

## SISTEMAS DE ACCESO E INTERCAMBIO LOCAL DE SEMILLAS EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

Luis Flores-Pérez<sup>1</sup>, José Luis Chávez-Servia<sup>3</sup>, Abel Gil-Muñoz<sup>1</sup>, Amalio Santacruz-Varela<sup>2</sup>, Pedro Antonio López<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla Núm. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. 72760, Puebla, México.

<sup>2</sup>Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera Federal México-Texcoco, Montecillo. 56264, Texcoco de Mora, Estado de México.

<sup>3</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR). Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán. 71230. Oaxaca. CIIDIR Unidad Oaxaca.

\*Autor de correspondencia: palopez@colpos.mx

### RESUMEN

El acceso a semillas para siembra es indispensable para agricultores de maíz. Con el objetivo de analizar el uso del insumo semilla de maíz en una región temporalera de valles altos, en los estados de Puebla y Tlaxcala, se describe el acceso e intercambio de semilla de maíz en tres subregiones (centro, oriente y poniente), con base en la diversidad local. En 2013, se entrevistó a 86 pequeños productores de maíz, 43 de ellos participaban en el programa de custodios, del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos, y otros 43 no participaban y fueron elegidos mediante un muestreo no probabilístico. Los 86 agricultores conservan 193 lotes de semillas, diferenciados en base al color de grano (blanco, rojo, azul, amarillo, pinto y moradillo) y el tipo Cacahuacintle. Hubo diferencias significativas entre subregiones en mecanismos de acceso, intercambio y pérdida de lotes de semilla. De la semilla utilizada en la zona, 92.7% es de maíces nativos y proviene del autoabastecimiento dentro de la comunidad o de la familia (81.9%), con baja tasa de reemplazo (79.8%) y cuando se requiere un nuevo lote de semillas, éste se adquiere en la misma comunidad (86.0%); existe intercambio bajo (55.9%), entre miembros de la familia o redes sociales cercanas. Prevalce un sistema comunitario de abasto de semillas, por el fácil acceso a la misma y la confianza en la adaptación del material genético adquirido, promoviendo la conservación *in situ* de los maíces nativos, aunque los agricultores tengan acceso a variedades mejoradas.

**Palabras clave:** conservación *in situ*, evolución dinámica, flujo de semillas, redes sociales, sistemas locales de semillas.

### INTRODUCCIÓN

En México, en el periodo de 2018 a 2022, se sembraron de 6.8 a 7.4 millones de hectáreas de maíz; aproximadamente 80% de ellas corresponden a siembras de temporal (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-SIAP, 2023), en las que se emplea mayormente, semilla de maíces nativos, Trueba (2012) reportó que en las regiones Sur-Sureste y Altiplano de México, el porcentaje de utilización de ese tipo de semilla puede ser mayor de 70%; aunque García-Salazar y Ramírez-Jaspeado (2014), señalan que en el periodo 2008-2012 en México, 42.5% de semilla utilizada para siembra de maíz fue de semilla mejorada. Perales *et al.* (2003b), apuntan que los agricultores que utilizan semilla nativa usualmente, la obtienen de su propia cosecha y en menor proporción la consiguen en su entorno cercano. Entre las razones que inciden en México en la siembra continua de semilla nativa,

**Citation:** Flores-Pérez L, Chávez-Servia JL, Gil-Muñoz A, Santacruz-Varela A, López PA. 2024. Sistemas de acceso e intercambio local de semillas en el Altiplano Central de México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i2.1596>

**Editor in Chief:**  
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: April 24, 2023.  
Approved: July 11, 2023.

**Estimated publication date:**  
March 12, 2024.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license.



están la fe, confianza, adaptación, fácil acceso, su origen nativo, calidad de grano, facilidad de venta regional y otros factores económicos asociados a costos y dificultades en el acceso a semilla mejorada (Guillén-Pérez *et al.*, 2002; Trueba, 2012). En relación con este último aspecto, conviene señalar que en México, se produjeron anualmente un promedio de 63,087 t de semilla certificada de maíz (2003-2009), cantidad con la que potencialmente, puede sembrarse alrededor de 43.2 a 47% de la superficie cultivada, pues la demanda de semilla nativa o no mejorada, alcanza las 92,054 t (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas-SNICS, 2012; García-Salazar y Ramírez-Jaspeado, 2014). En el Estado de México, se ha promovido el uso de semilla mejorada, plasmándolo incluso en la legislación estatal (Ramírez *et al.*, 2020).

Puede afirmarse que las poblaciones nativas de maíz actuales, son producto del manejo de los lotes de semilla, selección natural y artificial del agricultor año tras año.

El sistema local de abastecimiento de semillas, se puede desagregar en autogeneración u obtención (flujo o intercambio), siembra, selección y almacenamiento de semillas. Mediante cada práctica o combinación de ellas, el agricultor conserva ciclo tras ciclo, las variedades nativas y genera una alta dinámica en la estructura genética de las poblaciones cultivadas, dando como resultado, fuertes divergencias fenotípicas o genéticas (Pressoir y Berthaud, 2004a y b; Hodgkin *et al.*, 2007). Regularmente, el intercambio de semillas tiene lugar dentro de la misma comunidad o entre comunidades y, las redes sociales, facilitan este proceso a través de transacciones como el trueque, préstamo y devolución, compra con vecino o en mercados regionales, o donaciones familiares o de otros agricultores. En algunos casos las semillas se mueven a más de 100 km de distancia o traspasan las fronteras de los países (Badstue *et al.*, 2006; van Etten y de Bruijn, 2007; Pautasso *et al.*, 2013).

A pesar de su trascendencia, los sistemas locales de abastecimiento de semillas aún no están completamente estudiados porque varían entre agrosistemas, entre grupos socioculturales, y porque están vinculados con las actividades de los agricultores y sus redes o formas de organización social locales (Abay *et al.*, 2011; Leclerc y Coppens, 2012; Pautasso *et al.*, 2013) e incluso, son muy distintos en regiones temporales, respecto a las regiones de riego. Tampoco se conocen del todo sus debilidades, aunque se han señalado algunas, como el tamaño pequeño de los lotes de semillas seleccionados o el empleo de pocos individuos, que la sanidad no siempre es adecuada, que carece de un almacenamiento conveniente, dudas sobre la pureza de los lotes y apoyo escaso o inexistente en su manejo y conservación (Castiñeiras *et al.*, 2009).

Por lo anterior, en la medida en que se entiendan mejor los sistemas locales de abastecimiento de semillas, sobre todo en condiciones de temporal, se podrán proponer adecuaciones a los mismos que eventualmente conlleven a formular estrategias de conservación *in situ* más apropiadas a los agrosistemas locales (Ribeiro, 2019; López *et al.*, 2022). En este contexto, el objetivo del presente estudio, fue analizar el uso del insumo semilla de maíz en una región temporalera de valles altos, en los estados de Puebla y Tlaxcala, a través del acceso e intercambio de semilla de maíz en tres subregiones (centro, oriente y poniente), con relación a la diversidad local.

## MARCO TEÓRICO

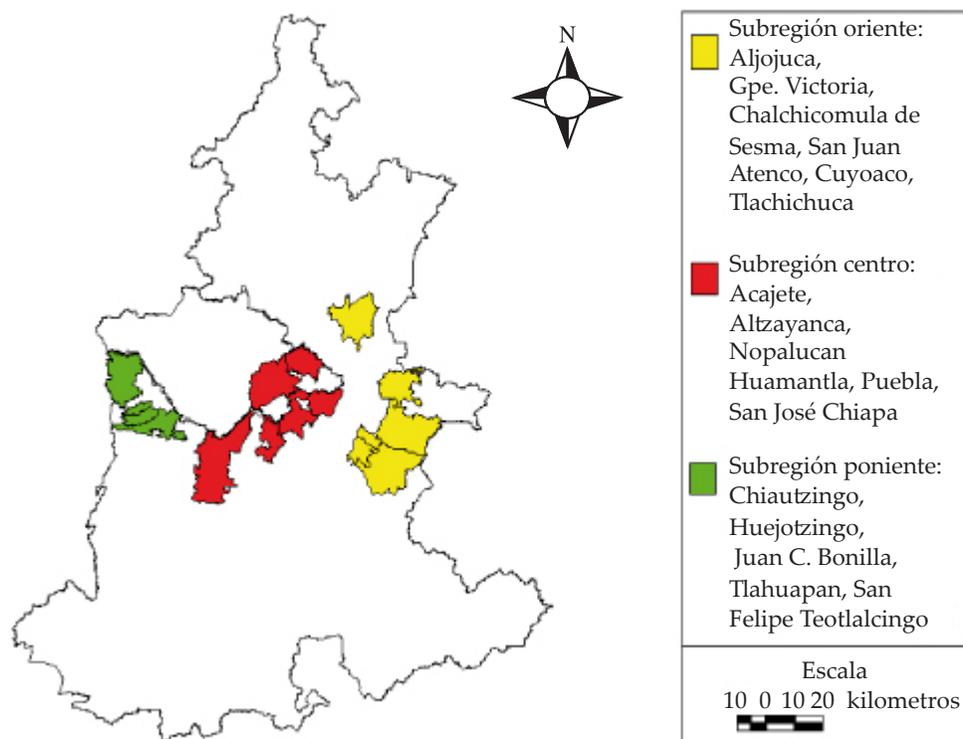
El alto uso de semilla nativa o autogenerada por el agricultor no es exclusivo de México; Morris (2002), reportó un comportamiento similar en diferentes países en desarrollo; en Latinoamérica se utiliza 55.1%, en Asia (sin China), 22.1%, en el este y sureste de África (sin Sudáfrica), 64.1%, en África central y del este, 64.0%; esto sugiere que los sistemas locales de abastecimiento de semillas, son elementos cruciales para la conservación *in situ* de la diversidad genética cultivada (Almekin-ders *et al.*, 1994; Abay *et al.*, 2011), además de que influyen en la evolución dinámica del cultivo (Thomas *et al.*, 2011; Calvet-Mir *et al.*, 2012; Fuentes *et al.*, 2012). Actualmente, existen pocos estudios en relación a los sistemas locales de semillas, salvo algunos intentos del SNICS por dar importancia a éstos (López *et al.*, 2022). En Cuba, se encontró que existe diversidad de semillas en el sistema local, lo cual no se garantiza con el sistema formal, ni la disponibilidad y calidad requeridas; en los sistemas locales la conservación de semillas se realiza de diversas formas, y en la mayoría de los casos, no se produce la semilla con los estándares de calidad requeridos en el proceso (Puello *et al.*, 2017). Sin embargo, los sistemas locales de semillas han permitido la existencia, hasta nuestros días, de los sistemas de producción tradicionales para los pequeños agricultores, sobre todo, en las regiones temporaleras. Es por lo anterior, que en el presente documento, se retoman los principios del aprovechamiento de los recursos fitogenéticos locales, planteados por la corriente del mejoramiento genético y producción de semillas en los nichos ecológicos (Muñoz, 2005) para analizar y describir el uso de la semilla en una región de temporal, en los valles altos de los estados de Puebla y Tlaxcala.

## METODOLOGÍA

### Región de estudio

El estudio, se llevó a cabo en 17 municipios localizados en el altiplano Poblano-Tlaxcalteca, en 15 municipios pertenecientes al estado de Puebla, de los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de Cholula y Libres y dos municipios de Tlaxcala, pertenecientes al DDR de Huamantla, México. Estos municipios, se ubican en los valles altos, entre los 19° 01' y 19° 36' LN y 97° 21' a 98°33' LO. En esos municipios, durante el año 2012, se sembraron 120,215 ha de maíz, de las cuales 94.4% se cultivó bajo condiciones de temporal (SIAP, 2013); en datos más recientes, para los mismos municipios, se reportan para el ciclo agrícola 2020, un total de 100,674 ha cosechadas (SIAP, 2023) y sigue la misma tendencia en el uso de semillas nativas.

La región de estudio, se dividió en tres subregiones: oriente, centro y poniente (Figura 1). Con base en trabajos previos (Gil-Muñoz *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2008; Hortelano *et al.*, 2012) y en la información generada por el proyecto de conservación *in situ* de razas de maíz del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), se integró un listado de 43 agricultores productores de maíz, distribuidos en las tres subregiones objetivo y que en algún momento, fueron donantes de semilla para los proyectos mencionados. Por cada agricultor donante, y mediante un muestreo no probabilístico (Hernández *et al.*, 2014), se contactó a otro agricultor (de la misma localidad que el primero), con quien no había mediado contacto previo, pero que sembraba maíz,



Fuente: elaboración propia.

**Figura 1.** Subregiones y municipios en los que se condujo el estudio.

conformándose un grupo de 86 agricultores a quienes se les aplicó un cuestionario estructurado. En la subregión oriente se entrevistó a 28 agricultores, en la subregión centro 22 y en la subregión poniente a 36.

### Estructura del cuestionario

Se empleó un cuestionario estructurado dividido en las secciones que se muestran en el Cuadro 1. En este trabajo, se utiliza el término lote de semillas, para referirse al conjunto de granos de un tipo de maíz específico, seleccionado y reconocido por el agricultor, que se usa para la siembra, producción y multiplicación de semilla (Louette y Berthaud, 1997).  
Análisis estadístico

Con la información obtenida en los cuestionarios aplicados, se construyó una base de datos ordenada por región, agricultor y lote de semilla, para su análisis. Para las variables cuantitativas como 'superficie destinada para la siembra de maíz', 'rendimiento de grano estimado' y 'precio por kilo de semilla vendida', se realizó un análisis de varianza de una vía. Ello permitió probar las diferencias entre subregiones. Este análisis se complementó con una comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ). Para el resto de las variables, cualitativas y algunas cuantitativas, pero que no cumplieron con los criterios de distribución normal, ni de homocedasticidad, con el fin de probar las relaciones entre subregiones y

**Cuadro 1.** Estructuración del cuestionario aplicado en tres subregiones de Puebla y Tlaxcala.

VARIABLES	Tipo de variables
Datos sociodemográficos	Cuantitativas/Cualitativas
Diversidad de lotes de semilla y acceso a los mismos entre agricultores	Cualitativas
Tiempos de siembra continua de lotes de semilla y destinos de la producción de poblaciones nativas de maíz cultivadas por agricultores	Cuantitativas/Cualitativas
Distribución de lotes de semilla entre los agricultores	Cualitativas
Causas de pérdida de lotes de semilla entre agricultores	Cualitativas

Fuente: elaboración propia.

variables descriptivas del sistema local de semillas, se realizó una prueba de ji-cuadrada ( $\chi^2$ ) (Härdle y Simar, 2007). Posteriormente, se realizó un análisis de correspondencias múltiples (Härdle y Simar, 2007), para el cual se emplearon variables cualitativas relacionadas con el intercambio y abastecimiento de semillas. Con los resultados de este análisis, se generó una gráfica para representar la distribución de agricultores por subregiones, con las dos primeras dimensiones principales. Todos los análisis se realizaron con los paquetes estadísticos SPSS 19.0.0 (SPSS Inc., 2010) y SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

## RESULTADOS

Con la aplicación del cuestionario, se identificaron en total 193 lotes diferentes de semilla, correspondientes a los empleados en las siembras en las tres subregiones.

### Diferencias productivas entre subregiones

Se detectaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las características de los sistemas de abastecimiento de semillas entre subregiones para tres variables cuantitativas (Cuadro 2). La superficie sembrada y producción estimada, fueron mayores en la subregión oriente y en la región centro y oriente, donde el precio de la semilla fue menor.

**Cuadro 2.** Significancia de cuadrados medios del análisis de varianza de un modelo de una vía y comparación de medias entre las subregiones de Puebla-Tlaxcala.

Fuentes de variación y regiones de comparación	Superficie sembrada (ha)	Producción estimada (t)	Precio de semilla vendida (pesos/kg)
Cuadrados medios de regiones de estudio	59.481*	7.161**	123.494**
Comparación de subregiones de estudio:			
Poniente	2.200b	2.590b	5.570a
Centro	3.600ab	2.420b	3.670b
Oriente	3.910a	3.070a	3.070b

\*Diferencias significativas a  $p < 0.05$ ; \*\*Diferencias significativas a  $p < 0.01$ . Medias con la misma letra en columnas son iguales estadísticamente (Tukey,  $p < 0.05$ ).

Fuente: elaboración propia, con datos del estudio.

### Manejo de los lotes de semillas por subregiones

La prueba de ji-cuadrada, mostró una relación significativa ( $p < 0.01$ ) entre subregiones y la diversidad, tipo de semilla sembrada, origen y procedencia de la misma, así como de transacciones realizadas para conseguir lotes de semilla (Cuadro 3). Es decir, en principio, existen mecanismos generales de acceso o abastecimiento de semilla por los agricultores, pero difieren entre subregiones; por ejemplo, aun cuando todos los agricultores entrevistados señalaron que siembran maíces de grano blanco o crema, azul y rojo principalmente, el número de lotes de maíz rojo en la región poniente, fue superior al de otros sitios y en ella se identificaron otros tipos de maíz como el pinto y el moradillo.

En las tres subregiones, los nombres empleados por los agricultores para designar a sus lotes de semilla, describen esencialmente el color de grano (blanco, azul, rojo, amarillo, moradillo o pinto), excepto cuando se mencionó el término “cacahuacintle”, que se refiere a una raza de maíz, cuyo uso es mayormente para pozole. El término “criollo”, lo utilizan

**Cuadro 3.** Diversidad de lotes de semilla y acceso a los mismos entre agricultores de tres subregiones de Puebla-Tlaxcala.

Preguntas/respuestas	Subregión			Frecuencia observada (% del total)
	Oriente	Centro	Poniente	
Lotes de semilla identificados por el agricultor ( $\chi^2=301.2^{**}$ , n=193)				
Blanco o crema	40	23	28	91 (47.2)
Azul	22	14	23	59 (30.6)
Rojo	0	2	13	15 (7.8)
Amarillo	7	5	8	20 (10.4)
Cacahuacintle	5	0	0	5 (2.6)
Pinto	0	0	1	1 (0.5)
Moradillo	0	0	2	2 (1.0)
Predominio del tipo de semilla sembrada ( $\chi^2=306.7^{**}$ , n=193)				
Nativa o criolla	71	42	66	179 (92.7)
Mejorada	2	2	5	9 (4.7)
Origen del lote de semilla sembrada ( $\chi^2=194.0^{**}$ , n= 188)				
Propia o familiar	54	37	63	154 (81.9)
Otros agricultores	19	7	6	32 (17.0)
Procedencia del lote de semilla sembrada ( $\chi^2=421.7^{**}$ , n=188)				
Misma localidad	48	43	61	152 (80.9)
Comunidad vecina, mismo municipio	8	0	2	10 (5.3)
Comunidad de otro municipio	15	1	6	22 (11.7)
Tipo de transacción para la obtención de un lote de semilla ( $\chi^2=289.5^{**}$ , n=188)				
Préstamo o donación familiar	25	27	33	85(45.2)
Compra a vecino/otro	33	14	16	63 (33.5)
Compra en tienda comercial	1	2	11	14 (17.4)
Intercambio	7	0	6	13 (6.9)

\*\*Diferencias significativas a nivel  $P \leq 0.01$  (prueba de  $\chi^2$ ).  
 Fuente: elaboración propia, con datos del estudio.

para diferenciar el material nativo del mejorado (Cuadro 3) y más de 92% de los lotes de semilla utilizada para la siembra, corresponde a poblaciones nativas o criollas de maíz, la cual es regularmente, autoabastecida por los propios agricultores, aunque también la obtienen de su familia o vecinos de la misma localidad o de municipio cercanos. Estos patrones, indican que la producción regional de maíz, está sustentada en la siembra de poblaciones nativas, con semilla que multiplican y seleccionan los propios agricultores, quienes han preservado los mismos lotes de manera continua por periodos de uno a 30 años (Cuadro 4). Entre los argumentos para la preservación de este tipo de semillas, figuraron el que se siembran por tradición y por la demanda que tienen en el mercado regional (Cuadro 4), lo que indica que, la producción la destinan tanto para el autoconsumo como para venta en los mercados regionales.

Regularmente no se reemplazan los lotes de semilla y cuando hay reemplazo, éste ocurre con más frecuencia entre agricultores de la subregión oriente, en el Estado de Puebla (Cuadro 4). En general, en las tres subregiones, 55.9% del total de lotes de semilla están sujetos a intercambio entre los agricultores. Dicho intercambio, se realiza regularmente en la misma comunidad, mediante venta, regalo o intercambio por otro lote de semillas, ya sea entre familias o con las redes sociales más cercanas (Cuadro 5).

**Cuadro 4.** Tiempos de siembra continua de lotes de semilla y destinos de la producción de poblaciones nativas de maíz cultivadas por agricultores de tres subregiones de Puebla-Tlaxcala.

Preguntas/respuesta	Subregión			Frecuencia observada (% del total)
	Oriente	Centro	Poniente	
Siembra continua de un lote de semilla ( $\chi^2=169.4^{**}$ , n=188)				
1-10 años	50	16	24	90 (47.9)
11-20 años	6	6	9	21 (11.2)
21-30 años	9	13	23	45 (23.9)
31-40 años	5	6	6	17 (9.0)
41-50 años	2	1	5	8 (4.3)
Razones para la siembra de lotes de semilla ( $\chi^2= 375.1^{**}$ , n= 188)				
Tradición	39	24	53	116 (61.7)
Demanda en mercado	21	15	8	44 (23.4)
Curiosidad	1	3	7	11 (5.9)
Pérdida de características deseables	8	2	0	10 (5.3)
Reemplazo de lotes de semilla ( $\chi^2= 929.6^{**}$ , n= 193)				
No lo realiza	48	41	65	154 (79.8)
Cada año	8	2	5	15 (7.8)
Cada 2 años	7	0	0	7 (3.6)
Cada 3 años	7	1	0	8 (4.1)
Destino de la producción de grano ( $\chi^2= 203.2^{**}$ , n= 188)				
Autoconsumo	12	16	17	45 (23.9)
Mercado	9	1	3	13 (6.9)
Ambos	52	27	51	130 (69.1)

\*\*Diferencias significativas a nivel  $P \leq 0.01$  (prueba de  $\chi^2$ ).  
 Fuente: elaboración propia, con datos del estudio.

**Cuadro 5.** Distribución de lotes de semilla entre los agricultores de tres subregiones geográficas de Puebla-Tlaxcala.

Pregunta /respuestas	Subregión			Frecuencia observada (% del total)
	Oriente	Centro	Poniente	
Abastecimiento de semilla entre agricultores, número de lotes ( $\chi^2=85.8^{**}$ , n=188)				
Lotes de semillas proporcionados	36	20	49	105 (55.9)
Lotes de semilla no intercambiados	37	24	22	83 (44.1)
Destino del intercambio de lotes de semillas entre agricultores ( $\chi^2= 85.5^{**}$ , n=193)				
No se proporcionó semilla	38	24	24	86 (44.6)
Proporcionó a familiar	2	10	33	45 (23.3)
Proporcionó a vecino	12	4	7	23 (11.9)
Proporcionó a conocido	11	5	8	24 (12.4)
Procedencia de agricultores a los que proporcionó semilla ( $\chi^2=220.8^{**}$ , n=107)				
Misma comunidad	25	19	48	92 (86.0)
Comunidad de otro municipio	9	1	0	10 (9.3)
Transacción utilizada para proporcionar semilla ( $\chi^2=158.7^{**}$ , n=107)				
Venta	33	12	31	76 (71.0)
Intercambia por otro lote semilla	3	3	11	17 (15.9)
Regala	0	3	7	10 (9.3)

\*\*Diferencias significativas a nivel  $P \leq 0.01$  (prueba de  $\chi^2$ ).  
 Fuente: elaboración propia, con datos del estudio.

La mayor proporción de lotes de semilla adquiridos provienen de la propia comunidad, lo que confirma un bajo intercambio de lotes de semilla entre agricultores de comunidades vecinas o de otros municipios. Más de 50% de los agricultores de las subregiones, declararon haber perdido un lote de semilla de maíz durante el tiempo que tienen sembrando este cereal. La presencia de sequías y heladas, fueron las principales causas de pérdida de semilla en las tres subregiones.

Cuando los agricultores pierden un lote de semilla, indicaron que pueden conseguir un tipo similar con su familia, con vecinos o conocidos y, generalmente, dentro de la misma comunidad o esporádicamente en otro municipio. Además, debido a que la mayor parte de sus siembras están sujetas a la estación de lluvias (93.6%), sólo tienen confianza en los lotes de semilla locales o regionales, porque perciben mayor valor adaptativo de los mismos y porque son originarios de la comunidad. Esto indica, que el sistema informal de semillas en las subregiones es cerrado, ya que sólo confían en sus propios acervos genéticos nativos.

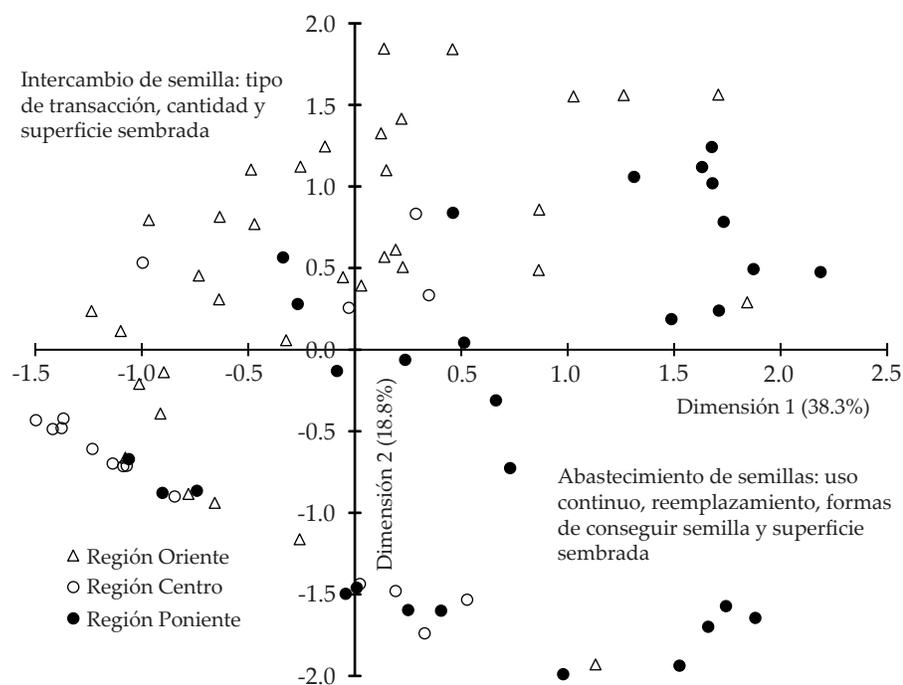
### Formas de abastecimiento e intercambio de semillas

Las formas de abastecimiento e intercambio de semillas, fueron de mayor valor descriptivo para el sistema informal de semillas en la región centro. Hasta la cuarta dimensión principal, se obtuvo 81.6% de explicación de la variación total. La primera dimensión (38.3%), se asoció con el abastecimiento de semillas; sus principales variables fueron años de uso continuo (coeficiente del vector propio para este factor=0.0478), reemplazamiento (0.209), superficie sembrada (0.088) y formas de transacción para conseguir semillas

(0.041). Por otro lado, la superficie sembrada con cada lote (coeficiente del vector propio para este factor=0.136), el destinatario del lote de semillas (0.103), las transacciones (0.114) y el precio de venta (0.415), explicaron en mayor proporción la segunda dimensión (18.8%), que puede interpretarse como referente al intercambio de semillas. Con base en las dos dimensiones previamente descritas, se ubicó a los agricultores entrevistados (identificados por subregión), generándose así la Figura 2. En ella destacan los patrones de manejo de semillas locales por subregiones, pues en la subregión poniente, fue determinante el abastecimiento mientras que en la oriente y centro fue más determinante las formas de intercambio de semilla.

## DISCUSIÓN

Se encontró un promedio de 2.24 lotes de semilla por agricultor en las tres subregiones, a la fecha, no ha habido una estimación puntual del número de lote de semillas o variedades de maíz manejadas por los agricultores en las zonas de temporal, limitándose a señalar la amplia diversidad existente en maíz en los nichos ecológicos, lo cual se refleja en el patrón varietal (Muñoz, 2005; Gil, 2006) para ese nicho. Lo aquí observado, puede considerarse como representativo de las regiones productoras de maíz en los valles altos de Puebla y Tlaxcala, con tendencias al uso de semilla nativa o criolla, contra el uso de semilla certificada o mejorada



Fuente: elaboración propia.

**Figura 2.** Dispersión de agricultores en el plano de dos dimensiones principales del análisis de correspondencia múltiple, de acuerdo con el sistema local de semillas (n=92), en tres subregiones de Puebla y Tlaxcala.

(Trueba, 2012; García-Salazar y Ramírez-Jaspeado, 2014), encontrándose mayor variación en lotes de semilla de maíces especiales, sobre todo pigmentados, en la región poniente. La clasificación o percepción de distintividad entre lotes de semilla, puede asumirse como genérica, porque se diferencian aspectos contrastantes del color de grano y no caracteres particulares de planta, dimensiones de grano o mazorca (Gibson, 2009); pero es una expresión clasificatoria común entre productores de maíz de Mesoamérica para referirse a sus variedades autóctonas en las cuales, regularmente, el color blanco es el más frecuente (Louette y Smale, 2000; Perales *et al.*, 2003a y b; van Etten y de Bruin, 2007); no obstante, ello no implica que no diferencien sus variedades por otros caracteres de planta, grano, mazorca o aspectos de uso en la cocina mexicana (Soleri y Cleveland, 2001; Perales *et al.*, 2003a y b), como es el caso del maíz cacahuacintle, claramente identificado por su tipo de grano y su uso principal en la elaboración de pozole; es necesario, revalorar y dar crédito a esta aportación por parte de los campesinos (Silva, 2019). La región de estudio, está comprendida dentro del centro de origen y diversificación de las razas de maíz de las zonas altas de México (Vigouroux *et al.*, 2008) y diversos trabajos locales y regionales (Gil-Muñoz *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2012; Alvarado-Beltrán *et al.*, 2019), han documentado la existencia de una alta diversidad genética de maíz en el estado de Puebla y en los valles altos de este estado. Estos resultados, también evidencian que aun cuando los agricultores del centro de Puebla y Tlaxcala tienen acceso a semilla de variedades mejoradas, como lo refieren Morris (2002), SNICS (2012) y Trueba (2012), prefieren sembrar sus poblaciones nativas, con lo cual se sigue preservando *in situ* la diversidad genética de maíces nativos. El patrón de intercambio documentado, indica que el sistema informal de abastecimiento de semillas es determinante para mantener tanto la diversidad de maíces, como la producción de grano. Los mismos patrones, han sido referidos en diversos trabajos relacionados con sistemas locales de abastecimiento de semillas de maíz (Latournerie *et al.*, 2004; Castiñeiras *et al.*, 2009; Puello *et al.*, 2017). Sin embargo, es difícil separar los aspectos culturales de los sociales, relacionados con la preservación de la diversidad genética y el intercambio de lotes de semilla, en donde intervienen las redes sociales que posee cada agricultor (Calvet-Mir *et al.*, 2012; Leclerc y Coppens, 2012; Pautasso *et al.*, 2013). Los agricultores de la zona poniente, mencionaron que cuando se trata de solicitudes de sus familiares, se sienten moralmente obligados a proporcionar la semilla que ellos necesiten, hecho que también fue documentado entre agricultores de los Valles Centrales de Oaxaca (Badstue *et al.*, 2006). Estos mismos patrones de fuentes de semillas de maíz, fueron documentados para la región de Chimaltenango, Guatemala (van Etten y de Bruin, 2007). La mayor proporción de lotes de semilla adquiridos, provienen de la propia comunidad, lo que confirma un bajo intercambio de lotes de semilla entre agricultores de comunidades vecinas o de otros municipios, tal como lo refieren Castiñeiras *et al.* (2009), entre productores tradicionales de maíz de México, Cuba y Perú. Louette y Berthaud (1997) y Perales *et al.* (2003b), determinaron patrones similares en comunidades de Jalisco y del altiplano central de México, respectivamente.

Las causas o razones de pérdida de lotes de semillas registradas en este estudio, difieren de las documentadas por Perales *et al.* (2003b), quienes resaltan la mala estación del año,

daño por plagas y mazorcas podridas o pequeñas, entre otras razones; nuestros resultados muestran que los problemas más comunes para la pérdida de lotes de semillas son las sequías y las heladas, condiciones que suelen presentarse con frecuencia en el Altiplano. De acuerdo con Brush *et al.* (1988), la diversidad de maíz preservada por cada familia o comunidad, depende de diversos factores como son: tasa de cruzamiento natural entre parcelas vecinas, diversidad agroecológica de campos de cultivo, adaptaciones biológicas naturales a estrés abiótico o biótico, selección artificial y mantenimiento de la diversidad por los agricultores. Todo esto ocurre, si cada agricultor siembra, selecciona, almacena, multiplica y comparte entre sus vecinos la diversidad genética que posee a través del sistema local de semillas. Se ha demostrado, que las formas de preservación e intercambio de lotes de semillas entre agricultores tienen fuertes implicaciones en la dinámica poblacional de la diversidad genética de maíz; por ejemplo, a medida que el agricultor reemplaza o pierde sus lotes de semilla se provoca una erosión genética (van Heerwaarden *et al.*, 2009). No obstante, en este trabajo, se mostró que aun cuando hay pérdidas de lotes de semilla por factores como sequías o heladas, la misma semilla u otra muy similar, puede ser conseguida entre los familiares, vecinos y conocidos del agricultor, situación que le confiere al sistema local una fuerte capacidad de amortiguamiento o resiliencia. En otros casos, el sistema local de semillas, tiene la capacidad de amortiguar los efectos negativos del clima, gracias a las altas tasas de recombinación, producto del flujo genético mediado por el movimiento de polen o intercambio de semilla entre agricultores, y podrá tener mayores efectos benéficos a medida que se intervenga el sistema de una manera racional (Bellon *et al.*, 2011; Wagner-Medina *et al.*, 2020). En otras regiones, se ha documentado el cruzamiento entre híbridos o variedades mejoradas y las poblaciones nativas, lo que propicia la generación de recombinaciones genéticas favorables para adaptarse a los agrosistemas del agricultor (Bellon y Berthaud, 2005; Bitocchi *et al.*, 2009). Finalmente, es notorio que en las subregiones oriente y centro, fue más importante el intercambio de semillas, mientras que en la subregión poniente, fue más determinante el sistema de abastecimiento de semillas, siendo ésta última, donde hubo mayor diversidad de maíces, sobre todo de los pigmentados.

## CONCLUSIONES

El sistema de abastecimiento e intercambio de semillas en el altiplano central de los estados de Puebla y Tlaxcala, en México, es un sistema cerrado, en el sentido de que el germoplasma circula principalmente, dentro de las mismas comunidades y entre vecinos o familiares de los agricultores; sin embargo, cuenta con algunas características de un sistema abierto, en cuanto a que la circulación del germoplasma, no responde a disposiciones legales sobre la distribución de semilla, sino a las necesidades inmediatas del recurso por parte de los agricultores. Este sistema de abastecimiento de semilla, constituye un mecanismo que favorece y promueve la conservación *in situ* de la diversidad genética en maíz, pues dicha diversidad, está directamente relacionada con las condiciones ambientales, de manejo y de uso que enfrenta el agricultor en cada región agrícola. Al final, las dinámicas comunitarias que intervienen en la conservación de diversos lotes de semillas o diversidad

del maíz nativo, son parte de las estrategias de los grupos sociales para el acceso a recursos naturales, como medio para la seguridad alimentaria de las familias.

#### Agradecimientos

Se agradece al CONAHCYT el apoyo con la beca para los estudios de maestría del primer autor y al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la SAGARPA, el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación. También se agradece el apoyo financiero complementario del Colegio de Postgraduados, a través de la Línea Prioritaria de Investigación 6 'Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos'.

#### REFERENCIAS

- Abay F, de Boef W, Bjørnstad Å. 2011. Network analysis of barley seed flows in Tigray, Ethiopia: supporting the design of strategies that contribute to on-farm management of plant genetic resources. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 9. 495-505. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000773>
- Almekinders CJM, Louwaars NP, de Bruijn GH. 1994. Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. *Euphytica* 78. 207-216. Consultado en marzo 2023:
- Alvarado-Beltrán G., López-Sánchez H, Santacruz-Varela A, Muñoz-Orozco A, Valadez-Moctezuma E, Gutiérrez-Espinosa MA, López PA, Gil-Muñoz A., Guerrero-Rodríguez J de D, Taboada-Gaytán OR. 2019. Morphological variability of native maize (*Zea mays* L.) of the west highland of Puebla and east highland of Tlaxcala, Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de CUYO* 51(2). 217-234. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1853-86652019000200017](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1853-86652019000200017).
- Alvarado LB, Bellon MR, Berthaud J, Juárez X, Manuel RI, Solano AM, Ramírez A. 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. <https://doi.org/10.1007/s10745-006-9016-2>.
- Bellon MR, Berthaud J. 2005. Maize diversity, gene flow and transgenes in Mexico. *In: Issues on gene flow and germplasm management*; de Vicente MC (ed); *Tropical Review in Agricultural Biodiversity*, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. Consultado en marzo 2023: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/104979/1079.pdf?sequence=3#page=54>. pp: 45-51.
- Bellon MR, Hodson D, Hellin J. 2011. Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. *Proceedings of the National Academy of Science of United States of America* 108. 13432-13437. <https://doi.org/10.1073/pnas.1103373108>.
- Bitocchi E, Nanni L, Rossi M, Rau D, Bellucci E, Giardini A, Bounamici A, Vedramin GG, Papa R. 2009. Introgression from modern hybrid varieties into landrace populations of maize (*Zea mays* spp. *mays* L.) in central Italy. *Molecular Ecology* 18. 603-621. Consultado en marzo 2023: <http://www.ask-force.org/web/Geneflow/Bitocchi-Introgression-Italy-2009.pdf>.
- Brush SB, Bellon CM, Schmidt E. 1988. Agricultural development and maize diversity in Mexico. *Human Ecology* 16. 307-328. Consultado en marzo 2023: <file:///C:/Users/Pedro/Downloads/BrushetalHumanEcology1988.pdf>.
- Calvet-Mir L, Calvet-Mir M, Molina JL, Reyes-García V. 2012. Seed exchange as an agrobiodiversity conservation mechanism. A case study in Vall Fosca, Catalan Pyrenees, Iberian Peninsula. *Ecology and Society* 17. 29. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04382-170129>.
- Castiñeiras L, Cristóbal R, Pinedo R, Collado L, Arias L. 2009. Redes de abastecimiento de semillas y limitaciones que enfrenta el sistema informal. *In: ¿Cómo conservan los agricultores sus semillas en el trópico húmedo de Cuba, México y Perú? Experiencias de un proyecto de investigación en sistemas informales de semillas de chile, frijoles y maíz*. Hermann M, Amaya K, Latournerie L y Castiñeiras L (eds). *Biodiversity International*, Roma, Italia, Consultado en marzo 2023: [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/\\_migrated/uploads/tx\\_news/\\_C%C3%B3mo\\_conservan\\_los\\_agricultores\\_sus\\_semillas\\_en\\_el\\_tr%C3%B3pico\\_h%C3%Bamedo\\_de\\_Cuba\\_\\_M%C3%A9xico\\_y\\_Per%C3%BA\\_\\_Experiencias\\_de\\_un\\_proyecto\\_de\\_investigaci%C3%B3n\\_en\\_sistemas\\_informales\\_de\\_semillas\\_de\\_chile\\_frijoles\\_y\\_ma%C3%ADz\\_1355.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/_C%C3%B3mo_conservan_los_agricultores_sus_semillas_en_el_tr%C3%B3pico_h%C3%Bamedo_de_Cuba__M%C3%A9xico_y_Per%C3%BA__Experiencias_de_un_proyecto_de_investigaci%C3%B3n_en_sistemas_informales_de_semillas_de_chile_frijoles_y_ma%C3%ADz_1355.pdf). pp: 73-83.
- Fuentes FF, Bazile D, Bhargava A, Martínez EA. 2012. Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. *Journal of Agricultural Science* 150.

- 702-716. Consultado en marzo 2023: [file:///C:/Users/Pedro/Downloads/Fuentes-Bazile-al-2012\\_JAS\\_Implicationsoffarmersseedexchangesforon-farmconservationofquinoaFINAL.pdf](file:///C:/Users/Pedro/Downloads/Fuentes-Bazile-al-2012_JAS_Implicationsoffarmersseedexchangesforon-farmconservationofquinoaFINAL.pdf).
- García-Salazar JA, Ramírez-Jaspeado R. 2014. El mercado de la semilla mejorada de maíz (*Zea mays* L.) en México. Un análisis del saldo comercial por entidad federativa. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37. 69-77. Consultado en marzo 2023: <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-1/7a.pdf>.
- Gibson RW. 2009. A review of perceptual distinctiveness in landraces including an analysis of how its roles have been overlooked in plant breeding for low-input farming systems. *Economic Botany* 63. 242-255. <https://doi.org/10.1007/s12231-009-9086-3>.
- Gil MA. 2006. Introducción al Fitomejoramiento en Cultivos Anuales. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Altres Costa-Amic. 82 p.
- Gil-Muñoz A, López PA, Muñoz OA, López SH. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *In: Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. Chávez-Servia JL, Tuxill J y Jarvis DI (eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. Consultado en marzo 2023: [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/online\\_library/publications/pdfs/1068.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/1068.pdf). pp: 18-25.
- Guillén-Pérez LA, Sánchez-Quintanar C, Mercado-Domenech S, Navarro-Garza H. 2002. Análisis de atribución causal en el uso de semilla criolla y semilla mejorada de maíz. *Agrociencia* 36. 377-387. Consultado en marzo 2023: <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/191/191>.
- Härdle W, Simar L. 2007. *Applied multivariate statistical analysis*. 2nd Edition. Springer-Verlag Berling Heidelberg 2003, 2007. New York 470 p.
- Hernández SR, Fernández CC, Baptista LP. 2014. *Metodología de la Investigación* 6ª Edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. México, D.F. 600 p.
- Hodgkin T, Rana R, Tuxill J, Balma D, Subedi A, Mar I, Karamura D, Valdivia R, Collado L, Latournerie L, Sadiki M, Sawadogo M, Brown AHD, Jarvis DI. 2007. Seed systems and crop genetic diversity in agroecosystems. *In: Managing biodiversity in agricultural systems*. Jarvis DI, Padoch C, and Cooper HD (eds). Columbia University Press. New York. pp: 77-116.
- Hortelano SRR, Gil MA, Santacruz VA, Miranda CS, Córdova TL. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México* 34. 189-200. Consultado en marzo 2023: <https://www.redalyc.org/pdf/608/60834206.pdf>.
- Hortelano SRR, Gil MA, Santacruz VA, López SH, López PA, Miranda CS. 2012. Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano centro-oriente del estado de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35. 97-109. Consultado en marzo 2023: <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/35-2/1a.pdf>.
- Latournerie MLL, Arias RM, Tuxill J, de la Cruz YME, Gómez LM, Ix NJG. 2004. Maize seed supply systems in a Mayan community of Mexico. *In: Seed systems and crop genetic diversity on-farm*; Jarvis DI, Sevilla-Panizo R, Chavez-Servia JL, and Hodgkin T (eds); *Proceedings of a Workshop*, 16-20 September 2003, Pucallpa, Perú. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. pp:16-20.
- Leclerc C, Coppens d'EG. 2012. Social organization of crop genetic diversity. The G × E × S interaction model. *Diversity* 4. 1-32. <https://doi.org/10.1007/s12231-009-9086-310.3390/d4010001>.
- López SH, López PA, Gil MA, López SM, Ramírez G. 2022. Manual para el diseño de sistemas locales de semillas. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Consultado en marzo 2023: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/632070/Manual\\_Sistemas\\_Locales\\_Semillas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/632070/Manual_Sistemas_Locales_Semillas.pdf). 158 p.
- Louette DAC, Berthaud J. 1997. In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51. 20-38. Consultado en marzo 2023: <https://www.jstor.org/stable/4255914>.
- Louette D, Smale M. 2000. Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica* 113. 25-41. Consultado en marzo 2023: <https://link.springer.com.access.biblio.colpos.mx/content/pdf/10.1023/A:1003941615886.pdf?pdf=core>.
- Morris ML. 2002. Impacts of international maize breeding research in developing countries, 1966-98. Economics Program CIMMYT. Mexico, D.F. Consultado en marzo 2023: <https://iaes.cgiar.org/sites/default/files/pdf/107.pdf>. 54 p.
- Muñoz OA. 2005. *Centli maíz*. 2da edición. Ed. América. México, D.F. 210 p.
- Pautasso M, Aistara G, Barnaud A, Cailion S, Clouvel P, Coomes OT, Dèletre M, Demeulenaere E, De Santis P, Döring T, Eloy L, Emperaire L, Garine E, Goldringer I, Jarvis D, Joly HI, Leclerc C, Louafi S, Martin P, Massol F, McGuire S, Mckey D, Padoch C, Soler C, Thomas M, Tramontini S. 2013. Seed exchange net-

- works for agrobiodiversity conservation. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33. 151-175. Consultado en marzo 2023: <https://link.springer.com.access.biblio.colpos.mx/content/pdf/10.1007/s13593-012-0089-6.pdf?pdf=core>.
- Perales RH, Brush SB, Qualset CO. 2003a. Landraces of maize in Central Mexico: an altitudinal transect. *Economic Botany* 57. 7-20. Consultado en marzo 2023: [https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Perales/publication/226650458\\_Landraces\\_of\\_Maize\\_in\\_Central\\_Mexico\\_An\\_Altitudinal\\_Transect/links/02e7e52d04496d48cc000000/Landraces-of-Maize-in-Central-Mexico-An-Altitudinal-Transect.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Perales/publication/226650458_Landraces_of_Maize_in_Central_Mexico_An_Altitudinal_Transect/links/02e7e52d04496d48cc000000/Landraces-of-Maize-in-Central-Mexico-An-Altitudinal-Transect.pdf)
- Perales RH, Brush SB, Qualset CO. 2003b. Dynamic management of maize landraces in Central Mexico. *Economic Botany* 57. 21-34. Consultado en marzo 2023: [https://www.researchgate.net/profile/Stephen-Brush/publication/249967680\\_DYNAMIC\\_MANAGEMENT\\_OF\\_MAIZE\\_LANDRACES\\_IN\\_CENTRAL\\_MEXICO\\_1/links/0deec51e7800812852000000/DYNAMIC-MANAGEMENT-OF-MAIZE-LANDRACES-IN-CENTRAL-MEXICO-1.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Stephen-Brush/publication/249967680_DYNAMIC_MANAGEMENT_OF_MAIZE_LANDRACES_IN_CENTRAL_MEXICO_1/links/0deec51e7800812852000000/DYNAMIC-MANAGEMENT-OF-MAIZE-LANDRACES-IN-CENTRAL-MEXICO-1.pdf)
- Puello DL, Socarras AY, López MA. 2017. Caracterización del sistema de seguridad de semillas en el municipio de Cruces. *Idesia* 35(3). 51-59. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000403>.
- Pressoir G, Berthaud J. 2004a. Patterns of population structure in maize landraces from the Central Valleys of Oaxaca in Mexico. *Heredity* 92. 88-94. Consultado en marzo 2023: <file:///C:/Users/Pedro/Downloads/6800387.pdf>.
- Pressoir G, Berthaud J. 2004b. Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity* 92. 95-101. Consultado en marzo 2023: <file:///C:/Users/Pedro/Downloads/6800388.pdf>.
- Ramírez JR, García SJA, García Mata R, Garza BLE, Escalona-Maurice MJ, Portillo VM. 2020. Determinación de las regiones más competitivas de maíz en el estado de México en función de la producción potencial. *Interciencia* 45(3). 150-157. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33962773005>. Consultado en marzo 2023.
- Ribeiro S. 2019. Contra la privatización de las semillas. *Diario La Jornada*. 7 de diciembre 2019. <https://www.jornada.com.mx/2019/12/07/opinion/023a1eco>.
- SAS Institute. 2002. SAS Procedures Guide. Ver. 8. SAS Institute Inc. Cary, NC, U.S.A. 1643 p.
- Silva GD. 2019. Tres lógicas de acción y reacción para la monopolización de los mercados de semillas en Colombia. *Revista Colombiana de Antropología*. 55(2). 9-37. <https://doi.org/10.22380/2539472X.795>.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2012. Estadísticas de producción de semilla certificada 2003-2009. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. Consultado en marzo 2014: <http://snics.sagarpa.gob.mx/certificacion/estadisticas/Paginas/AA-2008-2009.aspx>.
- SIAP (Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, México. Disponible en: [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/) (consultado en marzo 2023).
- SIAP (Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2013 Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, México. Consultado en marzo 2013: [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/).
- SPSS Inc. 2010. IBM SPSS Statics Release 19.0.0. Statistical Package for the Social Sciences. SPSS Inc. and IBM Company. USA.
- Soleri D, Cleveland DA. 2001. Farmers' genetic perceptions regarding their Crop populations: An example with Maize in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Economic Botany* 55(1). 106-128. Consultado en marzo 2023: <https://cleveland.faculty.es.ucsb.edu/CV/2001bgenper.pdf>.
- Thomas M, Dawson JC, Goldringer I, Bonneuil C. 2011. Seed exchanges, a key to analyze crop diversity dynamics in farmer-led on-farm conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 58. 321-338. Consultado en marzo 2023: [https://www.researchgate.net/profile/Mathieu-Thomas-2/publication/225158445\\_Seed\\_exchanges\\_a\\_key\\_to\\_analyze\\_crop\\_diversity\\_dynamics\\_in\\_farmer-led\\_on-farm\\_conservation/links/00b7d53565f43bebb5000000/Seed-exchanges-a-key-to-analyze-crop-diversity-dynamics-in-farmer-led-on-farm-conservation.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mathieu-Thomas-2/publication/225158445_Seed_exchanges_a_key_to_analyze_crop_diversity_dynamics_in_farmer-led_on-farm_conservation/links/00b7d53565f43bebb5000000/Seed-exchanges-a-key-to-analyze-crop-diversity-dynamics-in-farmer-led-on-farm-conservation.pdf).
- Trueba CAJ. 2012. Semillas mexicanas mejoradas de maíz: su potencial productivo. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. de México. 152 p.
- van Etten J, de Bruin S. 2007. Regional and local maize seed exchange and replacement in the western highlands of Guatemala. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 5. 57-70. DOI: <https://doi.org/10.1017/S147926210767230X>.

- van Heerwaarden J, Hellin J, Visser R F, Eeuwijk FA. 2009. Estimating maize genetic erosion in modernized smallholder agriculture. *Theoretical and Applied Genetics* 119. 875-888. Consultado en marzo 2023: <file:///C:/Users/Pedro/Downloads/s00122-009-1096-0.pdf>.
- Vigouroux Y, Glaubitz JC, Matsuoka Y, Goodman MM, Sánchez GJ, Doebley J. 2008. Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95. 1240-1253. Consultado en marzo 2023: <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.3732/ajb.0800097>.
- Wagner-Medina EV, Santacruz CAM, Rendón OCP. 2020. Sistema de semillas en Colombia: Consideraciones sobre calidad y agrobiodiversidad. *Estudios Rurales* 11(22). 1-10. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/181/1811955002/index.html>.