

Patrones raciales etnogenéticos de maíces Tabloncillo y Tuxpeño, como mecanismos de conservación de germoplasma nativo

Víctor Antonio Vidal-Martínez^{1§}

Arturo Álvarez-Bravo¹

Bulmaro Coutiño-Estrada²

José Ariel Ruiz-Corral³

José Luis Ramírez-Díaz⁴

José de Jesús Sánchez-González³

¹Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. Entronque a Carretera Federal Nogales-Santiago Ixcuintla km 5, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Tel. 01(800) 0882222, ext. 84422. (alvarez.arturo@inifap.gob.mx). ²Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP. Carretera Ocozocoautla-Cintalapa km 3, Ocozocoautla, Chiapas, México. CP. 29140. Tel. 01(800) 0882222, ext. 86306. (coutino.bulmaro@inifap.gob.mx). ³Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA)-Universidad de Guadalajara. Carretera a Nogales km 15.5, Predio Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México. CP. 45110. Tel. 01(33) 37771150. (jarc580727@gmail.com; jjsanche@cucba.udg.mx). ⁴Campo Experimental Centro Altos de Jalisco-INIFAP. Carretera Libre Tepatitlán-Lagos de Moreno km 8, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. AP. 56. CP. 47600. Tel. 01 (800) 0882222, ext. 84517. (ramirez.joseluis@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: vidal.victorantonio@inifap.gob.mx.

Resumen

La diversidad de los maíces nativos representada por presencia de razas primarias *per se*, mezclas genéticas entre ellas, la pluralidad de agroecosistemas donde se cultivan y las interrelaciones entre ellos; propician la presencia de patrones etnogenéticos o varietales. La presencia de maíces nativos en el Estado de Nayarit en la actualidad puede ser considerada amplia, en virtud de que se encuentran en la totalidad de los municipios. El objetivo del presente trabajo fue conocer y destacar la importancia de las Razas Tabloncillo y Tuxpeño como patrones raciales etnogenéticos determinantes en la conservación genética de los maíces nativos de Nayarit. De 2008 a 2012 se realizaron 166 colectas, las cuales fueron caracterizadas agrónomicamente y determinada su clasificación racial. Variables de planta (mazorca y grano) y ambiente en función de su georreferenciación fueron consideradas. Las características de longitud de mazorca, granos por hilera, ancho y longitud de grano permitieron identificar fenotípicamente al patrón etnogenético de Tabloncillo, y las características de diámetro de mazorca, número de hileras, grosor de grano y volumen de grano al Tuxpeño. Las variables ambientales permitieron corroborar la distribución de ambos corredores etnogenéticos y la ubicación de sus respectivos nichos ecológicos.

Palabras clave: *Zea mays* L., patrones etnogenéticos, razas Tabloncillo, Tuxpeño.

Recibido: octubre de 2018

Aceptado: diciembre de 2018

Introducción

México es considerado centro de origen y diversidad genética del maíz (Sánchez *et al.*, 2000). Dicha diversidad del maíz, se ha manifestado; a través, de la presencia de razas, o variedades nativas, denominadas genéricamente como maíces criollos por el agricultor, el cual ha a través de sus métodos tradicionales de cultivo los ha conservado para su aprovechamiento (Muñoz, 2003).

Maíz criollo es un término que utilizan los agricultores para diferenciar un maíz nativo o adaptado a las condiciones agroecológicas de su región, de un tipo de maíz obtenido a través de programas de mejoramiento genético. Comúnmente son poblaciones heterogéneas, homo-heterocigotas, desarrolladas y conservadas por los agricultores a través de múltiples generaciones de selección empírica para caracteres específicos como textura de grano, color, forma de mazorca, sanidad, ciclo vegetativo, entre otros. Dichos maíces nativos son producto de la selección de manera práctica realizado el hombre desde tiempos inmemorables; con la intervención del ambiente y en función de la presión ecológica, culinaria y conceptos metafísicos (Hernández, 1970; Rincón *et al.*, 2010).

Durante el proceso para elegir los caracteres más deseables en los maíces nativos, la mujer y el hombre se aplicaron de manera conjunta a llevar a cabo la tarea de seleccionar los tipos de planta y mazorca con mejor habilidad para sobrevivir en el entorno en que hacían su cultivo, teniendo las mujeres una influencia decisiva en seleccionar las propiedades de mejor calidad en el grano para los diversos usos alimenticios (Ron *et al.*, 2006).

Esta aportación dinámica conjunta dentro de las culturas tradicionales de los procesos de selección, formación y conservación de estos maíces; contribuye de manera significativa a que en la actualidad se tenga disponibilidad de los maíces nativos en prácticamente todas las entidades federativas de México. Es conocido que, en los sistemas agrícolas tradicionales, sobre todo aquellos prevalecientes en siembras de temporal, los sistemas de producción lleguen a ser complejos e integrales donde el cultivo del maíz ejerce un importante cometido en la economía familiar de las comunidades, cuya producción se destina principalmente para el autoconsumo y uso como forraje (Rincón *et al.*, 2010).

La diversidad genética de los maíces nativos representada por presencia de razas primarias *per se* y mezclas genéticas entre ellas (variedades con influencia de razas secundarias) y la múltiple presencia de agroecosistemas donde se cultivan y las interrelaciones entre ellos han permitido elaborar una clasificación racial o grupos raciales. Por su presencia constante a través de ambientes, Muñoz (2003) los clasifica y denomina patrones etnofitogenéticos o patrón varietal.

La presencia de maíces nativos en el estado de Nayarit en la actualidad puede ser considerada amplia, en virtud de que han sido localizados en la totalidad de los municipios, a través de la presencia de siete razas primarias de maíces nativos: Tabloncillo, Tuxpeño, Elotero de Sinaloa, Blando de Sonora, Bofo, Elotes Occidentales y Vandeño; y 11 razas con presencia de razas secundarias por influencia o infiltración genética de esa segunda raza. La presencia de estas 11 razas secundarias, por el movimiento o intercambio de germoplasma de maíces nativos entre localidades dentro de las regiones agrícolas prevalecientes de la entidad (Regiones Sierra, Valles y Costa), que se ha mantenido a través del tiempo hasta la actualidad, ha propiciado en consecuencia presencia actual de infiltración genética interracial.

La importancia de la presencia de este flujo genético ha promovido que dicho germoplasma nativo siga cubriendo las necesidades y conveniencias de la población rural y de los grupos étnicos principalmente Huichol, Cora y Tepehuano, que utilizan y conservan estos maíces nativos dados sus atributos agronómico-alimenticios, religiosos y ceremoniales (Vidal *et al.*, 2017). La raza Tabloncillo actualmente se distribuye en estados del Pacífico Norte y Pacífico Centro y sus áreas de distribución potencial abarca los estados de Campeche, Yucatán, Oaxaca y Puebla (Ron *et al.*, 2006; Ortega *et al.*, 2013). La raza Tuxpeño es una de las razas de mayor distribución y representatividad geográfica en México y por tanto con mayor adaptabilidad, cuya distribución actual y potencial es muy amplia (Ruiz *et al.*, 2008; Ortega *et al.*, 2013).

La gran diversidad genética del maíz nativo prevaleciente en Nayarit, sostenida en gran parte por la mayor presencia de las razas Tabloncillo y Tuxpeño y sus combinaciones genéticas en la entidad, conduce a destacar la prevalencia e importancia de estas dos razas como patrones varietales, sobre todo por su presencia en lugares antes no reportados, lo cual también es un indicativo de su factible presencia como corredores genéticos en épocas recientes, los cuales han llegado a tener alcances interestatales. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue conocer y destacar la importancia de las Razas Tabloncillo y Tuxpeño como patrones raciales etnogenéticos determinantes en la conservación genética de los maíces nativos de Nayarit.

Materiales y métodos

Zona de estudio

Comprendió la totalidad del Estado de Nayarit, el cual se localiza entre los 23° 05' y 20° 36' latitud norte y 103 ° 43' y 105° 46' longitud oeste. Tiene una extensión de 27 857 km², por lo cual ocupa el lugar 23 a nivel nacional ya que representa 1.4% de la superficie total del país (INEGI, 2015).

Regionalización y características climáticas

Por sus características climáticas y altitudinales, la zona de estudio se dividió en tres polígonos: Región Costa (compuesta por los municipios de Tecuala, Acaponeta, Rosamorada, Ruiz, Tuxpan, Santiago Ixcuintla, San Blas, Compostela y Bahía de Banderas) donde prevalece un clima cálido subhúmedo del tipo Aw con una temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C y un rango altitudinal que va desde los 0 hasta los 300 msnm. Región Valles (donde se incluyen los municipios de Tepic, Xalisco, Santa María del Oro, Jala, San Pedro Lagunillas, Ahuacatlán, Ixtlán del Río y Amatlán de Cañas) con un clima semicálido subhúmedo del tipo (A)C(w) con una temperatura media anual mayor de 18 °C, temperatura del mes más frío menor de 18 °C y un rango altitudinal desde los 500 hasta los 1 600 m.

Región Sierra (los municipios que lo integran son Huajicori, La Yesca y Del Nayar) con un clima templado subhúmedo del tipo C(w) con una temperatura media anual entre 12°C y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y un rango altitudinal entre los 900 y los 1200 msnm con una con una precipitación del mes más seco menor de 60 mm, lluvias de verano con índice de precipitación/temperatura entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal de 5% a 10.2% del total anual (García, 1964).

Material genético

Fueron exploradas siete razas primarias de maíces nativos con prevalencia actual en el estado de Nayarit: Tabloncillo (42 colectas), Tuxpeño (30), Elotero de Sinaloa (10), Blando de Sonora (3), Elotes Occidentales (4), Bofo (2) y Vandeño (1), y 11 razas secundarias o subrazas que manifiestan influencia o infiltración genética de una segunda raza: Tuxpeño x Tabloncillo (17), Tabloncillo x Tuxpeño (15), Elotes Occidentales x Tabloncillo (2), Tabloncillo x Olotillo (1), Tabloncillo x Blando de Sonora (1), Elotes Occidentales x Elotero de Sinaloa (1), Vandeño x Tabloncillo (3), Reventador x Tabloncillo (3), Olotillo x Tabloncillo (1) y Harinoso de Ocho x Tabloncillo (1).

Sitios y número de colectas

El periodo de recolectas de maíces criollos comprendió de 2008 a 2012, en colaboración con el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) del SNICS- SAGARPA, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-SEMARNAT, Fundación Produce Nayarit, AC y presidencias municipales. Fue cubierta la composición geográfica estatal prevalectante: Región Valles (RV), Región Sierra (RS) y Región Costa (RC), georreferenciándose los sitios de colecta. En 2008, se realizaron 68 colectas en ocho municipios: Amatlán de Cañas (4) (RV), Ixtlán del Río (8) (RS y RV), Ahuacatlán (12) (RV), Santa María del Oro (9) (RV), Del Nayar (3) (RS), La Yesca (21) (RS), Tecuala (6) (RC) y Acaponeta (5) (RC). Durante 2010, 42 colectas en ocho municipios: siete de la Región Costa (RC): Bahía de Banderas (16), Compostela (8), San Blas (2), Santiago Ixcuintla (2), Tuxpan (6), Rosamorada (3) y Tecuala (6). De la Región Sierra (RS) Huajicori (2) y en 2012, 56 colectas realizadas en el municipio de Santiago Ixcuintla (RV y RS). Se realizó un total de 166 colectas, la mayoría de ellas realizadas en RC con 107, RV con 33 y RS con 26 colectas. El número total de localidades muestreadas fue de 58 (Figura 1).

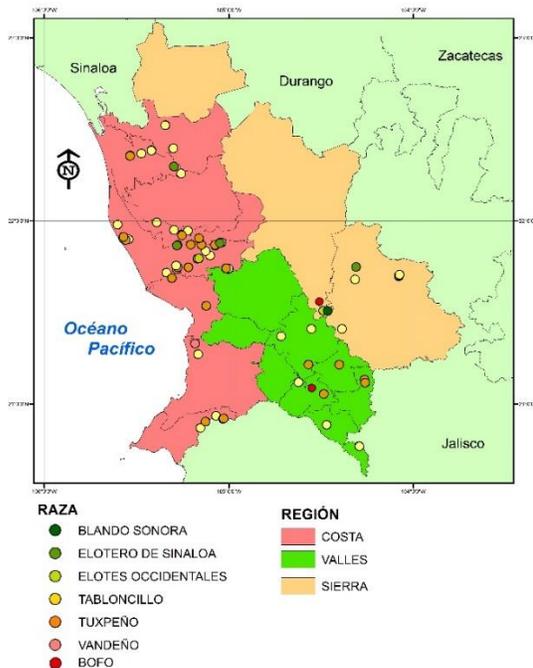


Figura 1. Distribución geográfica de las colectas, según razas primarias y secundarias y región en el estado de Nayarit.

Metodología de recolección

En cada una de las regiones agrícolas del estado (Costa, Sierra, Valles) se realizaron recorridos para los cuales se organizaron grupos de trabajo, los períodos de recolecta estuvieron en función de las épocas de cosecha y poscosecha. El esquema de trabajo se basó en la metodología y hoja pasaporte sugerida por la CONABIO (Ortega *et al.*, 2013) mediante rutas de colectas por municipio, cuyos recolectores recabaron información directa del productor o indirecta de un familiar o conocido, por localidad. Para el desarrollo de este estudio fueron considerados los siguientes aspectos para el trabajo de campo y la recolecta de maíz criollo: a) la cantidad de colectas por sitio de muestreo, fue determinada de acuerdo a la diversidad prevaleciente en el germoplasma sembrado y cosechado; por presencia de representatividad y variación inter-racial, usos, tiempo de sembrado por el agricultor y a la variación en el ambiente en que fue sembrado; y b) tamaño de muestra: en cada colecta se programó obtener un mínimo de 20 y hasta 50 mazorcas representativas de la diversidad genética de cada maíz nativo existente en la comunidad; en los casos donde el productor ya había desgranado, se colectó semilla (4.5 kg como tamaño de muestra) que fueron incluidos en el presente estudio como características de grano. Las mazorcas colectadas fueron aplicadas con Deltametrina (10 ml L⁻¹ de agua), para eliminar y prevenir la infestación de insectos que dañan al grano, siendo secadas a temperatura ambiente hasta alcanzar un contenido de 10% de humedad en grano. Se conservó en la mayoría de los casos una muestra representativa de mazorcas sin desgranar, para su identificación y fotografía.

Caracterización de las colectas y determinación taxonómica de razas

Fueron considerados en la hoja pasaporte los siguientes conceptos: raza primaria, raza secundaria, datos del colector, fecha de colecta, datos de catálogo, estado, municipio, localidad, georreferenciación del sitio de colecta, determinador, nombre y datos del agricultor, características de la muestra colectada, usos, destino de la producción, características de la muestra colectada de mazorca y grano, así como de manejo agronómico. Fueron considerados datos cuantitativos con base en las características morfológicas de la totalidad de mazorcas reportadas por colecta y una submuestra representativa y aleatoria de granos (n= 5). La identificación taxonómica de las razas de maíz encontradas, se realizó con el apoyo de expertos participantes, y con base en la literatura disponible (Sánchez *et al.*, 2000; Ron *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2008).

Base de datos

La información de la hoja de pasaporte conteniendo los datos de caracterización de mazorca y grano fue resguardada en un sistema de información para base de datos de CONABIO Biotica 4.5 (Ortega *et al.*, 2013). Se conformó una segunda base de datos generada con las variables ambientales prevalecientes en los sitios de colecta. La base de datos final estuvo constituida mediante la integración de las dos antes descritas.

Variables de planta

Para los propósitos del presente trabajo, fueron consideradas únicamente las siguientes variables de mazorca y grano (en cm y ml): longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras (NH), número de granos por hilera (GH), ancho de grano (AG), longitud de grano (LG), grosor de grano (GG), volumen de grano (VG).

VARIABLES AMBIENTALES

La caracterización ambiental se realizó con los datos del sistema de información climática interpolado por el INIFAP (Ruiz *et al.*, 2018) a una resolución de 90 m. Las variables climáticas obtenidas del sistema por cada sitio de muestreo fueron: precipitación anual (PAA), temperatura mínima media anual (TIA), temperatura máxima media anual (TXA), evapotranspiración potencial media anual (ETPA) e índice de humedad anual (IHA) que es la relación entre precipitación y evapotranspiración potencial (PAA/ETPA).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Fue realizado un análisis multivariado de componentes principales a partir de la matriz de correlaciones entre los atributos de mazorca, grano y el ambiente. Para la selección de los componentes se utilizaron los criterios: los dos primeros que caracterizaran la variación de al menos 80% de las observaciones y que los valores típicos fueran >0.3 (Johnson y Wichern, 2007). Para determinar la similitud de las razas por el origen geográfico de las muestras, se realizó un análisis multivariado de agrupación tipo cluster para las muestras con origen racial Tabloncillo y Tuxpeño (Mohammadi y Prasanna, 2003). El análisis se hizo con el programa estadístico Minitab versión 17 (Universidad Estatal de Pensilvania, Estados Unidos de América).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de mazorca

Con los promedios de las variables de mazorca seleccionadas (por ser utilizadas como descriptores y componentes de rendimiento), las colectas se sometieron a un análisis de componentes principales (CP), los dos primeros componentes en conjunto explicaron 81.5% de la variación fenotípica observada, donde el primer componente (CP1) con un valor característico de 1.73, explicó, 43.3% del total de la varianza; el segundo componente (CP2), cuyo valor característico fue 1.52, refirió 38.2%. Las variables con mayor influencia en el CP1 fueron longitud de mazorca (LM) y granos por hilera (GH). En el CP2 las variables con mayor efecto discriminatorio fueron diámetro de mazorca (DM) y número de hileras (NH) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Vectores característicos, valores propios y proporción de la varianza explicada por los dos primeros componentes principales.

Variables observadas del estudio	CP1	CP2
Variables de mazorca		
Longitud de mazorca (LM)	0.592*	0.377
Diámetro de mazorca (DM)	0.491	-0.512*
Número de hileras (NH)	0.277	0.675*
Granos por hilera (GH)	0.576*	0.375
Valor propio	1.7	1.5
Varianza proporcional (%)	43.3	38.2
Varianza acumulada (%)	43.3	81.5
Variables de grano		
Ancho de grano (AG)	0.508*	0.071

Variabes observadas del estudio	CP1	CP2
Longitud de grano (LG)	0.501*	-0.022
Grosor de grano (GG)	0.497	0.678*
Volumen de grano (VG)	-0.495	0.731*
Valor propio	3.8	0.1
Varianza explicada (%)	95.3	2.6
Varianza acumulada (%)	95.3	97.9
Variables climáticas		
Precipitación anual (PAA)	0.519	0.013
Temperatura mínima media anual (TIA)	0.508	-0.18
Temperatura máxima media anual (TXA)	0.265	-0.758
Evapotranspiración potencial media anual (ETPA)	-0.358	-0.614
Índice de humedad anual (IHA)= PAA/ETPA	0.524	0.125
Valor propio	3.4	1.3
Varianza explicada (%)	67.8	25.9
Varianza acumulada (%)	67.8	93.7

Con base en la dispersión de las 166 colectas realizadas a través de CP1 y CP2, fueron identificadas las variables LM y GH como criterios de agrupación de las razas primarias y secundarias dentro del patrón etnogenético de la raza Tabloncillo: de igual manera, las características DM y NH permitieron identificar a aquellas razas primarias y secundarias convergentes con el patrón etnogenético de la raza Tuxpeño (Figura 2). Lo anterior, coincide con los descriptores utilizados para la caracterización de dichas razas (Rocandio *et al.*, 2014), los cuales identificaron a LM, NH, como variables apropiadas para la caracterización racial de maíces nativos. Las mazorcas de Tabloncillo son identificadas por tener una mayor longitud y en consecuencia con más granos por hilera, mientras que las mazorcas de la raza Tuxpeño, aunque son de menor longitud poseen mayor diámetro y en consecuencia mayor número de hileras que Tabloncillo (Ortega *et al.*, 2013).

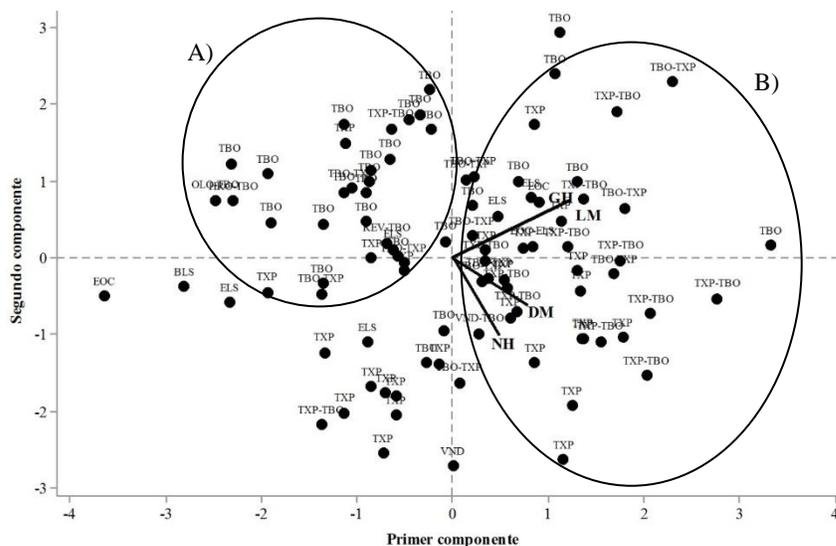


Figura 2. Dispersión de 166 colectas de maíces realizadas en Nayarit, con base a los dos primeros componentes principales. A) grupo Tabloncillo; y B) grupo Tuxpeño.

Características de grano

Los dos primeros componentes principales con los promedios de las variables de grano seleccionadas, explicaron 97.9% de la variación fenotípica observada, donde el primer componente (CP1) con un valor característico de 3.81, explicó 95.3% del total de la varianza y el segundo componente (CP2), cuyo valor característico fue 0.1, mostró 2.6%. De las variables de grano analizadas, las variables originales con mayor influencia en el CP1 fueron ancho de grano (AG) y longitud de grano (LG), mientras que en el CP2 las variables originales de mayor importancia fueron grosor de grano (GG) y volumen de grano (VG).

Al ser las variables AG y LG utilizadas como criterios de agrupación de todo el material genético explorado, permitieron identificar a las razas primarias y secundarias agrupadas dentro del patrón etnogenético de la raza Tabloncillo; con base en dichas características de grano. De igual manera, la característica VG permitió identificar a aquellas razas primarias y secundarias convergentes con el patrón etnogenético de la raza Tuxpeño, mientras que el grosor de grano (GG) se ubicó en ambos patrones varietales (Figura 3). Rocandio *et al.* (2014) al describir siete razas de maíz de Valles Altos, al realizar su identificación morfológica y agronómica AG, mencionaron a LG, GG como variables apropiadas para llevar a cabo su descripción racial. De igual manera, Rincón *et al.* (2010), al estudiar la diversidad y distribución de los maíces nativos, utilizan características de grano como descriptores de identidad racial.

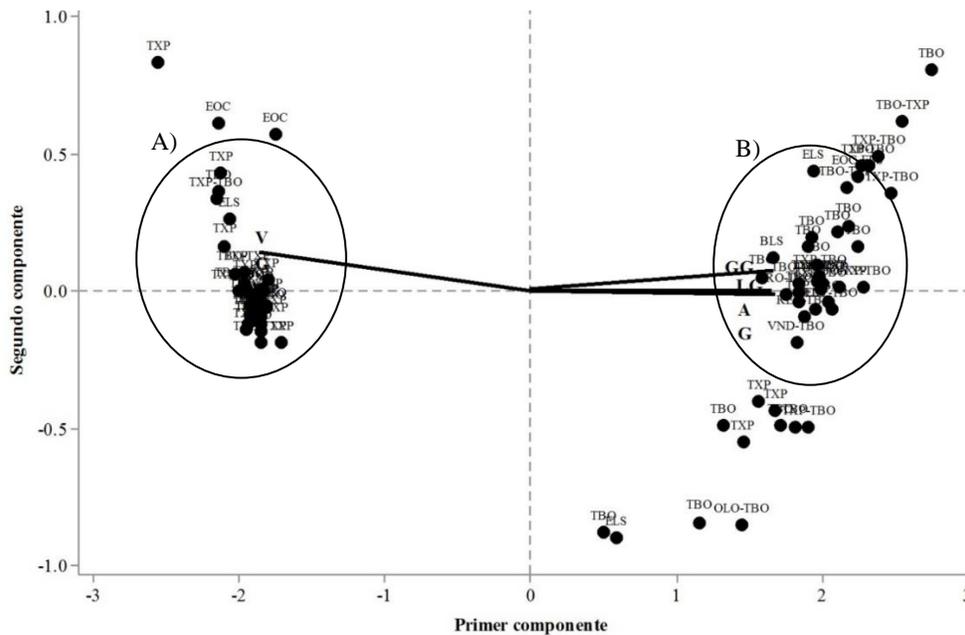


Figura 3. Dispersión de 166 colectas de maíces en Nayarit, con base a los dos primeros componentes principales, en características de grano. A) grupo Tuxpeño; y B) grupo Tabloncillo.

Variables ambientales

Con las cinco variables ambientales seleccionadas, los genotipos raciales, se sometieron al análisis de componentes principales (CP). Los dos primeros componentes explicaron 67.8 y 25.9% de la variación total, respectivamente y una varianza acumulada 93.7%. En el CP1 la precipitación anual

(PAA), la temperatura mínima media anual (TIA) y el índice de humedad anual (IHA); contribuyeron mayormente a la variación explicada por este componente. De igual manera en el CP2 las características de mayor importancia fueron la temperatura máxima media anual (TXA), y la evapotranspiración potencial media anual (ETPA) (Cuadro1). De esta forma las variables IHA y PAA fueron los criterios de agrupación de las razas primarias y secundarias dentro del patrón etnogenético de la raza Tabloncillo. La característica ETPA permitió identificar a las razas primarias y secundarias convergentes con el patrón etnogenético de Tuxpeño, mientras que el grosor de grano se ubicó en ambos patrones varietales (Figura 4). De lo anterior, se infiere que las condiciones ambientales donde prevalece el patrón varietal Tabloncillo, por su ciclo vegetativo precoz e intermedio, arquetipo de menor densidad foliar y porte bajo-intermedio son dependientes de la humedad disponible (PAA e IHA) que de la temperatura (Ron *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2008).

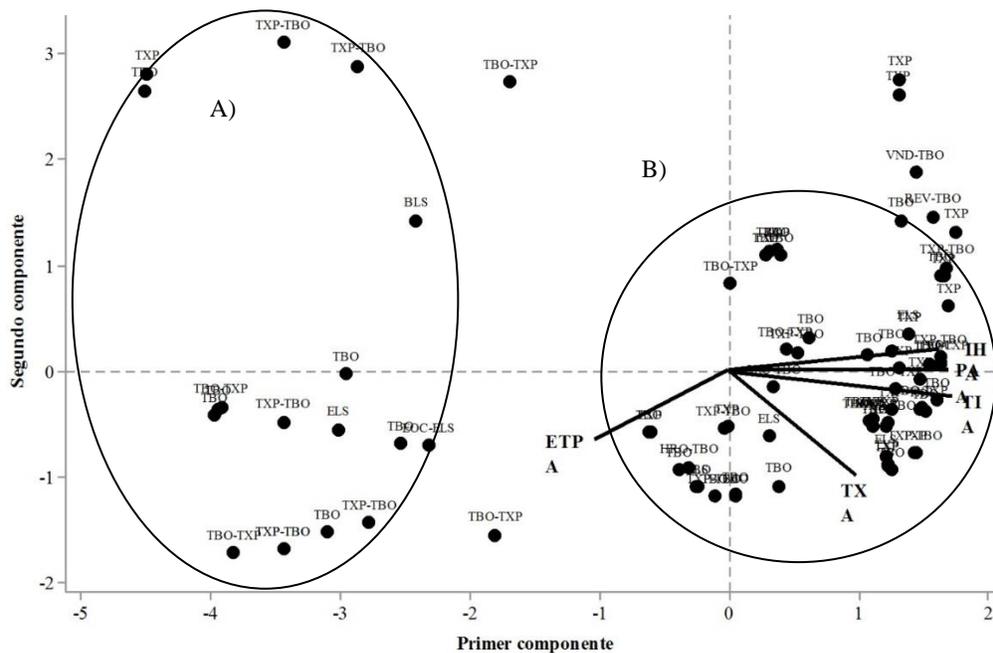


Figura 4. Dispersión de 138 colectas de maíces realizadas en Nayarit, con base a los dos primeros componentes principales, en características climáticas. A) grupo Tuxpeño; y B) grupo Tabloncillo.

El patrón varietal Tuxpeño por poseer un ciclo vegetativo tardío, arquetipo de densidad foliar abundante y porte alto, son de mayores requerimientos termoenergéticos (TXA) y en consecuencia requieren mayor evapotranspiración potencial (ETPA) (Ruiz *et al.*, 2008). Lo anterior, también en consecuencia, se refleja en un mayor rendimiento de grano en la raza Tuxpeño (2.9 t ha⁻¹) que en la Tabloncillo (2.5 t ha⁻¹) (Vázquez *et al.*, 2003).

La amplia distribución de los patrones etnogenéticos de Tabloncillo y Tuxpeño, está ampliamente fundamentada por la presencia de indicadores ecofisiológicos en las distintas razas de maíz, que muestran que esta especie tiene actualmente una gama amplia de respuestas al ambiente, que promueve una variación inter-racial significativa, que valida la influencia de la diversidad climática sobre el maíz y son muestra de la interacción genotipo-ambiente que ha venido ocurriendo a partir de la dispersión del maíz a lo largo y ancho del territorio mexicano (Ruiz *et al.*, 2013).

Nichos ecológicos de los patrones etnogenéticos Tabloncillo y Tuxpeño

La gran capacidad de respuesta que tienen las razas a la diversidad de los ambientes donde se cultivan (Ruiz *et al.*, 2008) han propiciado la proliferación de nichos ecológicos poseedores de un potencial ambiental (Muñoz, 2003). Las condiciones ambientales favorables prevalecientes en Nayarit, con el paso del tiempo han permitido que la distribución potencial de las razas de maíz Tabloncillo y Tuxpeño y sus combinaciones genéticas como razas secundarias, se convierta en distribución actual (Ruiz *et al.*, 2013).

De esta manera, fue encontrado en el patrón etnogenético Tabloncillo, al menos la presencia de cuatro nichos ecológicos dada su mayor similitud ambiental: Nichos 1: Acaponeta-Rosamorada y Nicho; 2: Ruiz-Tecuala por estar ubicados ambos en la región costera del estado. Nichos; 3: San Pedro Lagunillas-Tepic-Jalisco-Santiago Ixcuintla, y Nicho; y 4: Ixtlán-Santa María del Oro, por su ubicación dentro de las regiones Valles y Sierra (Figura 5 A). Para el patrón etnogenético Tuxpeño, los nichos ecológicos determinados en el presente estudio fueron tres, los cuales presentaron una mayor amplitud de distribución Nicho 1: Ixtlán del Río-Rosamorada-Ahuacatlán-Santa María del Oro, en las regiones Sierra y Valles; Nicho; 2: Ruiz- Santiago Ixcuintla-La Yesca, en la región Sierra; Nicho; y 3: del Nayar-Jala-San Pedro Lagunillas- Tecuala-Tepic-Xalisco-San Blas, con mayor presencia en las región Valles, seguido de la región Costa y Sierra (Figura 5 B).

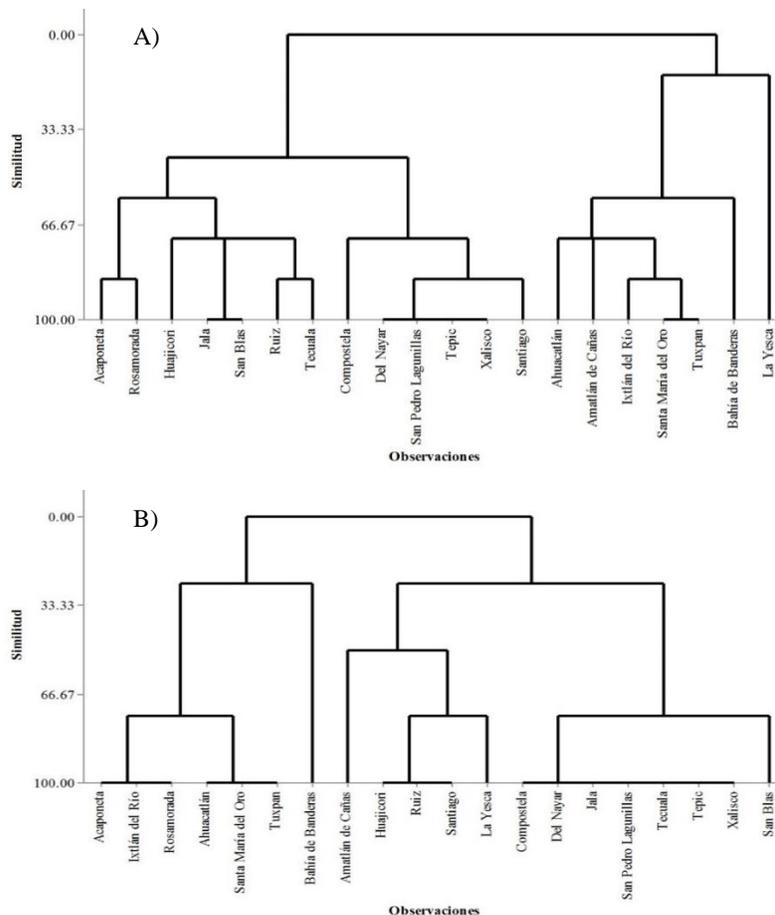


Figura 5. Dendrogramas de la distribución estatal de los patrones etnogenéticos de las razas A) Tabloncillo (TBO); y B) Tuxpeño (TXP).

Lo anterior puede atribuirse a que la gran distribución de las condiciones agroclimáticas donde se cultiva el maíz ha propiciado que esta especie al pasar por procesos de aclimatación y adaptación, exprese su plasticidad genética y fenotípica, sobre todo por la presencia de hibridación natural e inducida; lo cual ha conducido a una mayor presencia de diversidad genética interracial a través de ambientes (Ruiz *et al.*, 2013).

Así, la mayor prevalencia de cuatro nichos ecológicos dentro del patrón etnológico Tabloncillo, indicó la presencia de flujos genéticos entre dicha raza con las razas Tuxpeño, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Olotillo, Vandeño, Blando de Sonora y Harinoso de Ocho y Vandeño. Dentro del patrón varietal Tuxpeño, predominó su infiltración genética con Tabloncillo.

Dicho movimiento de germoplasma ha permitido a través de las regiones donde se cultivan los maíces nativos la permanencia y existencia de dichas razas en virtud de la infiltración genética interracial. Dicho flujo genético puede atribuirse a la ausencia de incompatibilidad gametofítica en las razas Tabloncillo y Tuxpeño por ser homocigotas recesivas a la presencia de alelos de incompatibilidad (Padilla *et al.*, 2012).

Lo anterior ha permitido que el germoplasma nativo siga cubriendo principalmente las necesidades de los grupos étnicos y población rural que continúa utilizando y conservando estos maíces nativos por sus atributos agronómico-alimenticios (Hernández, 1970; Muñoz, 2003; Ron *et al.*, 2006; Rincón *et al.*, 2010; Vidal *et al.*, 2017).

Conclusiones

Fueron identificadas las Razas Tabloncillo y Tuxpeño como patrones raciales etnogenéticos determinantes en la conservación genética de los maíces nativos de Nayarit, tanto por su distribución *Per se*, como por su infiltración genética en una segunda raza: Tabloncillo x Tuxpeño, Tuxpeño x Tabloncillo, Elotes Occidentales x Tabloncillo, Tabloncillo x Olotillo, Tabloncillo x Blando de Sonora, Elotes Occidentales x Elotero de Sinaloa, Vandeño x Tabloncillo, Reventador x Tabloncillo, Tabloncillo Ahumado x Tuxpeño, Olotillo x Tabloncillo y Harinoso de Ocho x Tabloncillo.

Las características de longitud de mazorca, granos por hilera, ancho y longitud de grano permitieron identificar fenotípicamente al patrón etnogenético de Tabloncillo y las características de diámetro de mazorca, número de hileras, grosor de grano y volumen de grano al Tuxpeño.

Las variables ambientales permitieron corroborar la distribución de ambos corredores etnogenéticos y la ubicación de cuatro nichos ecológicos en el patrón varietal de Tabloncillo y cuatro en el de Tuxpeño.

Agradecimientos

Se agradece a las siguientes instituciones su apoyo y participación en el presente trabajo: INIFAP, Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) del SNICS-SAGARPA, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO-SEMARNAT) Fundación Produce Nayarit, A.C., y Presidencias Municipales.

Literatura citada

- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Autónoma de México. México, DF. Instituto de Geografía. Serie libros núm. 6. 98 p.
- Hernández, X. E. 1970. Exploración etnobotánica. Rama de botánica. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura (ENA). Chapingo, Estado de México. 69 p.
- INEGI. 2015. Aspectos del territorio estatal de Nayarit. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <http://www.inegi.org.mx>.
- Johnson, R. A. and Wichern, D. W. 2007. Applied multivariate statistical analysis. 6th (Ed.). Pearson Prentice Hall. NJ. 773 p.
- Mohammadi, S. A. and Prasanna, B. M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Sci.* 43(4):1235-1248.
- Muñoz, O. A. 2003. Centli-maíz: prehistoria e historia, diversidad, potencial, origen genético y geográfico. 1^a. Edición. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 210 p.
- Ortega, C. A.; Guerrero, H. M. J. y Preciado, O. R. E. 2013. Diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. 1^a. Edición. INIFAP-CIRNO- Campo Experimental Norman E. Borlaug. Biblioteca Básica de Agricultura (BBA) Editorial del Colegio de Postgraduados. Libro técnico núm. 7. 263 p.
- Padilla, G. J. M.; Sánchez, G. J. J. L.; de Cruz, L.; Ruiz, C. J. A.; Ron, P. J. y Morales, R. M. M. 2012. Incompatibilidad gametofítica en las razas mexicanas de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(3):525-537.
- Rincón, S. F; Castillo G. F. y Ruíz, T. N. A. 2010. Diversidad y distribución de los maíces nativos en Coahuila, México. 1^a. (Ed.). SOMEFI. Chapingo, Estado de México. 116 p.
- Sánchez, G. J. J.; Goodman, M. M. and Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54(1):43-59.
- Rocandio, R. M. A.; Santacruz, V. L.; Córdova, T. H.; López, S. F.; Castillo, G. R.; Lobato, O. J. J.; García, Z. y Ortega, P. R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los Valles Altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 37(4):351-361.
- Ron, P. J.; Sánchez, G. J. J.; Jiménez, C. A. A.; Carrera, V. J. A.; Martín, L. J. G.; Morales, R. M. M.; L. de la Cruz, L.; Hurtado P. S. A.; Mena, M. S. y Rodríguez, F. J. G. 2006. Maíces nativos del occidente de México I. *Colectas 2004. Scientia-CUCBA.* 8(1):1-139.
- Ruiz, C. J. A.; Medina, G. G. y García, R. G. E. 2018. Sistema de información agroclimático para México-Centroamérica. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 9(1):1-10.
- Ruiz, C. J. A.; Hernández, C. J. M.; Sánchez, G. J. J.; Ortega, C. A.; Ramírez, O. G.; Guerrero, H. M. J.; Aragón, C. F.; Vidal, M. V. A. y de la Cruz, L. L. 2013. Ecología y distribución actual y potencial de razas mexicanas de maíz. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Libro técnico núm. 5. 149 p.
- Ruiz, C. J. A.; Duran, P. N.; Sánchez, G. J. J.; Ron, P. J.; González, E. D. R.; Medina, G. G. and Holland, J. B. 2008. Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 maize races. *Crop Sci.* 48(4):1502-1512.
- Vázquez, C. M. G.; Guzmán, B. L.; Andrés, G. J. L.; Márquez, S. F. y Castillo, M. J. 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(4):231-238.
- Vidal, M. V. A.; Herrera, C. F.; Ramírez, D. J. L.; Hernández, C. J. M.; Sánchez, G. J. J.; Coutiño, E. B.; Álvarez, B. A. y Valdivia, B. R. 2017. Maíces nativos de Nayarit, México. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Libro técnico Núm. 08. 151 p.