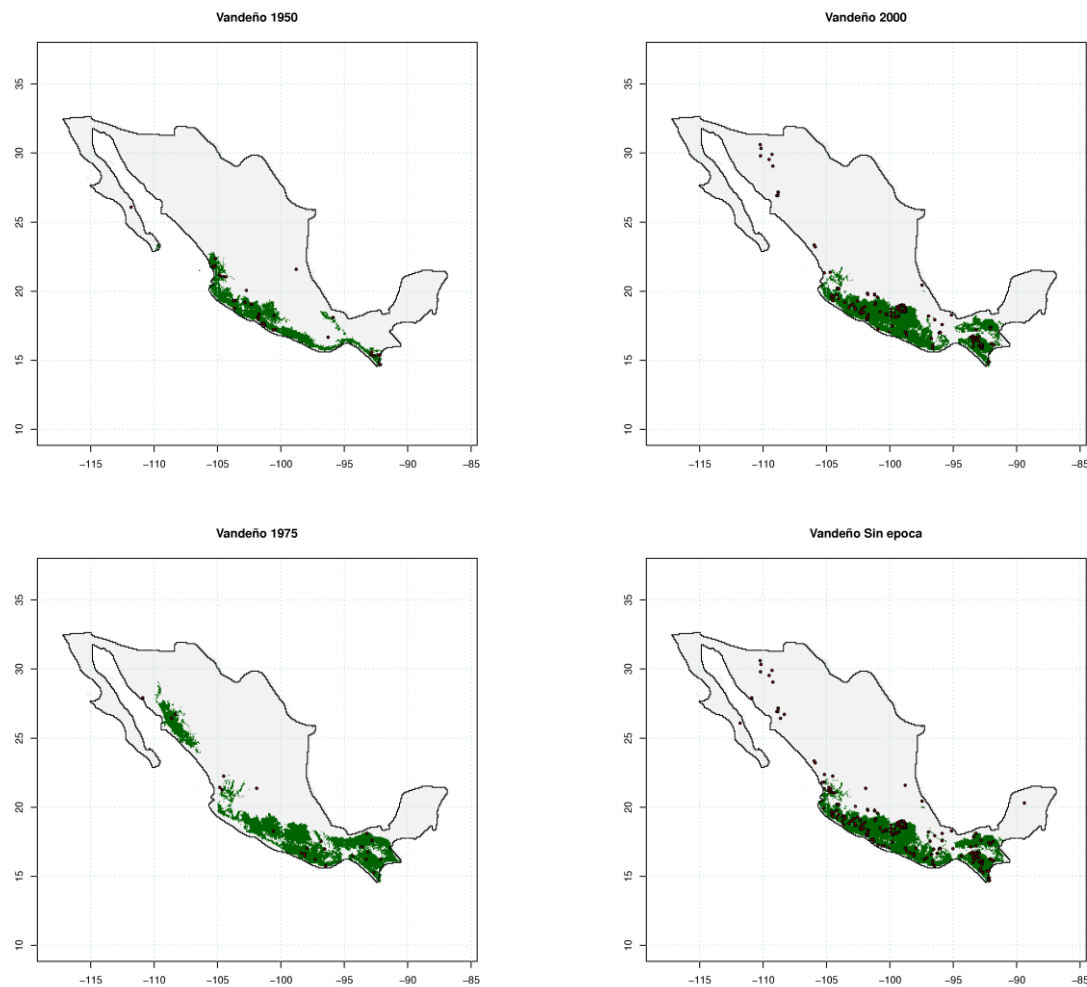


Figura 44. Vandeño.

- Fácilmente confundido con Tuxpeño, con quien comparte características y ambiente. Distribución original en costas del Pacífico.
- Puntos en el norte dudosos, cantidad en Chiapas incierta en 1970.
- Centro de la distribución en Chiapas, Guerrero, Michoacán y Oaxaca; incidental en otros 11 estados.

Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

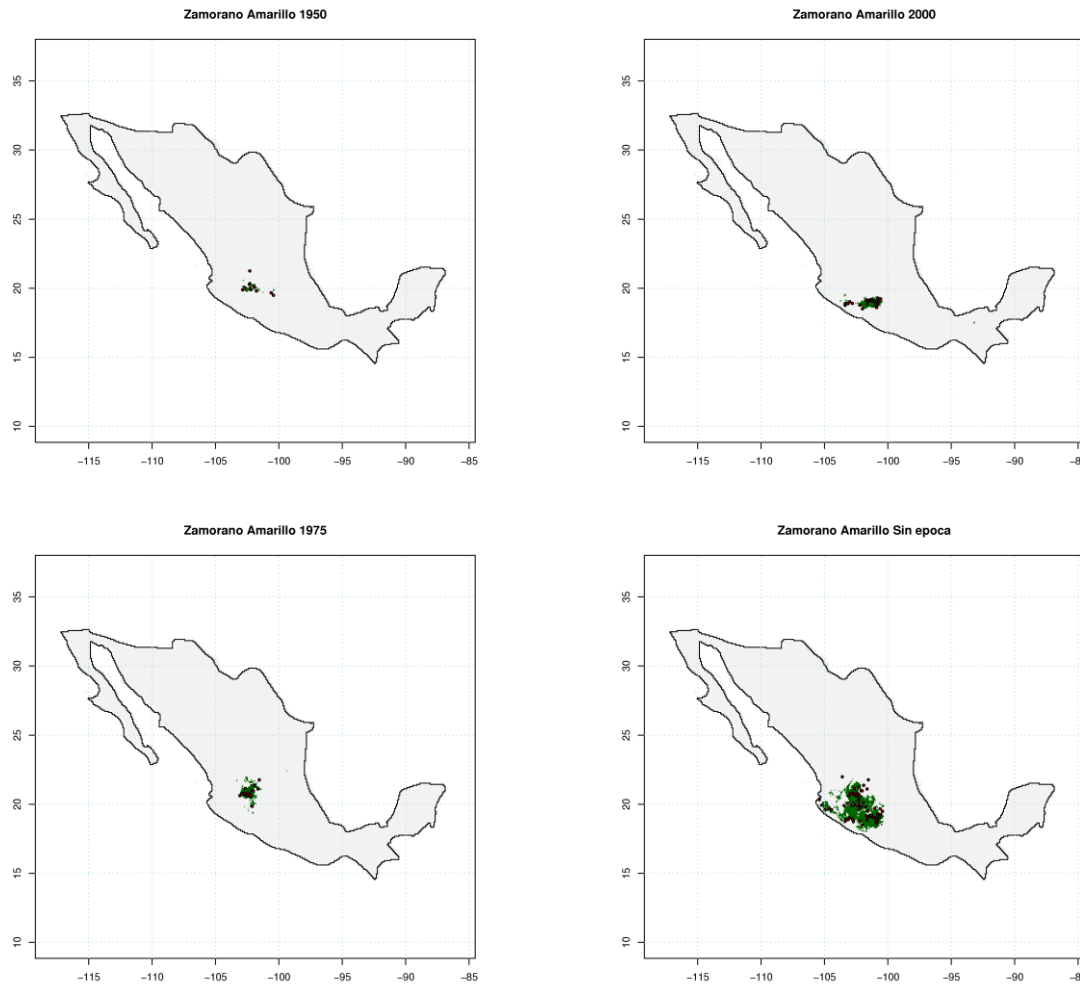


Figura 45. Zamorano Amarillo.

- Distribución en el modelo sin época aparentemente demasiado amplia.
- Centro de la distribución en Jalisco y Michoacán, incidental en Guanajuato.

Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

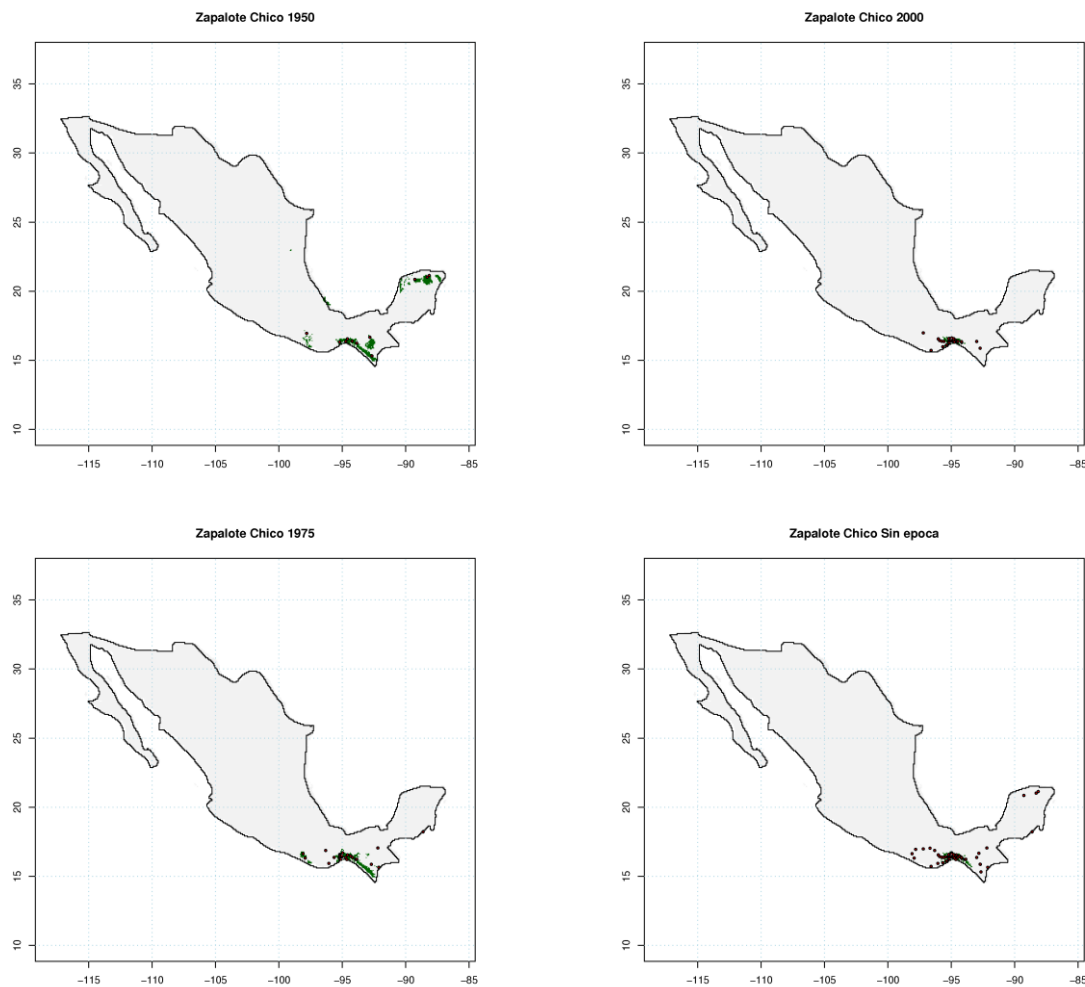


Figura 46. Zapalote Chico.

- Puntos en Yucatán y Quintana Roo (4 ejemplares) inciertos, pero posible.
- Centro de la distribución en Oaxaca, presente en Chiapas.

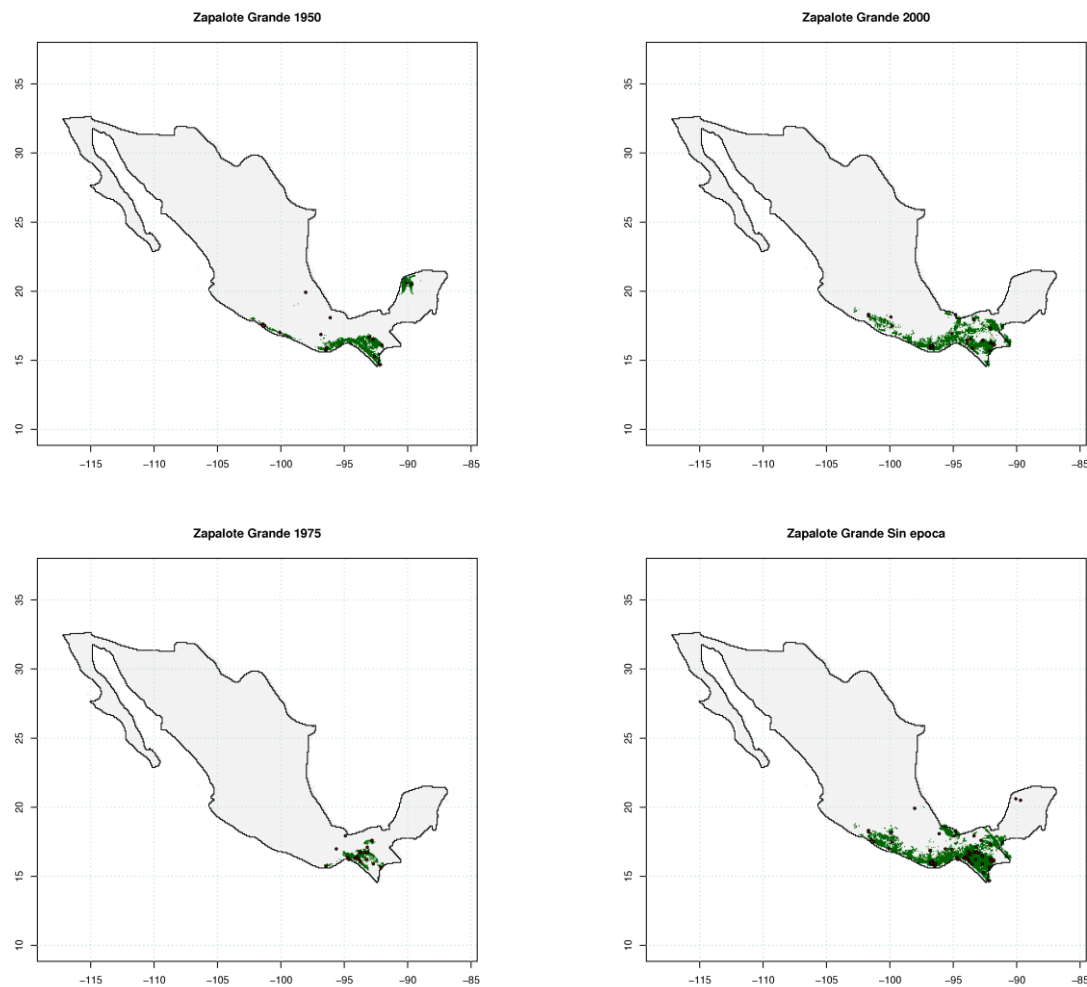
Distribución, diversidad y provincias bioculturales de las razas de maíz en México

Figura 47. Zapalote Grande.

- Presencia reciente en Guerrero posiblemente por mejores colectas. Incierto hacia Veracruz y Puebla, en Yucatán puede ser errores de clasificación.
- Centro de la distribución en Oaxaca y Chiapas; incidental en 5 estados.