

## Estudio preliminar para determinar diferencias fenotípicas y tamaño de muestra en maíz Cacahuacintle

Gerardo Jasso Bobadilla<sup>1</sup>  
Delfina de Jesús Pérez López<sup>1</sup>  
Andrés González Huerta<sup>1§</sup>  
Dora Ma. Sangerman-Jarquín<sup>2</sup>  
Agustín Navarro Bravo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento-Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. AP. 435. Tel. 722 2965518, ext. 148. (ironmaden77@hotmail.com; djperezl@uaemex.mx). <sup>2</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coantlichán, Texcoco, México. CP. 50250. Tel. 01 (800) 0882222, ext. 85353. (sangerman.dora@inifap.gob.mx; navarro468@yahoo.com.mx).

§Autor para correspondencia: agonzalezh@uaemex.mx.

### Resumen

Este estudio se hizo en primavera-verano del 2016 en seis comunidades del municipio de Calimaya de Díaz González, Estado de México para muestrear terrenos de agricultores cooperantes y estimar diferencias fenotípicas en las dimensiones de planta y elote en la raza Cacahuacintle. En 30 parcelas, de una hectárea cada una, distribuidas en la Cabecera Municipal, San Lorenzo Cuauhtenco, Santa María Nativitas, San Marcos de la Cruz, San Diego La Huerta y Zaragoza de Guadalupe, fueron consideradas al azar 50 plantas y elotes por productor (casi 21 000 datos). Se calcularon estadísticos simples y valores de  $n$  con dos metodologías. Con un análisis de componentes principales se analizó la relación entre productores, comunidades y variables. Los resultados más sobresalientes mostraron que hay diferencias fenotípicas importantes en todas las características. Los valores de  $n$  permitirían muestrear parcelas donde se siembra Cacahuacintle en ese municipio, con el método 1 sólo debe conocerse el tamaño de la población y elegir un valor asignado al error de muestreo. Con la aplicación del método 2 o de otras técnicas complementarias, podrían muestrearse menos plantas que con el método 1 pero deben conocerse la media aritmética, la desviación estándar, el error estándar, el coeficiente de variación o proporciones entre dos de éstos. En los cuatro cuadrantes del biplot se agruparon al menos tres de los cinco agricultores cooperantes de cada localidad. Hubo correlación positiva y significativa entre el número de hojas para envolver tamales (NHT) con el número de granos e hileras de grano en el elote, esta tendencia también se observó entre la primera y la longitud y el diámetro del raquis. Así, NHT podría emplearse como criterio de selección indirecta para incrementar las dimensiones del elote.

**Palabras clave:** muestreo aleatorio, parcelas de agricultores cooperantes, raza Cacahuacintle, Valles Altos del centro de México.

Recibido: agosto de 2019

Aceptado: octubre de 2019

## Introducción

En México los agricultores contribuyen a la conservación y generación de la diversidad genética *in situ* al seleccionar mazorcas y granos en sus mejores criollos; a través, de las variantes morfológicas que se han presentado por selección natural, mutación, introducción, recombinación y aislamiento geográfico, aún son creativos e innovadores al recombinarlos entre sí o con materiales de otras razas para incrementar esa diversidad (Wellhausen *et al.*, 1951; González *et al.*, 2006; Valdivia *et al.*, 2010; Romero *et al.*, 2018).

Las razas mexicanas utilizadas para la producción de elote y pozole son Ancho, Bofo, Bolita, Blanco de Sonora, Cacahuacintle, Elotes Occidentales, Gordo, Harinoso de ocho hileras, Jala y Tabloncillo, entre otras; en la primera los agricultores han practicado selección para incrementar tamaño y calidad de grano, así como del totomoxtle, que han sido favorecidas por los ambientes que predominan en su nicho ecológico (Romero *et al.*, 2018).

Las razas Dulcillo del noroeste de grano rugoso y Elotero de Sinaloa son cultivados para tortillas, y sus elotes son deliciosos y más dulces. En el estado de Hidalgo los elotes de los criollos son preferidos por su dulzor y en Guanajuato los elotes cónicos u occidentales, de granos rojos y azules, sobresalen por sus excelentes tortillas de buen color, suavidad y más antocianinas. En Chiapas, los precios de un elote comprado en campo varían de \$1.0 a \$2.50 y provienen de variedades mejoradas o de híbridos; sus elotes son largos, con más hileras de grano y hasta 13.8° Brix (Aguilar *et al.*, 2006; Coutiño *et al.*, 2010).

Las localidades y los años de evaluación asociadas con la meseta central mexicana contribuyen a las diferencias que se observan en terrenos de productores o en ensayos establecidos en las estaciones experimentales (Reynoso *et al.*, 2014). En el Valle de Toluca, Estado de México, ambos factores o su combinación, tipos de suelo, altitud, temperatura y precipitación, granizo y heladas son los principales componentes de su heterogeneidad (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008, González *et al.*, 2010). La raza Cacahuacintle se comercializa principalmente para la producción de elote y como grano despuntado para la elaboración de pozole; sus rendimientos de grano en siembra comercial y experimental varían de 2.5 a 10.3 t ha<sup>-1</sup>, pero su producción como grano despuntado es de 2 000 a 4 000 kg ha<sup>-1</sup>, con un precio entre \$2.00 y poco más de \$9.50 kg<sup>-1</sup> en la época de mayor demanda. En 50 000 plantas ha<sup>-1</sup> pueden producirse hasta 20 000 elotes de calidad (Ramos y Gerón, 1998; Aguilar *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006; Arellano *et al.*, 2010).

Desde los 50's también se han mejorado varias características en este maíz de uso especial. En experimentos establecidos en parcelas de agricultores la altura de planta varió de 2.24 a 2.47 m, la altura de mazorca de 1.25 a 1.67 m, la longitud de mazorca se encuentra entre 13.21 y 14.43 cm, se han registrado entre 12 y 14.22 hileras de grano, el diámetro de mazorca se encuentra entre 5.41 y 5.67 cm y los pesos de elote y de grano por mazorca van de 21.5 a 26.1 g y de 127.7 a 146.3 g, respectivamente, con rendimientos de 4 066 a 6 379 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, esta raza tiene poca adaptabilidad en otros municipios del centro mexiquense, presenta ciclo biológico tardío y es muy susceptible al acame de tallo y raíz, y a la pudrición de mazorca y grano causada por *Fusarium* spp., entre otras (González *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2010).

Cacahuacintle y Palomero Toluqueño son progenitores de la raza Cónico, y esta última y Tuxpeño dieron origen al complejo racial Chalqueño (Wellhause *et al.*, 1951), la primera también ha sido empleada para formar variedades eloterías y podría ser un excelente progenitor de variedades forrajeras (Franco *et al.*, 2015). En la actualidad no existen variedades mejoradas o híbridos y los agricultores son los poseedores de los conocimientos empíricos relacionados con su tecnología (Aguilar *et al.*, 1999; González *et al.*, 1999). No hay datos sobre tamaños de muestra y se ha publicado poco sobre su variabilidad, especialmente en dimensiones del raquis y su relación con rendimiento y componentes del rendimiento (González *et al.*, 2006, 2008).

Los estadísticos simples son empleados en la mayoría de las metodologías de muestreo para variables cuantitativas (Cochran, 1998; Pérez, 2005), de ahí la importancia de obtener datos preliminares sobre su variabilidad que permitan recomendar confiablemente cuantos agricultores, plantas, elotes y mazorcas deberán considerarse (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008). Así, los objetivos de este estudio fueron muestrear terrenos de productores por características de planta y elote, proponer tamaños de muestra con dos metodologías y definir algunas relaciones entre variables agronómicas.

## Materiales y métodos

### Descripción del área experimental

Este municipio se sitúa a 17 km al sur de Toluca. La cabecera municipal se localiza a 19° 09' 30'' de latitud norte y 99° 37' 17'' de longitud oeste, a 2 650 msnm. Su clima templado subhúmedo tiene una media anual de 12.8 °C, mínima y máxima de -4 y 26 °C. Sus suelos Andosol son derivados de cenizas volcánicas, pH ácido (entre 3.8 y 6) y descansan sobre un sustrato volcánico de pumicita suelta (tepojal), entre 40 y 100 cm. Está conformado por San Diego La Huerta (SD), Cabecera Municipal (CM), San Lorenzo Cuauhtenco (SL), Santa María Nativitas (SM), Zaragoza de Guadalupe (ZG), San Marcos de la Cruz (SMC), San Bartolito, San Andrés Ocotlán y Concepción Coatipa (Ramos y Gerón, 1998; González *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006).

### Material genético

En este estudio fueron considerados los 30 productores que se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Agricultores cooperantes y comunidades participantes.**

Productor	Localidad	Abreviatura
Leobardo Jasso	Calimaya	CM
Francisco Bobadilla	Calimaya	CM
Fabián Espinoza	Calimaya	CM
Benjamín Rosas	Calimaya	CM
José Manjarrez	Calimaya	CM
Sergio Medina	San Lorenzo Cuauhtenco	SLC
Federico Colín	San Lorenzo Cuauhtenco	SLC
Salvador Delgado	San Lorenzo Cuauhtenco	SLC

Productor	Localidad	Abreviatura
Edilberto Carmona	San Lorenzo Cuauhtenco	SLC
Gregorio Jasso	San Lorenzo Cuauhtenco	SLC
Sergio Sánchez	San Diego la Huerta	SDH
Esteban López	San Diego la Huerta	SDH
Miriam Salazar	San Diego la Huerta	SDH
Amelia Robles	San Diego la Huerta	SDH
Tomas Mendoza	San Diego la Huerta	SDH
Roque Bobadilla	San Marcos de la Cruz	SMC
Santiago Bobadilla	San Marcos de la Cruz	SMC
Doroteo Carmona	San Marcos de la Cruz	SMC
Leónides Bobadilla	San Marcos de la Cruz	SMC
Silvio Carmona	San Marcos de la Cruz	SMC
Roberto Rosas	Zaragoza de Guadalupe	ZG
Ariel Colín	Zaragoza de Guadalupe	ZG
Fidel Jasso	Zaragoza de Guadalupe	ZG
Juan Rosas	Zaragoza de Guadalupe	ZG
Jorge Colín	Zaragoza de Guadalupe	ZG
Melitón Muciño	Santa María Nativitas	SMN
Amando Alegría	Santa María Nativitas	SMN
Edén Corrales	Santa María Nativitas	SMN
Francisco Alegría	Santa María Nativitas	SMN
Rubén Corrales	Santa María Nativitas	SMN

### Tamaño de muestra preliminar

Se consideró que: a) se sabe el valor de N, pero no hay información sobre n; b) se aplicará muestreo aleatorio sin reemplazo para registrar estadísticos simples en r variables cuantitativas; c) las seis localidades son representativas de ese municipio; y d) la elección de plantas con competencia completa se realizó en 400 m<sup>2</sup> del centro de una ha.

La primera metodología fue propuesta por Rendón y Cervantes (1991) y se fundamenta en:

$$n \geq \frac{N}{(N-1)b_i^2 + 1} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, r)$$

Donde: N y n son agricultores y plantas y elotes considerados; b<sub>i</sub> fluctúa de cero a uno y es la proporción de la desviación estándar (σ<sub>i</sub>) para cada una de r variables (cuanto más pequeño más confiable, pero demanda de más tiempo y recursos humanos y financieros). Esta ecuación no depende de parámetros desconocidos y por su sencillez puede emplearse para generar tablas de n a diferentes valores de N y b<sub>i</sub>; su aplicación conduce a:

a) Para  $N= 2\ 350$  agricultores (González *et al.*, 1999) y  $b_i= 0.2$

$$n \geq \frac{N}{(N-1)b_i^2 + 1} = \left[ \frac{N}{(N-1)b_i^2 + 1} \right] = \left[ \frac{2350}{(2349)(0.20)^2 + 1} \right] = 24.74$$

b) En siembra comercial de 50 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$

$$n \geq \frac{N}{(N-1)b_i^2 + 1} = \left[ \frac{N}{(N-1)b_i^2 + 1} \right] = \left[ \frac{50000}{(49999)(0.20)^2 + 1} \right] = 24.98$$

$N$  y  $n$  fueron aproximados a 30 agricultores y 50 plantas y elotes por agricultor (casi 21 000 datos) y los valores de  $b_i$  utilizados en el muestreo preliminar fueron 0.05, 0.075 y 0.1.

### Cálculo preliminar de $n$ con InfoStat

En éste se obtiene el valor para estimar una media o una proporción poblacional con una confianza de precisión determinada por el usuario. También permite calcular  $n$  para detectar, en un análisis de varianza de un modelo de efectos fijos en experimentos monofactoriales, una diferencia entre medias de grupos o poblaciones tan pequeño como sea especificada por el usuario, así como el tamaño de muestra para estimar la diferencia entre dos poblaciones (Balzarini *et al.*, 2008; Di Rienzo *et al.*, 2008). Para estimar  $n$  se emplea:

$$n \geq \left( \frac{2Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sigma}{c} \right)^2$$

Donde:  $\sigma$  es la desviación estándar,  $c$  es la amplitud requerida para el intervalo de confianza  $(1-\alpha)$  % para la media poblacional,  $c$  puede elegirse arbitrariamente o expresarse como una fracción 'f' de la media muestral ( $c= \bar{Y}f$ ). En este estudio  $f$  tomó valores de 0.05, 0.075 o 0.1.

### Registro de datos

Se cuantificaron (CIMMYT, 1999; González *et al.*, 2011): floración femenina (FF; días), alturas de planta y elote (AP, AM; cm), diámetro del tallo (DT; cm), longitud (LR), diámetro (DR) y peso del raquis (PR) (cm, cm, g), longitud (LE; cm) y diámetro del elote (DE; cm), hileras de grano (NH), peso del elote (PE; g) y hojas de calidad para envolver tamales (NHT).

### Análisis estadístico

Los estadísticos simples fueron obtenidos con el sistema para análisis estadístico (SAS) versión 6.03 para Windows y con InfoStat (2008). Los procedimientos están descritos en Gomez y Gomez (1984). También se hizo un análisis de componentes principales con 30 agricultores y 12 variables y otro con seis localidades y esas variables (Sánchez, 1995; González *et al.*, 2010).

## Resultados y discusión

### Estadísticos simples

La floración femenina (FF) varió de 85 a 125 días, su media y rango fueron de 103.47 y 40 días. La floración masculina y FF están correlacionadas positiva y significativamente y también lo están con madurez fisiológica; son un indicador confiable del ciclo biológico del Cacahuacintle pero difieren en parte de lo publicado por Arellano *et al.* (2010); González *et al.* (2006, 2008).

En el Cuadro 2 muestra las alturas de planta y elote (AP y AM) oscilaron de 1.26 a 3.9 m y de 1 a 2.9 m, sus promedios fueron 2.67 y 1.61 m. Ambos promedios son similares a los registrados por González *et al.* (2006) y por Arellano *et al.* (2010). Los diámetros de tallo (DT) variaron de 2.5 a 4.6 cm, su media fue 3.07 cm, éstas son componentes primarios del rendimiento de grano y forraje en maíces del centro mexicano (Franco *et al.*, 2015). En criollos se han observado correlaciones positivas y significativas entre ellas, pero con plantas más altas hay más acame y pudrición de mazorca y menos rendimiento de grano (González *et al.*, 2007; Arellano *et al.*, 2010).

**Cuadro 2. Estadísticos simples para maíz Cacahuacintle sembrado en terrenos de agricultores del municipio de Calimaya, estado de México. Datos 2016.**

Variable	n	Min	Max	Media	S <sup>2</sup>	DE	EE	CV	As	Ku
FF	1 460	85	125	103.47	78.92	8.89	0.23	8.59	0.24	-0.77
AM	1 460	1	2.9	1.61	0.06	0.25	0.01	15.4	0.93	2.91
AP	1 460	1.26	3.9	2.67	0.12	0.35	0.01	12.97	-0.28	1
DT	1 460	2.5	4.6	3.07	0.21	0.46	0.01	13.84	0.74	0.12
NH	1 460	6	26	12.08	3.52	1.88	0.05	15.54	0.27	3.13
DCH	1 460	4.6	9.7	7.16	0.50	0.71	0.02	9.88	-0.16	0.17
DM	1 460	3.6	7.7	5.89	0.33	0.57	0.02	9.76	-0.24	0.22
NG	1 460	11	40	24.75	17.6	4.2	0.11	16.95	-0.28	0.52
NHT	1 460	0	7	2.92	0.78	0.88	0.02	30.19	0.69	1.27
DR	1 460	1.5	2.1	1.85	0.04	0.12	0.31	6.41	-0.28	-0.39
LR	1 460	3	30	13.09	16.59	4.07	0.11	31.13	0.45	0.38
LE	1 460	7.1	30	20.38	6.7	2.59	0.07	12.71	-0.14	1.31
PE	1 460	100	999	530.44	18498	136.06	3.56	25.65	0.29	0.23
PR	1 460	5	90	27.2	188.94	13.75	0.36	50.55	0.72	0.61

FF= floración femenina; AM y AP; alturas a elote y de planta; DT= diámetro de tallo; NH= número de hileras; DCH y DM= diámetros con hojas y de elote; NG y NHT= número de granos y de hojas para tamal; DR y LR= diámetro y longitud de raquis; LE y PE= longitud y peso de elote; PR= peso de raquis; n= plantas muestreadas; min, max, mínimo y máximo; S<sup>2</sup>= varianza; DE y EE= desviación y error estándar; CV= coeficiente de variación; As= asimetría; Ku= kurtosis.

El número de hileras (NH) varió de 6 a 26, con media de 12.08. En otros estudios NH varió de 8 a 20, con promedio de 14. No habían sido detectadas mazorcas de Cacahuacintle con seis hileras y con 26 sólo las hay en Palomero Toluqueño (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008). En el primer caso quizás la esterilidad o los insectos dañaron dos hileras de grano.

El diámetro de elote con hojas (DCH) varió de 4.60 a 9.7 cm, con promedio de 7.16 cm. Los diámetros de elote (DM) quedaron ubicados entre 3.6 y 7.7 cm, con media de 5.81 cm. Ambas son componentes de la calidad visual del elote; los mejores serán comercializados entre \$0.50 y poco más de \$2.00 por pieza (Aguilar *et al.*, 2006; González *et al.*, 2006).

El número de granos en una hilera del elote (NG) varió de 11 hasta 40, con promedio de 24.75. Granos y mazorcas por planta y peso de grano son indicadores confiables de la productividad de un cultivar (Andrade *et al.*, 2000). Arellano *et al.* (2010) registraron entre 0.63 y 1.28 mazorcas por planta en Cacahuacintle, con pesos de 100 semillas entre 33 y 67 g. Con 12 hileras por mazorca habría entre 132 y 480 granos. Si 80% de 50 000 plantas ha<sup>-1</sup> producen mazorca habría entre 5 280 000 y 19 200 000 granos, si todos los granos de la mazorca se usan como semilla podrían sembrarse entre 88 y 320 ha.

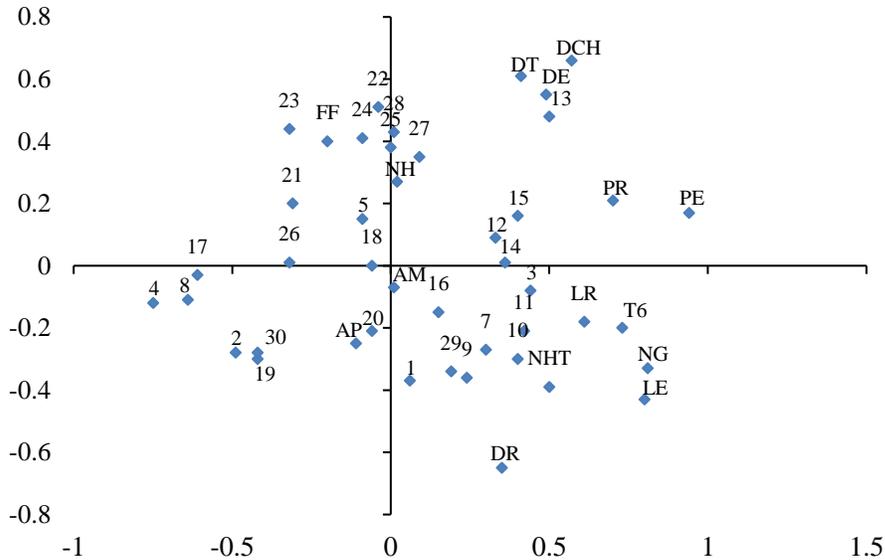
El número de hojas de calidad para envolver tamales (NHT) varió de 0 a 7, con media de 2.92. En época de mayor demanda se obtiene una ganancia de hasta \$3.00 por planta elegida. En este y otros municipios aledaños hay personas especializadas en explotar esta actividad para abastecer los mercados locales del Valle de Toluca. No hay estudios en esta raza para determinar si NHT podría considerarse como criterio de selección indirecta.

Los diámetros del raquis (DR) oscilaron entre 1.5 y 2.1 cm, con promedio de 1.85 cm. La longitud del raquis (LR) varió de 3 a 30 cm, con media de 13.09 cm. Los pesos de raquis (PR) difirieron de 5 a 90 g, con valor central de 27.2 g. Sería deseable definir si éstas son importantes en la translocación de asimilados de hojas y tallos al elote y a la mazorca para usarlos como criterios de selección indirecta en el fitomejoramiento y en producción de semilla.

La longitud del elote (LE) osciló de 7.1 a 30 cm, su media fue de 20.38 cm. Los pesos del elote con totomoxtle (PE) variaron de 100 a 999 g, con promedio de 530.44 g (Cuadro 2). Estos resultados se atribuyen principalmente al mejoramiento empírico eficiente que han realizado los agricultores y a la aplicación de mejores paquetes tecnológicos. Ambas son muy importantes para obtener un mejor precio, en otras regiones de México, un elote comprado en campo cuesta de \$1.00 a \$2.50 en la época de mayor demanda (Aguilar *et al.*, 2006; Arellano *et al.*, 2010; Coutiño *et al.*, 2010). Las mazorcas largas, de 8 y 12 hileras, se destinarían a la producción de pozole y las que tienen entre 14 y 16 se comercializarían como elotes (Aguilar *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006), pero debe considerarse que los elotes de la raza Jala miden hasta 60 cm (Aguilar *et al.*, 2006). En diámetro de elote, con y sin totomoxtle, sus dimensiones son mayores a las registradas en las otras cuatro razas de Valles Altos del Centro de México (González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008).

### **Análisis de componentes principales**

Los resultados de la Figura 1 confirman que en Calimaya hay condiciones ambientales muy heterogéneas; hay gradientes de altitud desde 2 610 a más de 3 000 m (Aguilar *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006; Arellano *et al.*, 2010). Estas diferencias no son observables en la región Tenango del Valle-Toluca-Atacomulco, excepto en sus partes montañosas (González *et al.*, 2008, 2011). La agricultura de Calimaya es de secano, por lo que temperatura, humedad, granizo y heladas, junto con la heterogeneidad de sus suelos, han contribuido a su diferenciación (Aguilar *et al.*, 1999; González *et al.*, 1999). Aun cuando hay pocos, se ha estimado poca variabilidad genética en esta raza, lo cual respalda los resultados anteriores (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008).



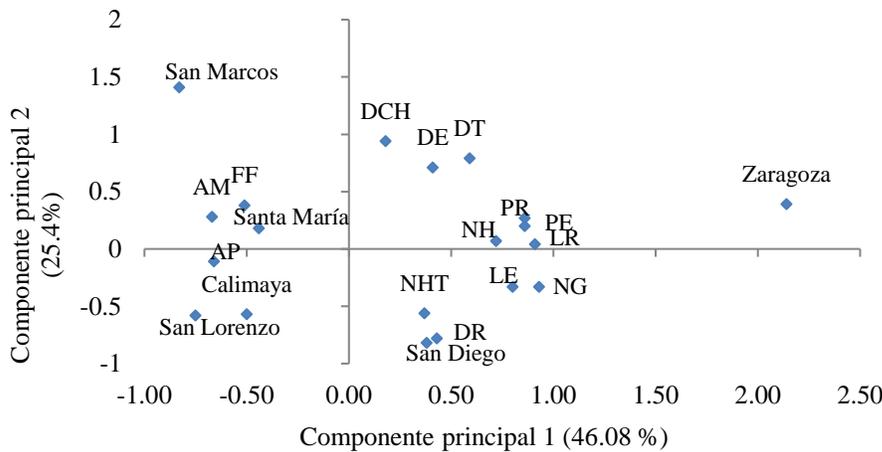
**Figura 1. Biplot para productores cooperantes (en número) del municipio de Calimaya y variables evaluadas (en letras) en maíz Cacahuacintle.**

Las otras componentes que contribuyen a esta diferenciación son el mejoramiento genético empírico que han realizado los agricultores, la diversidad de paquetes tecnológicos que aplican y el diferente manejo agronómico que proporcionan a sus parcelas (Aguilar *et al.*, 1999; González *et al.*, 1999). En ensayos conducidos en terrenos de agricultores se ha estimado que la variabilidad genética en Cacahuacintle varió de 15.9 a 50.2% en alturas de planta y mazorca, longitud e hileras de la mazorca y rendimiento de grano, pero en diámetro de mazorca, pesos de olote y de grano por planta y volumétrico hubo estimaciones negativas (González *et al.*, 2006).

Con relación a las variables se detectaron varios grupos (G's): en G1 se identificó FF y NH, en G2 se observó a los diámetros de tallo, elote y elote con hojas; en G3 aparecieron los pesos de raquis y de elote. En G4 destacaron longitud y diámetro de raquis, número de hojas de calidad para envolver tamales, número de granos por hilera y longitud del elote, en G5 se asociaron la altura de planta y mazorca (Figura 1). González *et al.* (2006) concluyeron que el rendimiento de grano tuvo mayor relación con altura de planta y mazorca, longitud, diámetro, pesos de grano y de olote por mazorca.

Los resultados anteriores, también sugieren estratificar el área de muestreo para disminuir las diferencias ambientales que existen entre localidades, como lo sugirieron González *et al.* (2006); González *et al.* (2008); Arellano *et al.* (2010); Romero *et al.* (2018).

Las interrelaciones que se muestran en la Figura 2 han sido verificadas en experimentos de evaluación de criollos de Cacahuacintle en Calimaya (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008a, b), pero no existen antecedentes para las dimensiones del raquis. González *et al.* (2011) concluyeron que las dimensiones del raquis se correlacionaron positiva y significativamente con rendimiento de grano en maíz de la raza Cónico. Estos resultados también sugieren que la colecta de criollos donde predomina Cacahuacintle podría utilizarse para formar un compuesto balanceado para conservar, incrementar y utilizar su diversidad genética *in situ*, o cruzar estos compuestos con otras razas de grano harinoso, con subsecuente mejoramiento por selección e hibridación.



**Figura 2. Biplot entre comunidades de Calimaya y variables evaluadas en maíz Cacaahuacintle.**

**Tamaños de muestra propuestos**

Con el método 1, n= 396 cuando bi= 0.05; sí bi= 0.075 ó 0.1, n= 175 o 100. Con el método 2, cuando bi= 0.05, n varía de 45 (FF) a 7588 (DR), pero con bi= 0.075 o 0.1 deben evaluarse entre 20 y 3 372 o entre 11 y 1897 plantas o elotes (Cuadro 3). Los resultados anteriores, permiten verificar que es más sencillo el método 1. Con éste se muestrea el mismo número de plantas y elotes en cada variable al mismo valor de bi, tampoco se requieren medias y varianzas poblacionales, entre otros estadísticos simples (Rendon y Cervantes, 1991; Cochran, 1998; Pérez, 2005).

**Cuadro 3. Tamaños de muestra propuestos para caracterizar maíz Cacaahuacintle para la producción de elote en terrenos de agricultores del municipio de Calimaya, Estado de México, con base en dos metodologías. Datos 2016.**

Variable	Media	DE	E1	E2	E3	F1	F2	F3
FF	103.47	8.89	396	175	100	45	20	11
AM	1.61	0.25	396	175	100	148	65	37
AP	2.67	0.35	396	175	100	105	46	26
DT	3.07	0.46	396	175	100	892	396	223
NH	12.08	1.89	396	175	100	150	66	37
DCH	7.16	0.71	396	175	100	104	46	26
DM	5.89	0.57	396	175	100	226	100	56
NG	24.74	4.23	396	175	100	179	79	44
NHT	2.92	0.88	396	175	100	558	248	139
DR	1.85	0.12	396	175	100	7 588	3372	1897
LR	13.09	4.07	396	175	100	596	264	149
LE	20.38	2.59	396	175	100	2 844	1264	711
PE	530.44	136.06	396	175	100	408	181	102
PR	27.2	13.75	396	175	100	1 576	700	394

Sin embargo, para las características que presenten poca variabilidad podría conducir a elegir tamaños de muestra muy grandes, como en FF, AM, AP, NH, DCH, DM, y NG, ya que con la metodología 2 se propone un valor de  $n$  menor a 60. Si existen restricciones presupuestales, de tiempo o de personal calificado, podrían combinarse los valores de  $n$  que proporcionan ambas metodologías. También debe considerarse el hecho de que en ese municipio las condiciones ambientales, la variabilidad genética, los paquetes tecnológicos y el diferente manejo agronómico que aplican los agricultores originará variabilidad, independientemente del método y de la técnica de muestreo (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; Arellano *et al.*, 2010).

Las variables fueron definidas en el Cuadro 1. E1, E2, E3, son los errores máximos permisibles (%) para el método 1; F1, F2, F3, son los productos entre la media aritmética con los valores de  $b_i$ , al 0.05, 0.075 y 0.1 respectivamente y corresponden al método 2.

El cálculo de tamaños de muestra con otras metodologías, a partir de los valores preliminares presentados en este estudio, podría proporcionar mejores estimadores insesgados de los parámetros poblacionales, particularmente si se realiza una estratificación de las comunidades en la parte alta y considerando los diferentes paquetes tecnológicos que emplean los productores. El uso de diseños genéticos y experimentales, para un mejor control de la heterogeneidad ambiental y para dividir la variabilidad genética, también sería de gran utilidad.

## Conclusiones

Hubo diferenciación fenotípica en todas las variables evaluadas. Para muestrear parcelas en Cacahuacintle es deseable estratificar el municipio de Calimaya para disminuir la heterogeneidad que hay entre sus localidades. Con el método 1, para  $b_i = 0.05, 0.075$  ó  $0.1$ ,  $n = 396$  en todas las variables.

Con el método 2 deben evaluarse desde 11 hasta 7 588 plantas o elotes, dependiendo de los productos entre la media aritmética con los valores de  $b_i$ , al 0.05, 0.075 y 0.1 respectivamente y de la variable muestreada. El empleo de diseños genéticos y experimentales contribuiría a que las técnicas de muestreo que se empleen sean más eficientes debido a que ejercen mayor control de la heterogeneidad ambiental.

En los cuatro cuadrantes del biplot se agruparon al menos tres de los cinco agricultores cooperantes. Hubo una correlación positiva y significativa entre número de hojas de calidad para envolver tamales (NHT) con número de granos e hileras de grano en el elote, también la hubo entre la primera y longitud y diámetro del raquis. Se sugiere emplear NHT como criterio de selección indirecta para incrementar las dimensiones del elote.

## Literatura citada

- Aguilar, C. J. A.; Carballo, C. A.; Castillo, G. F.; Santacruz, V. A.; Mejía, C. J. A.; Crossa, H. J. y Baca, C. G. 2006. Diversidad fenotípica y variantes distintivas de la raza Jala de maíz. *Agric. Téc. Méx.* 32(2):57-66.
- Aguilar, M. L. B.; Calvo, Ch. G.; Nájera, M. F. I.; Serrato, C. R.; Landeros, F. V.; Pérez, L. D. J.; Esquivel, A. C. y González, H. A. 1999. Agrodiversidad en la raza de maíz Cacahuacintle en Calimaya, México. *In: Seminario Internacional sobre Agrodiversidad Campesina*. C. Arriaga J. (Ed.). Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 12-14 de mayo de 1999. 84-89 pp.

- Andrade, F. H.; Cirilo, A. G. and Echarte, L. 2000. Factors affecting kernel number in maize. Chapter 5:59-74 pp. *In: physiological bases for maize improvement.* (Eds.). Otegui, Ma. E. A. and Slafer, G. Food Products Press. The Haworth Press, Inc. 217 p.
- Arellano, V. J. L.; Gámez, V. A. J. y Ávila, P. M. A. 2010. Potencial agronómico de variedades criollas de maíz Cacahuacintle en el valle de Toluca. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):37-41.
- Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Casanoves, R.; Di Rienzo, J. A. y Robledo, C. W. 2008. Manual del usuario. Grupo InfoStat. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina. 60-62 pp.
- CIMMYT. 1999. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del Centro Internacional del Maíz y Trigo (CIMMYT). 5ª Reimp. México, DF. 21 p.
- Cochran, W. G. 1998. Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental, SA de CV. 13ª Reimpresión. México, DF. 513 p.
- Coutiño, E. B.; Vidal, M. V. A.; Cruz, G. B. y Cruz, V. C. 2010. Aptitud combinatoria general y específica del contenido de azúcares en maíces criollos eloteros. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):57-61.
- Coutiño-Estrada, B.; Vidal-Martínez, V. A. y Sánchez-Grajales, G. 2010. Selección de maíces criollos con calidad elotera bajo condiciones de riego y temporal en Chiapas. 178-190 pp.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Franco, M. J. R. P.; González, H. A.; Pérez, L. D. J. y González, R. M. 2015 Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajeros en Valles Altos del Estado de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(8):1915-1927.
- Gomez, K. A. and Gomez, A. A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2<sup>nd</sup> (Ed.). John Wiley and Sons, Inc. Printed in Singapore. 680 p.
- González, A.; Pérez, D. J.; Sahagún, J.; Franco, O.; Morales, E. J.; Rubí, M.; Gutiérrez, F. y Balbuena, A. 2010. Aplicación y comparación de métodos univariados para evaluar la estabilidad en maíces del Valle Toluca-Atlacomulco, México. *Agron. Costarric.* 34(2):129-143.
- González, H. A.; Aguilar, L. B.; Nájera, F. I.; Calvo, G.; Sahagún, J.; Pérez, D. J.; Landeros, V. y Serrato, R. 1999. Problemática ambiental y análisis económico de la agricultura del municipio de Calimaya de Díaz González, México. *In: Memoria del Primer Seminario Internacional Tecnología-Industria-Territorio.* UAQ-IPN (Coord.). Querétaro, México. 34-44 pp.
- González, H. A.; Pérez, L. D. J.; Domínguez, L. A.; Franco, M. O.; Balbuena, M. A.; Ramos, M. A. y Sahagún, C. J. 2008b. Variabilidad genética, diversidad fenotípica e identificación de poblaciones sobresalientes de maíz Cacahuacintle. *Ciencia Ergo.* 15(3):297-305.
- González, H. A.; Pérez, L. D. J.; Franco, M. O.; Nava, B. E. G.; Gutiérrez, R. F.; Rubí, A. M. y Castañeda, V. A. 2011. Análisis multivariado aplicado al estudio de las interrelaciones entre cultivares de maíz y variables agronómicas. *Rev. Cienc. Agríc. Informa.* 20(2):58-65.
- González, H. A.; Pérez, L. D. J.; Landeros, F. V.; Serrato, C. R.; Sahagún, C. J.; Nájera, M. F. I.; Aguilar, M. y Calvo, Ch. 1999. Agromisión. 1-14 pp.
- González, H. A.; Sahagún, C. J.; Pérez, L. D. J.; Domínguez, L. A.; Landeros, F. V. y Serrato, C. R. 2006. Diversidad fenotípica del maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(3):255-261.

- González, H. A.; Vázquez, G. L. M.; Sahagún, C. J. y Rodríguez, P. J. E. 2008. Diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca-Atlacomulco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(1):67-76.
- González, H. A.; Vázquez, G. L. M.; Sahagún, C. J.; Rodríguez, P. J. E. y Pérez, L. D. J. 2007. Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la producción de mazorca. *Agríc. Téc. Méx.* 33(1):67-76.
- Pérez, L. C. 2005. Muestreo estadístico. Conceptos y problemas resueltos. Editorial Pearson-Prentice-Hall, 1a Edición. Madrid, España. 392 p.
- Ramos, R. A. y Gerón, X. F. 1998. origen y distribución geográfica, diversidad y potencial productivo de la raza de maíz Cacahuacintle. *In: Memoria del Seminario Mesoamericano sobre Agrodiversidad en la Agricultura Campesina.* UAEM. Toluca, Estado de México. 89-94 pp.
- Rendón, S. G. y Cervantes, S. A. 1991. La forma más fácil para calcular tamaños de muestra (varianza fija). *Monografías y manuales en estadística y cómputo.* Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados-Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo, Estado de México. 10(4):84-85.
- Reynoso, Q. C. A.; González, H. A.; Pérez, L. D. J.; Franco, M. O.; Torres, F. J. L.; Velázquez, C. G. A.; Breton, L. C.; Balbuena, M. A. y Mercado, V. O. 2014. Análisis de 17 híbridos de maíz sembrados en 17 ambientes de los Valles Altos del centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(5):871-882.
- Romero, P. J. F.; Castillo, G. A.; Carapia, R. V. E.; Andrade, R. M.; Ortega, P. R.; Gómez, M. N. O.; Perdomo, R. F. y Suárez, R. R. 2018. Variación morfológica en colectas de maíz ancho nativo del estado de Morelos, México. *Rev. Pensamiento Actual.* 18(31):35-45.
- Sánchez, G. J. J. 1995. El análisis biplot en clasificación. *Rev. Fitotec. Mex.* 18(3):188-203.
- Valdivia, B. R.; Caro, V. F. de J.; Medina, T. R.; Ortiz, C. M.; Espinoza, C. A.; Vidal, M. V. A. y Ortega, C. A. 2010. Contribución genética del criollo Jala en variedades eloterías de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):63-67.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández, X. E. y Mangelsdorf, P. C. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGAR). Folleto técnico núm. 5. México, DF. 237 p.