



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**ESTUDIO PRELIMINAR PARA DETERMINAR VARIABILIDAD  
FENOTÍPICA Y TAMAÑO DE MUESTRA EN TERRENOS DE  
PRODUCTORES DE MAÍZ CACAHUACINTLE PARA LA  
PRODUCCIÓN DE ELOTE**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA PRESENTA:**

**GERARDO JASSO BOBADILLA**

**DIRECTORES DE TESIS:**

**DR. ANDRÉS GONZÁLEZ HUERTA**

**DRA. DELFINA DE JESÚS PÉREZ LÓPEZ**

**EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, MÉXICO, JULIO DEL 2017**



## AGRADECIMIENTOS

*A la **Universidad Autónoma del Estado de México** y a la **Facultad de Ciencias Agrícolas** por permitirme formar parte de la comunidad universitaria, por ser un pilar importante dentro de nuestra formación profesional como Ingenieros Agrónomos, por ser un segundo hogar durante estos cinco años donde la enseñanza y el aprendizaje siempre estuvieron de parte nuestra para una formación completa y satisfactoria. Patria, Ciencia y Trabajo.*

*Quisiera agradecer de forma sincera y afectuosa a mis Directores de Tesis, el **Dr. Andrés González Huerta** y la **Dra. Delfina de Jesús Pérez López** por haber estado siempre conmigo en el desarrollo de esta tesis, por permitirme la facilitación de los medios para poder llevar acabo todas las actividades, por brindarme el tiempo y espacio para aclarar mis dudas e inquietudes, por tomar en cuenta mis peticiones, y más que nada por el apoyo y confianza que me brindaron desde el momento que llegue. Muchas gracias...*

*Quiero extender mi agradecimiento a los **Profesores** que marcaron de manera positiva mi carrera, compartiendo experiencias y promoviendo nuestro desarrollo y enriqueciéndonos con lo mejor que con lo que yo puedo contar...*

*Disciplina y conocimiento.*

## DEDICATORIAS

*A mis padres **José Leobardo Jasso López** y **Judith Bobadilla Escalona** que a pesar de las circunstancias en las cuales tuvimos que pasar para que yo pudiera culminar mi carrera siempre conté con su apoyo incondicional. Un logro más de todo lo que me ha ayudado a culminar.*

*A mis abuelos **Gregorio Jasso Meza** y **Leónides Bobadilla Estévez (+)**, quienes han sido parte importante para mi disciplina y constancia, así como la enseñanza que ellos me transmitieron en base a sus experiencias ya vividas, lo que me ha ayudado tanto en mi formación profesional como en mi madurez personal.*

*A mis hermanos **Ma de los Ángeles Jasso Bobadilla** y **José de Jesús Jasso Bobadilla**, que con su sencillez me han enseñado cosas tan sublimes de la vida. Gracias por siempre estar conmigo y confortarme con su apoyo.*

*A mis tíos(as) **Francisco Bobadilla**, **Miriam Salazar**, **Fidel Jasso**, **Fabián Espinoza**, **Ariel Colín**, **Guadalupe Bobadilla**, **Ma Luisa Bobadilla**, por el apoyo incondicional para permitirme trabajar sus parcelas y por su ayuda para el trabajo en campo.*

*A mis primos **Saúl Bobadilla**, **Jorge Colín**, **Araceli Bobadilla**, por ayudarme de igual forma con el trabajo en campo para la realización de este trabajo.*

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE IMÁGENES	vi
ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEXO	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>6</b>
2.1 Aspectos generales del cultivo	6
2.2 Origen y distribución del maíz Cacahuacintle	7
2.3 Razas de maíz de Valles Altos	8
2.4 Descripción morfológica del Cacahuacintle	9
2.4.1 Planta	9
2.4.2 Espiga	9
2.4.3 Mazorca	9

	<b>Página</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	15
3.1 Descripción del área experimental	15
3.2 Material genético	19
3.3 Relación de agricultores cooperantes	20
3.4 Mapa de las localidades donde se registraron los datos de maíz Cacahuacintle en Calimaya de Díaz González	21
3.5 Elección del sitio de muestreo	22
3.6 Definición del tamaño de muestra	22
3.7 Cálculo de “n” con Infostat (2008)	28
3.8 Registro de datos	30
3.9 Análisis estadístico	30
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	32
4.1 Estadísticos simples	32
4.2 Análisis de componentes principales	36
4.3 Tamaño de n propuestos	37
<b>V CONCLUSIONES</b>	41
<b>VI BIBLIOGRAFÍA</b>	42
<b>VII ANEXOS</b>	50

## ÍNDICE DE CUADROS

		<b>Página</b>
1	Agricultores cooperantes y comunidades participantes en este estudio	20
2	Estadísticos simples para maíz Cacahuacintle sembrado en terrenos de agricultores del municipio de Calimaya, Estado de México. Datos 2016	38
3	Tamaños de muestra propuestos para caracterizar maíz Cacahuacintle para la producción de elote en terrenos de agricultores del municipio de Calimaya, Estado de México, con base en dos metodologías	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
1.Mapa de las localidades donde se registraron los datos de maíz Cacahuacintle	21
2.Biplot para productores cooperantes (en número) del municipio de Calimaya y variables evaluadas (en letras) en maíz Cacahuacintle	40

	<b>ÍNDICE DE IMÁGENES</b>	<b>Página</b>
1	Cabecera Municipal	16
2	San Diego La Huerta	17
3	Zaragoza de Guadalupe	17
4	San Lorenzo Cuauhtenco	18
5	San Marcos de la Cruz	18
6	Santa María Nativitas	19

## ÍNDICE DE FIGURAS DEL ANEXO

		<b>Página</b>
1 A	Biplot para las comunidades del municipio de Calimaya y para las variables evaluadas en maíz Cacahuacintle.	50
2 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para floración femenina.	51
3 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para altura a mazorca.	52
4 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para altura de planta.	53
5 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para diámetro de tallo.	54
6 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para número de hileras.	55
7 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para diámetro con hoja.	56
8 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para diámetro de mazorca.	57
9 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para número de granos.	58



10 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para número de hojas viables para tamal.	59
11 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para diámetro de raquis.	60
12 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para longitud de raquis.	61
13 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para longitud de elote.	62
14 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para peso de elote.	63
15 A	Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para peso de raquis.	64

## RESUMEN

### **ESTUDIO PRELIMINAR PARA DETERMINAR VARIABILIDAD FENOTÍPICA Y TAMAÑO DE MUESTRA EN TERRENOS DE PRODUCTORES DE MAÍZ CACAHUACINTLE PARA LA PRODUCCIÓN DE ELOTE**

**Gerardo Jasso Bobadilla.** Carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

**Directores de Tesis: Dr. Andrés González Huerta; Dra. Delfina de Jesús Pérez López.**

Este estudio se hizo en el ciclo agrícola primavera-verano del 2016 en seis comunidades del municipio de Calimaya de Díaz González, estado de México con el objetivo principal de muestrear terrenos de agricultores cooperantes usando dos metodologías para estimar variabilidad fenotípica en las dimensiones de la planta y del elote de variedades criollas de 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/o elotes para cada uno de cinco productores en cada una de esas comunidades (1460 datos por variable, casi 21 000 en total). Con esta información se calcularon estadísticos simples como la media aritmética, la varianza, la desviación estándar, el error estándar, el coeficiente de

variación y el rango, entre otros. Con 1460 datos disponibles en cada una de 14 variables agronómicas registradas se elaboraron histogramas y polígonos de frecuencias para representar la variabilidad fenotípica estimada. Adicionalmente se calcularon valores de  $n$  con dos metodologías para muestrear terrenos de productores de este municipio mexiquense, basados en la metodología de muestreo aleatorio simple sin reemplazo. Con un análisis de componentes principales se analizó la agrupación que hubo entre comunidades, entre variables y en su interrelación. Los resultados más sobresalientes mostraron que hay diferencias fenotípicas importantes en todas las características evaluadas pero éstas muestran desviaciones con relación a una distribución normal. Los valores de  $n$  calculados con ambas metodologías permitirían muestrear confiablemente parcelas donde se siembra maíz Cacahuacintle en ese municipio; con el método 1 no se requiere conocer parámetros desconocidos, como algunos de los estadísticos calculados en este estudio, sólo debe conocerse el tamaño de la población y elegir un valor asignado al error de muestreo. Con la aplicación del método 2 u 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. Hubo una correlación positiva y significativa en el biplot entre el número de hojas de calidad para envolver tamales (NHT) con el número de granos y de 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 lote.

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

## ABSTRACT

### PRELIMINARY STUDY TO DETERMINE PHENOTYPICAL VARIABILITY AND SAMPLE SIZE IN PARTICIPATORY ON-FARM OF CACAHUACINTLE CORN PRODUCERS FOR THE EAR PRODUCTION

**Gerardo Jasso Bobadilla.** Carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

**Directores de Tesis:** Dr. Andrés González Huerta; Dra. Delfina de Jesús Pérez López.

This study was carried out in the spring-summer agricultural cycle of 2016 in six communities in the municipality of Calimaya de Díaz González, State of Mexico, with the main objective of sampling agricultural lands of participatory on-farm of Cacahuacintle corn producers using two methodologies to estimate phenotypic variability in plant and ear dimensions of creole varieties. In 30 plots of one hectare each one, distributed in the Municipal Headquarters, San Lorenzo Cuauhtenco, Santa Maria Nativitas, San Marcos de la Cruz, San Diego La Huerta and Zaragoza de Guadalupe were randomly considered 50 plants and / or ear for each one of five producers in each of these communities (1460 data per variable, almost 21,000 in total). With this information, simple statistics such as arithmetic mean, variance, standard deviation, standard error, coefficient of variation and rank, among others, were calculated. With 1460 data available in each one of 14 registered agronomic variables histograms and frequency polygons were elaborated to represent the estimated phenotypic variability. In addition, n values were calculated with two methodologies to sample farms from producers in this municipality of Mexico, based on the methodology of simple random sampling without replacement. An principal components analysis was

conducted to analyze the grouping between these communities, between variables and their interrelationship. The most outstanding results showed that there are important phenotypic differences in all evaluated characteristics but these show deviations in relation to a normal distribution. The values of  $n$  calculated with both methodologies would allow to reliably sample plots where Cacahuacintle maize is planted in that municipality; with method 1 it is not necessary to know unknown parameters, as some of the simple statistics calculated in this study, only the population size should be known and in addition choose a value assigned to the sampling error. With the application of method 2 or other complementary techniques, fewer plants could be sampled than with method 1 but the arithmetic mean, standard deviation, standard error, coefficient of variation or proportions between two of these should be known. In the four quadrants of the biplot were grouped at least three of the five participatory on-farm of Cacahuacintle corn producers. There was a positive and significant correlation in the biplot between the number of quality sheets to wrap tamales (NHT) with the number of grains and rows of grain in the ear; this trend was also observed between the first and the rachis length and diameter. So NHT could be used as an indirect selection criterion to increase the ear size.

**Keywords:** High Valleys of central Mexico, Cacahuacintle race, simple random sampling, sample sizes, participatory on-farm of Cacahuacintle corn producers.

## I. INTRODUCCIÓN

Las razas de maíz (*Zea mays L.*) Arrocillo Amarillo, Cacahuacintle, Cónico, Chalqueño y Palomero Toluqueño se han establecido exitosamente en la meseta central de México, a más de 2000 msnm. Se siembran 3.5 millones de ha en los estados de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala y más del 95 % de esta superficie se siembra con criollos de Cónico y Chalqueño (Wellhausen *et al.*, 1951; Eagles y Lothrop, 1994; González *et al.*, 2006, 2008).

En el valle de Toluca, en el Estado de México, el Cacahuacintle se comercializa principalmente para la producción de elote y como grano despuntado para la elaboración de pozole. Los rendimientos de grano en siembra comercial y experimental varían de 2.5 a 6.5 t ha<sup>-1</sup> (Aguilar *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006).

Desde los 1950's también se han mejorado las dimensiones de planta y mazorca. En experimentos preliminares establecidos en terrenos de productores de maíz Cacahuacintle del municipio de Calimaya de Díaz González, en el estado de México, se ha observado que la altura de la planta varía de 2.24 a 2.47 m, la altura de mazorca de 1.25 a 1.67 m, la longitud de mazorca se encuentra en el intervalo de 13.21 a 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 del olote y del grano por mazorca son de 21.5 a 26.1g y de 127.7 a 146.3 g, respectivamente (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008).

Sin embargo, se desconocen las causas que han contribuido al incremento de su productividad y también su variabilidad genética que permitan formar e identificar variedades sobresalientes. Los agricultores del Valle de Toluca, específicamente del municipio de Calimaya de Díaz González, en el Estado de México, son quienes empíricamente han generado nuevas combinaciones genéticas y la tecnología apropiada para su manejo agronómico eficiente en condiciones de secano (Aguilar *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006).

Se sabe que Cacahuacintle y Palomero Toluqueño son los progenitores putativos de Cónico, y que esta última y Tuxpeño dieron origen a Chalqueño. La primera raza también ha sido empleada para formar variedades eloterías y podría ser un excelente progenitor de variedades forrajeras debido a sus excelentes dimensiones de planta y mazorca y, por tanto, con alta producción de materia verde y seca, así como de rastrojo (Wellhausen *et al.*, 1951; González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; Franco *et al.*, 2015).

En el contexto anterior, es deseable generar, validar, transferir y/o aplicar tecnología para estudiar las interrelaciones que hay entre el rendimiento de grano y los componentes del rendimiento y, entre estos últimos y las características relacionadas con el pedúnculo y el raquis debido a que los agricultores de esta entidad mexiquense seleccionan la semilla de sus criollos principalmente con base en el tamaño, peso y sanidad de la mazorca.



También se sabe que las localidades y los años de evaluación contribuyen a las diferencias que comúnmente se observan en los ensayos de rendimiento, por lo que deben muestrearse al menos dos sitios contrastantes para estudiar sus efectos y sus interrelaciones con los materiales genéticos y con el manejo agronómico (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008; Reynoso *et al.*, 2014).

Por otra parte, es deseable determinar cuanta variabilidad fenotípica existe en los criollos de Cacahuacintle que siembran los agricultores de ese municipio mexiquense, para que con base en la información preliminar que se genere se calculen tamaños de muestra que permitan caracterizarla adecuadamente para la producción de elote y/o grano.

En el contexto anterior, no existen datos que permitan sugerir los tamaños de muestra adecuados para caracterizar la esta raza en el Valle de Toluca. La desviación estándar, los errores estándar y las medias aritméticas de cada variable cuantitativa que sea susceptible de muestrearse son empleados para aplicar la mayoría de las metodologías usadas con este propósito (Cochran, 1998) de ahí la importancia de obtener datos preliminares que permitan recomendar confiablemente el número de plantas, elotes y/o mazorcas que deberán cuantificarse en terrenos de productores de éste u otros municipios mexiquenses.

En los últimos 50 años se ha logrado un aumento significativo en la productividad del maíz con base en el mejoramiento genético y en la aplicación de tecnología de

producción adecuada. Se estima que más del 50 % de esta ganancia se atribuye a la formación de híbridos de alto rendimiento de grano y estabilidad fenotípica sobresaliente en ambientes contrastantes; su respuesta favorable al incremento en la densidad de población en presencia de más fertilizantes inorgánicos, más estrés ambiental y menor interacción genotipo x ambiente ha contribuido a esta superioridad (Tollenaar y Lee, 2011).

En el maíz Cacahuacintle que se siembra en el Valle de Toluca y, específicamente en el Municipio de Calimaya, en el Estado de México, se han obtenido logros similares, pero los agricultores de esta región han sido los principales actores de estos avances, ya que no existen variedades mejoradas de polinización libre o híbridos de algún tipo, provenientes de métodos tradicionales de fitomejoramiento. Adicionalmente, ellos son los poseedores de los conocimientos empíricos relacionados con la generación, validación, aplicación y/o transferencia de la tecnología sobre su manejo agronómico. El Cacahuacintle está bien adaptado a la zona de estudio y tiene alto potencial de producción de grano, elote y forraje, pero también es una raza de ciclo biológico tardío y es muy susceptible al acame de tallo y raíz, y a la pudrición de mazorca y grano causadas principalmente por *Fusarium* spp (González et al., 2007; Franco et al., 2015).

En los ensayos de rendimiento que se siembran en el Valle de Toluca, Estado de México, son comunes los ambientes contrastantes; los años, las localidades o su combinación, así como los tipos de suelo, la altitud, las temperaturas y la

precipitación, son los principales componentes de su heterogeneidad (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008, Reynoso *et al.*, 2010, Reynoso *et al.*, 2014). Es por esto que al menos deben muestrearse dos localidades para la evaluación de los efectos y de sus interacciones.

También se sabe que hay poca información publicada sobre la variabilidad genética y/o fenotípica que existe en esta raza, que permita diseñar alguna estrategia de fitomejoramiento para la formación de genotipos superiores o para rediseñar nuevas opciones tecnológicas sobre su manejo agronómico (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008). Aún no ha sido definida la relación que existe en Cacahuacintle entre las dimensiones del raquis y sus características de planta y elote. Su mejor entendimiento ayudaría a seleccionar plantas más productivas si éstas son consideradas como criterio de selección indirecto, cuando sólo se emplean una regla, un vernier o una báscula electrónica. Esta estrategia sería de mucha utilidad para disminuir los costos de un nuevo programa de mejora vegetal, si, adicionalmente, se emplean tamaños de muestras adecuados, que permitan ahorrar recursos y tiempo.

Así, los objetivos principales del presente estudio fueron muestrear terrenos de productores del municipio de Calimaya para estimar medias y varianzas en diferentes características de planta y elote, y proponer tamaños de muestra con base en dos metodologías.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos generales del cultivo

El Cacahuacintle es muy importante en la alimentación de los mexicanos y particularmente de los mexiquenses. Se emplea principalmente en la elaboración de pozole o se consume como elote; sus granos y su harina se utilizan en la elaboración de tamales, atole, tlaxcales, gorditas, pinole, pasteles y galletas, entre otros. Desde el punto de vista científico, tecnológico, cultural, social y económico representa los logros más sobresalientes que han hecho los agricultores y los productores al mejoramiento genético de variedades criollas de polinización libre a través de la selección masal visual que ellos han aplicado por muchos años considerando fundamentalmente las características de la mazorca, como su longitud, diámetro, número de hileras de grano, sus pesos de grano y de olote, así como su sanidad. También han logrado mejorar las dimensiones de la planta para usarlo como forraje en la alimentación de su ganado. A ensayo y error han generado, validado y aplicado los paquetes tecnológicos que ellos han diseñado y que han contribuido, junto con sus criollos y con un mejor entendimiento de los ambientes de las zonas de producción, a incrementar su diversidad fenotípica y el rendimiento de grano por hectárea (Wellhausen *et al.*, 1951; Aguilar *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008).

La diversidad genética que existe en los maíces de México viene dada desde las razas primitivas que existen actualmente como variedades cultivadas. La geografía de México ha favorecido su rápida diferenciación racial. El ambiente y el hombre actúan natural y culturalmente sobre las diferentes razas de maíz. Los maíces se han mejorado por medio de la selección masal visual que hacen los agricultores, considerando principalmente las dimensiones de la mazorca, dejando en segundo término las alturas de planta y mazorca o las resistencias al acame, a plagas y enfermedades (Wellhausen *et al.*, 1951; Eagles y Lothrop, 1994; González *et al.*, 2006, 2008).

## **2.2 Origen y distribución del maíz Cacahuacintle**

Es muy probable que éste sea de origen sudamericano debido a su semejanza con un maíz harinoso de granos grandes, el salpor de Guatemala, tanto en caracteres de la mazorca internos y externos. También es muy semejante en las características de la planta a Palomero Toluqueño. Cacahuacintle es el nombre que se utiliza para designar este maíz en las regiones donde se encuentra. Su derivación específica es desconocida pero la palabra “cacahuacintle” (cacauacentli) probablemente venía del náhuatl; cacahuatl significa cacao y cintle maíz, o en otras palabras, maíz con granos parecidos a las semillas frescas del cacao (Wellhausen *et al.*, 1951)

En el Valle de Toluca, en el Estado de México, los otomíes y los matlatzincas preferían sembrar sus variedades criollas en las faldas de los montes y muy

probablemente en esas áreas es donde los maíces ancestrales dieron origen al Cacahuacintli. En todo el eje volcánico transversal de México se puede encontrar Cacahuacintle de mayor precocidad, que provienen de localidades más bajas donde se pueda encontrar este maíz harinoso (de 2 450 a 2 550 m) y éstos son variantes interraciales de menor calidad ya que representan combinaciones hacia Cónico (Ramos, 2000).

El Cacahuacintle se encuentra en ciertas localidades de México, Puebla y Tlaxcala (Wellhausen *et al.*, 1951); sin embargo la mayor diversidad genética interracial se encuentra en una pequeña área de las laderas nororientales del nevado de Toluca, entre 2 600 y 2 900 msnm., en porciones específicas de los municipios mexiquenses de Calimaya, Tenango del Valle y Toluca (Ramos, 2000).

### **2.3 Razas de maíz de Valles Altos**

Bautista (1949) propuso que la raza Cónico es secundaria y es producto de la selección realizada a partir del Palomero Toluqueño y Cacahuacintle (tipos primarios). Las razas Cónico, Chalqueño, Arrocillo Amarillo, Cacahuacintle y Palomero Toluqueño se cultivan en el centro de México, en altitudes superiores a 2000 m. Palomero Toluqueño y Arrocillo Amarillo son maíces reventadores, Cónico y Chalqueño son sedimentados y Cacahuacintle tiene grano blanco, harinoso y grande. Con estos maíces se siembran entre 2 800 000 y 3 500 000 ha en los estados de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo, y más del 95% de esta superficie se explota

con variedades de Cónico y Chalqueño, siguiéndole en importancia los maíces harinosos y palomeros (Wellhausen *et al.*, 1951). Estas cinco razas difieren agronómica y morfológicamente de las predominantes en altitudes medias y bajas de México (Cervantes *et al.*, 1978). En Eagles y Lothrop (1994) se analiza el origen, las características y los usos de los maíces de Valles altos de México.

#### **2.4 Descripción morfológica del Cacahuacintle (Wellhausen *et al.*, 1951)**

**2.4.1. Planta:** altura inferior a 2,0 m; poco ahijamiento; pocas hojas de longitud y anchura media; índice de venación 3,16; alto grado de coloración y pubescencia; gran tendencia al acame, debido al pobre desarrollo radicular; muy resistentes a las razas de royas que predominan en la Mesa central de México; número de nudos cromosómicos muy bajo, con un promedio de 3, con adaptación a altitudes de 2 200 a 2 800 m.

**2.4.2. Espiga:** cortas, escasamente ramificadas, ramas en un promedio de 5 a 6, con pocas secundarias, terciarias poco frecuentes; con grueso raquis central e índice de condensación mediano.

**2.4.3. Mazorca:** de longitud mediana, gruesas en la parte media de su longitud y con adelgazamiento gradual hacia el ápice; promedio de hileras 15,2; diámetro del pedúnculo medianamente pequeño; granos de tamaño mediano a largo, redondeados, lisos, con ligeras estrías; endospermo blanco, suave, harinoso; aleurona sin color,

pericarpio sin color; la base de la mazorca está completamente cubierta por los granos. Diámetro de la mazorca de 43 a 55 mm; diámetro del elote de 24 a 31 mm; diámetro del raquis de 10 a 14 mm; longitud del grano de 13 a 15 mm; longitud estimada de la raquilla 3.6 mm, índice elote/raquis el más elevado de todas las razas con 2.37; índice gluma/grano mediano 0.57; índice raquilla/grano alto 0.26; pelos de pedicelo abundantes, largos y prominentes; pelos de la copilla frecuentemente numerosos y largos; prolongación de la copilla muy prominente; glumas inferiores con textura de papel a textura carnosa; márgenes transparentes; pelos de la superficie numerosos y largos; pelos del margen pocos y largos; forma del margen, acorazonada; glumas superiores de textura de papel y con márgenes transparentes, venación marcada, arrugas con abundantes pelos en las superficie; tejidos del raquis esponjosos por lo regular, pero a veces ligeramente córneos.

En el contexto anterior, a continuación se muestran algunos estudios que se han realizado en maíz con relación a la evaluación de variedades eloteras y sobre aspectos de generación y aplicación de tecnología de producción.

Los maíces criollos presentan las siguientes ventajas: se adaptan a múltiples ambientes, tienen amplia preferencia por los consumidores, alto valor culinario de los productos, desarrollo de nichos de mercado y diversificación de productos, en la comercialización tiene sobrepeso, cuando hay poca oferta es más rápida su venta. Pero también existe el problema de desabasto por la baja e intermitente producción



regional con bajos rendimientos en una agricultura temporalera, así como los altos costos de producción.

En las partes altas de la Meseta central mexicana los mayores rendimientos en grano se obtienen en siembras realizadas entre el 1° de marzo al 30 de abril. Sembrar antes de este período, se expone al cultivo a daños por heladas tardías. En la Zona Media, muchos productores de hortalizas (chile y jitomate), siembran maíz elotero después de concluir su cosecha. Se sugiere que esta siembra se realice entre el 1° de junio y el 15 de agosto. Después de esta fecha, el rendimiento disminuye y se corre el riesgo de heladas tempranas (Martínez *et. al.*, 2006).

En siembra comercial se busca considerar más elotes de calidad por unidad de área (Simonne *et al.*, 1999; Lertrat y Pulam, 2007), con peso alto por pieza, homogeneidad en su tamaño, completa cobertura de espigas y buena apariencia del elote (incluye más de granos por hilera, hileras rectas y bien definidas, con granos en la punta del elote, granos anchos y largos, forma regular y buen tamaño del elote), y uniformidad en su madurez del elote (Tracy, 2000). Otro factor importante es el sabor.

Se ha demostrado que el sabor dulce y la textura suave en los granos son los principales atributos sensoriales para determinar la aceptación general de los elotes (Flora y Wiley, 1974; Azanza *et al.*, 1994, 1996). Para determinar el contenido de

azúcares o sólidos solubles se pueden usar refractómetros (Tracy, 2000). Pocos trabajos se han orientado a la evaluación y selección de poblaciones nativas de maíz con potencial para la producción de elote, como los de Coutiño *et al.*, (2010a, 2010b); Valdivia-Bernal *et al.* (2010) y Arellano *et al.*, (2010); en los que se han empleado el contenido de sólidos solubles, su peso y tamaño.

Los estudios de diversidad de las razas mexicanas de maíz han orientado sus esfuerzos aspectos morfológicos y genéticos, dejando de lado los caracteres bioquímicos relacionados con la calidad culinaria o de aptitud de uso, aspecto para el cual los maíces nativos o criollos son mayormente utilizados; a nivel mundial México es de los países en los que más del 60% de su producción de maíz es utilizada en la alimentación humana (Paliwal *et al.*, 2001). Coutiño *et al.*, 2008) mencionaron que hasta hace poco años, los programas de mejoramiento genético tenían como objetivo principal elevar el rendimiento de grano; sin embargo, la apertura comercial, la competencia de productores nacionales con agricultores altamente tecnificados y las necesidades propias de la industria nacional han propiciado que los programas de mejoramiento incluyan en sus objetivos y metas la calidad industrial y nutricional.

El Cacahuacintle y otros maíces pozoleros se cultivan en 7.687,5 ha, distribuidas en Aguascalientes, Guerrero, Estado de México, Morelos y Puebla, (SIAP, 2009). En Jalisco hay 14 razas elotereras como Elotes Occidentales y Ancho que son preferibles para pozole; estas se caracterizaron con 72 descriptores morfológico-agronómico de

planta, espiga, mazorca y grano en 5 regiones: Norte, Centro, Ciénega, Valles y Sierras Occidentales. Elotes Occidentales presentó plantas de menor altura y mazorcas largas y angostas de granos rojos (morado), y mayor grosor; en ambas razas los granos son semiharinosos. En un análisis de componentes principales se determinaron los caracteres con mayor valor descriptivo de la variabilidad fenotípica entre razas; destacaron fueron: altura de planta, coloración por antocianinas en plantas, longitud de mazorca, número de hileras, longitud, peso y volumen de grano.

Dentro de cada raza hubo diferencias debidas a la zona de colecta; en colectas de Elotes Occidentales de la zona norte, hubo plantas con menos hojas y periodos de floración más cortos (Ballesteros, 2013).

(Roncadio *et al.*, 2014) evaluaron hijuelos por planta, alturas de planta y mazorca, número de hojas y hojas arriba de la mazorca, longitud y anchura de la hoja de la mazorca, longitud del pedúnculo y del tramo ramificado de la espiga, y ramificaciones primarias de la espiga. Ellos detectaron amplia variación entre genotipos en todas las variables e infirieron la existencia de gran diversidad genética.

Además, la interacción genotipo x ambiente fue significativa en la mayoría de las variables, excepto en altura de planta, longitudes, y del tramo ramificado de la espiga, largo de mazorca, anchura de granos y volumen de 100 granos; nuevamente estas diferencias indican que los genotipos tuvieron una respuesta particular en cada una de las localidades de estudio. Algunas de estas variables, también fueron seleccionadas

también en otros estudios con criterios confiables; para la clasificación racial del maíz como número de hojas total, longitud de la rama central de la espiga y anchura de grano (Sánchez *et al.*, 1993).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área experimental

El municipio de Calimaya de Díaz González está situado en el Valle de Toluca, en el estado de México, a 17 km al sur de la capital mexiquense. Sus colindancias con otros municipios son: al norte con Toluca, al sur con Tenango del Valle, al oriente con Mexicatzingo y Santa María Rayón y al poniente con el volcán Xinantecatl.

La cabecera municipal se localiza a 19°09'30'' de latitud norte y 99°37'17'' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a 2650 metros sobre el nivel del mar (msnm). Su clima predominante es templado subhúmedo con tendencia al frío, con temperatura media anual de 12,8°C, mínima y una máxima de -4.0 y 26°C, respectivamente. Sus suelos son sueltos (tipo andosol), encontrándose desde el arcillo limoso hasta los franco-arenosos y arenosos, éstos últimos formados por el arrastre de materiales sedimentados hacia las partes más bajas, problema que las lluvias originan durante la época de máxima precipitación, cuyo cauce se originó en las partes altas aledañas al volcán Xinantecatl y que ha contribuido al aumento de la superficie erosionada. Los suelos son muy friables, derivados de cenizas volcánicas, pH ácido (entre 3,8 y 6,0) y descansa sobre un sustrato volcánico de pumicita suelta (tepojal) que se encuentra entre 40 y 100 cm, con condiciones particularmente benignas para el control natural de patógenos, especialmente pudriciones de mazorca y grano causadas por *Fusarium spp.* También se ha observado que las condiciones

climatológicas frías del periodo invernal causan ausencia de plagas insectiles de los granos almacenados que afectan con mayor rapidez a los granos de textura suave y amilácea, como los de Cacahuacintle (Ramos y Gerón, 1998; Tarango, 1997; González *et al.*, 1999; González *et al.*, 2006).

Las comunidades que conforman este municipio son San Diego La Huerta (SD), la 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 la Concepción Coatipa, pero la principal zona productora de Cacahuacintle se sitúa en la parte alta del municipio, conformada por SD, CM, SL, SM, ZG y SMC (Imágenes 1 a 6).

Imagen 1. Cabecera Municipal.



Imagen 2. San Diego La Huerta.



Imagen 3. Zaragoza de Guadalupe.

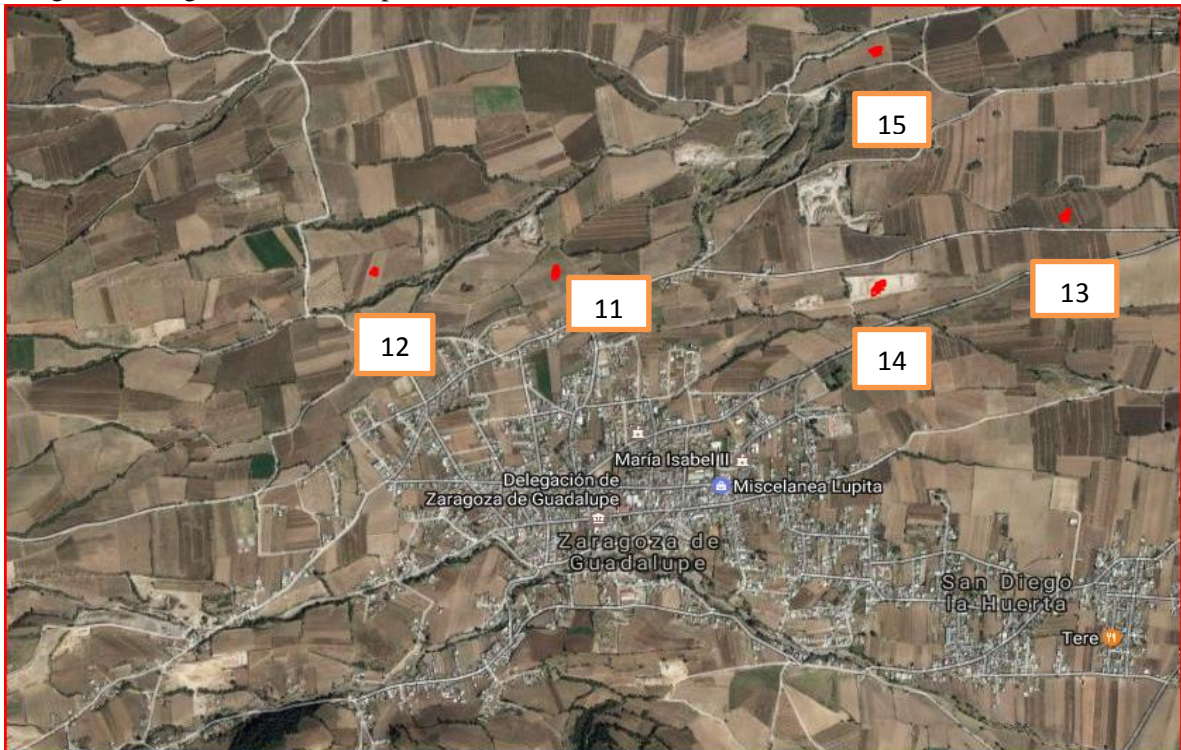


Imagen 4. San Lorenzo Cuauhtenco.

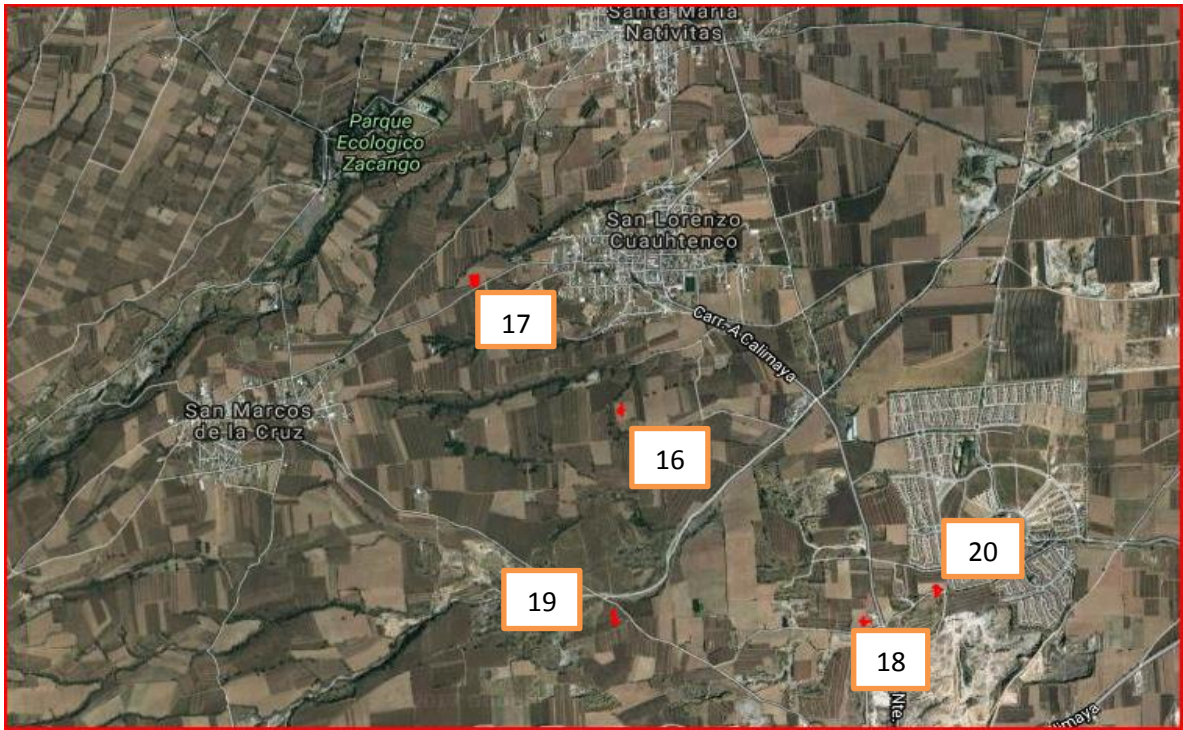


Imagen 5. San Marcos de la Cruz .

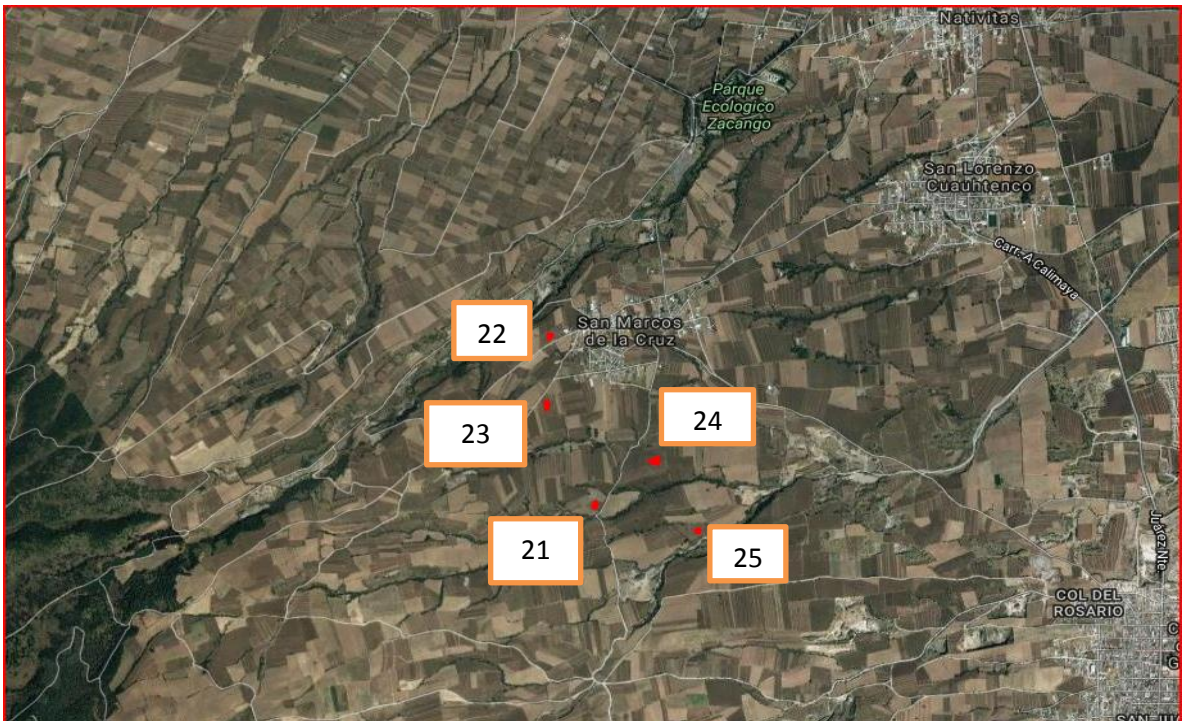




Imagen 6. Santa María Nativitas.



<https://www.google.es/maps/place/Calimaya,+52200+Calimaya> (4 de julio de 2017).

### 3.2 Material genético

En este estudio fueron consideradas 30 variedades criollas de maíz de la raza Cacahuacintle, mejoradas empíricamente y sembradas comercialmente por agricultores del municipio de Calimaya. Esta raza fue descrita originalmente por Wellhausen *et al.* (1951) y fue evaluada en experimentos establecidos en terrenos de agricultores por González *et al.* (2006), González *et al.* (2008) y González *et al.* (2008B), entre otros. En el Cuadro 1 se muestra la relación de agricultores cooperantes que participaron en el presente estudio, y en las imágenes 1 a 6 se proporciona la ubicación de cada parcela por comunidad.

### 3.3 Relación de agricultores cooperantes.

En este estudio fueron incluidos 30 agricultores de Calimaya.

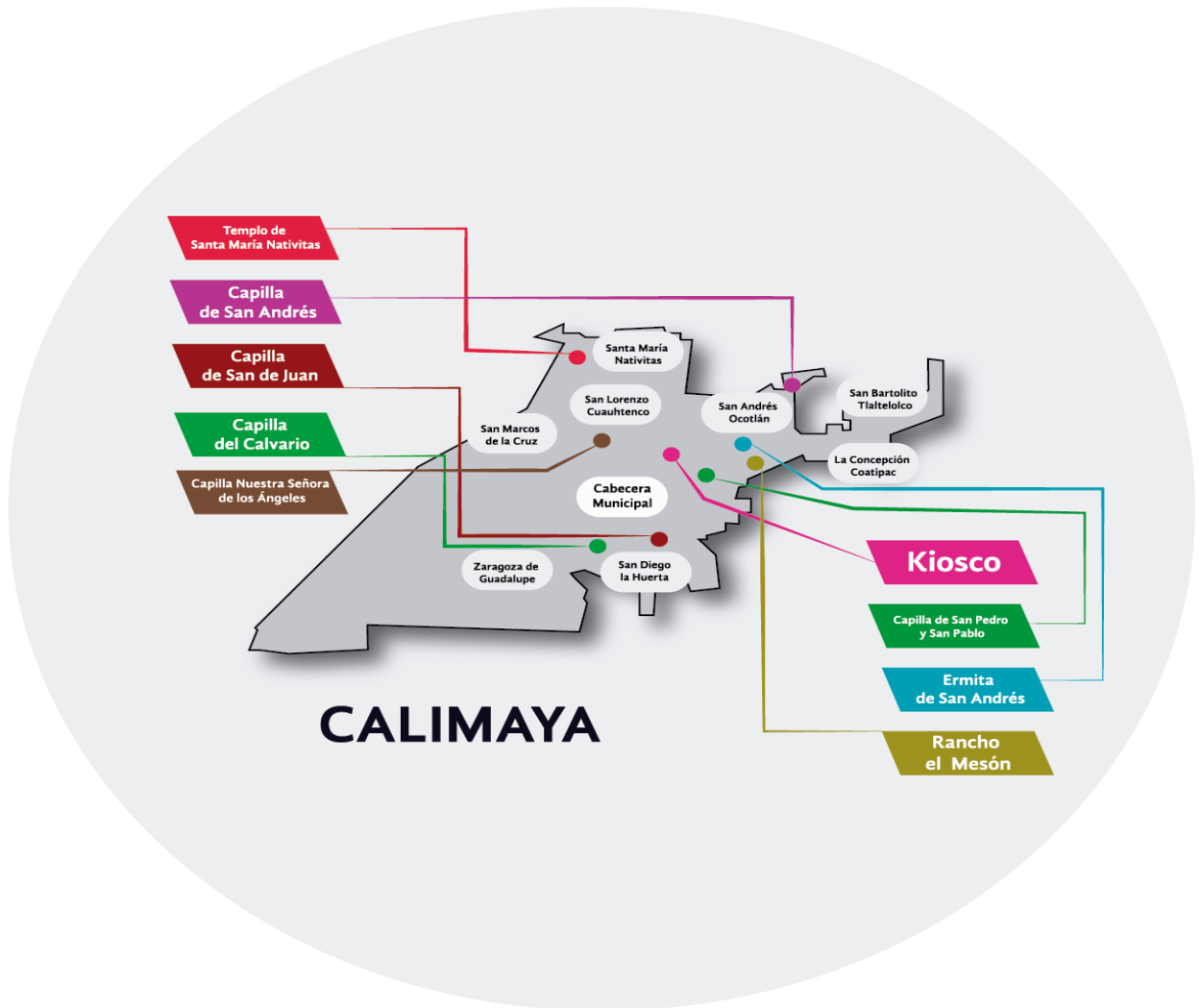
En el Cuadro 1 se muestran sus nombres, su localidad donde siembran y su abreviatura para estas últimas.

Cuadro 1. Agricultores cooperantes y comunidades participantes en este estudio.

<b>Productor</b>	<b>Localidad</b>	<b>Abreviaturas</b>
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
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

### 3.4 Mapa de las localidades donde se registraron los datos de maíz

#### Cacahuacintle



<https://www.google.com.mx/search?q=mapa+de+las+localidades+de+calimaya> (4 de julio de 2017).

### **3.5 Elección de los sitios de muestreo**

El maíz Cacahuacintle se explota principalmente en la región alta de Calimaya, situada a más de 2600 msnm, que comprenden las comunidades identificadas como SDH, CM, SLC, SMN, ZG, SMC (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008); estas seis comunidades fueron consideradas como sitios de muestreo (Figura 2).

### **3.6 Definición del tamaño de muestra**

Para definir cuantos productores (N) y cuantos elotes (n) tendrán que ser muestreados en los terrenos de los agricultores cooperantes, se consideró la siguiente información:

- A) Se conoce el número de personas que realizan actividades agropecuarias.
- B) Se dispone de un marco de muestreo para seleccionar aleatoriamente las plantas de interés.
- C) Se medirán r variables cuantitativas.
- D) Se estimaran estadísticos simples como media, aritmética, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, rango, y valor mínimo y máximo, entre otros.
- E) Se aplicará muestreo aleatorio simple sin reemplazo usando dos metodologías.
- F) Se asume que los seis sitios de muestreo son representativos para muestrear los Cacahuacintles del municipio de Calimaya.

G) En cada sitio de muestreo serán elegidas plantas con competencia completa en una  $400 \text{ m}^2$ , considerando 25 surcos de 20 m de longitud en el centro de una hectárea.

H) En Calimaya no hay antecedentes sobre el cálculo de  $n$ . Así, por limitantes económicas podría considerarse un valor de  $n$  inferior al adecuado.

También se calculará un tamaño de muestra similar para muestrear las  $r$  variables, pero que es recomendable en estudios de propósitos múltiples cuando se estima uno o más parámetros de interés. La primera metodología que fue considerada en esta investigación fue propuesta por Rendón y Cervantes (1991) y ésta se fundamenta en lo siguiente:

$N$  y  $n$  fueron definidos como agricultores participantes y para elotes medidos, respectivamente, en cada una de las seis comunidades calimayenses. Adicionalmente,  $b_i$  es una variable aleatoria que fluctúa de cero a uno y representa la proporción de la desviación estándar poblacional ( $\sigma_i$ ) en cada una de las  $r$  variables de interés. En otras palabras es un margen de error que se asume para determinar los tamaños de muestra; cuanto más pequeño más confiable pero requiere de más de tiempo y recursos humanos y financieros.

La población se compone de  $N$  unidades, identificaron como  $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ . Las  $r$  variables se identifican como  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_r$ . Las medias de las poblaciones se

representaron como  $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ . Si  $M_i$  es la media poblacional de las observaciones de la variable  $Y_i$  ( $i=1,2,3, \dots, r$ ) entonces:

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^N Y_{ij}}{N}$$

Donde:  $Y_{ij}$  es el valor de  $Y_i$  registrado en la unidad  $u_j$  ( $j=1,2,3, \dots, N$ ).

Para un tamaño de población  $n$ , un estimador insesgado del parámetro  $M_i$ , para todo  $i=1,2,3, \dots, r$  está dado por:

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{j=1}^n Y_{ij}}{n}$$

Esta última es la media muestral.

En el contexto anterior, su varianza puede expresarse cómo:

$$V(\bar{Y}_i) = \left( \frac{N-n}{n(N-1)} \right) \sigma_i^2$$

Con  $i=1,2,3, \dots, r$

Dónde:  $\sigma_i^2$  representa la varianza poblacional por observación de la variable  $Y_i$ , calculada cómo:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (Y_{ij} - M_i)^2}{N}$$

A medida que la desviación estándar de la media muestral (o su varianza) decrece la precisión en su estimación aumenta. También, la varianza de la media muestral es una proporción (o porcentaje) de la varianza de la población por observación ( $\sigma_i^2$ ), la cual depende del tamaño de muestra  $n$ . Si  $n=1$  la varianza de la media muestral tomará el mismo valor de la varianza poblacional. Si  $n=N$ , la varianza de la media muestral será cero (el tamaño de la muestra será igual al de la población). Así, la precisión en la estimación, medida a través de la varianza de la media muestral, aumentará a medida que la proporción de la varianza poblacional tienda a cero. Lo anterior conduce a:

$$\sqrt{V(\bar{Y}_i)} \leq b_i \sigma_i \quad \text{ó} \quad V(\bar{Y}_i) \leq b_i^2 \sigma_i^2$$

Al sustituir las ecuaciones equivalentes para la varianza de la media muestral, cuando  $i=1, 2, 3, \dots, r$ , se obtiene:

$$\left[ \frac{N-n}{n(N-1)} \right] \sigma_i^2 \leq b_i^2 \sigma_i^2$$

La solución para  $n$ , el tamaño de muestra por definir, se muestra a continuación:

$$\left[ \frac{N-n}{n-1} \right] \leq \frac{n(b_i^2 \sigma_i^2)}{\sigma_i^2}$$

$$\left[ \frac{N-n}{(N-1)b_i^2} \right] \leq n$$

$$\left[ \frac{N}{(N-1)b_i^2} - \frac{n}{(N-1)b_i^2} \right] \leq n$$

$$\left[ \frac{N}{(N-1)b_i^2} \right] \leq \left[ n + \frac{n}{(N-1)b_i^2} \right]$$

$$\frac{N}{(N-1)b_i^2} \leq \frac{n(N-1)b_i^2 + n}{(N-1)b_i^2}$$

$$\frac{N}{(N-1)b_i^2} \leq n \frac{\{(N-1)b_i^2 + 1\}}{(N-1)b_i^2}$$

$$\frac{N\{(N-1)b_i^2\}}{\{(N-1)b_i^2\}\{(N-1)b_i^2 + 1\}} \leq n$$

$$\frac{N}{(N-1)b_i^2 + 1} \leq n$$

Esta fórmula también se puede escribir cómo:



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

En la ecuación anterior, la varianza del estimador de la media muestral nunca será mayor que la proporción fijada  $b_{i\sigma}^2$ , y ésta puede ser empleada para calcular las medias de cada una de las  $r$  variables de interés. Su principal ventaja es que no depende de parámetros desconocidos y por su sencillez pueden generarse tablas de  $n$  para diferentes valores de  $N$  y  $b_i$ . (Rendon y Cervantes, 1991).

Para un estudio preliminar, como el que se plantea en el presente estudio cuando no se tiene información de los parámetros poblacionales que definen a cada una de los criollos de Cacahuacintle que se siembran en este municipio mexiquense, la aplicación de la formula anterior conduce a lo siguiente:

- a) Para agricultores, con la información generada por González *et al.* (1999), para  $N=2350$  y  $b_i=0.20$  se tendrá

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

Es decir,  $n \geq 25$  productores

b) Para muestrear elotes, considerando 50000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  se tendrá:

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

Es decir, 25 elotes por productor.

Debido a problemas de heterogeneidad ambiental que hay en terrenos de agricultores cooperantes del municipio de Calimaya, situados en altitudes de 2640 a 2950 msnm, para incrementar la precisión en la estimación de la media poblacional en cada una de las  $r$  variables cuantitativas, el tamaño de muestra fue aproximado a 30 agricultores y 50 elotes por agricultor. Se hace la aclaración que esta investigación no tuvo financiamiento UAEMéx, por lo que los gastos que se originaron fueron financiados por ambos asesores y por la familia del tesista. Lo anterior generó 1500 datos para cada una de seis comunidades: 30 agricultores y 50 elotes por productor y cinco agricultores por comunidad (casi 21 000 datos). En los cálculos de  $n$ , los valores que fueron asignados a  $b_i$  fueron 0.05, 0.075 y 0.10.

### 3.7 Cálculo de “n” con InfoStat (2008)

En este paquete estadístico con menú ESTADÍSTICAS CALCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA, se obtiene el tamaño de muestra para estimar una media o una proporción poblacional con una confianza de precisión determinada por el usuario. También permite calcular tamaño de muestra para detectar, en el contexto del 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 y el tamaño de muestra para la estimación de la diferencia entre dos poblaciones (Balzarini *et al.*, 2008; Di Rienzo *et al.*, 2008).

Para estimar una media poblacional, a partir de un muestreo aleatorio siempre, asumiendo que, la variable de interés se ajusta a una distribución normal, se emplea la siguiente formula:

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

Dónde:  $\sigma$  es la desviación estándar poblacional o sea la raíz cuadrada de la varianza, C es la amplitud requerida para el intervalo de confianza con una confiabilidad de  $(1-\alpha)$  % para la media poblacional. El valor de C puede elegirse arbitrariamente o expresarse como una fracción “f” de la media muestral ( $c = \bar{Y}f$ ). En el presente estudio los valores de f elegidos correspondieron a 0.05, 0.075 ó 0.10 de la media aritmética en cada una de las variables registradas. Alternativamente el usuario puede especificar el error estándar máximo aceptable para la estimación, como criterio para el cálculo de “n”

### **3.8 Registro de datos**

Con base en González *et al.* (2006) y González *et al.* (2008) y CIMMYT (1999) en este estudio fueron registradas: 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), dimensiones del elote , como longitud (LE; cm), diámetro (DE; cm), número de hileras de grano (NH), peso en fresco (PE; g) y número de hojas de calidad para tamal (NHT).

### **3.9 Análisis estadístico**

Los 1500 datos provenientes de las seis comunidades calimayenses, en cada una de las variables cuantitativas previamente mencionadas, fueron sometidos a un análisis para determinar estadísticos simples como media, aritmética (promedio) varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimo y máximo y rango, entre otros. La base de datos fue construida en el programa editor del Sistema para Análisis Estadístico (Statistical Analysis System, SAS) versión 6.03 para Windows. Los cálculos fueron verificados con InfoStat (2008).

Adicionalmente, la información fue representada en histogramas y polígonos de frecuencias; las gráficas fueron elaboradas con InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008). Los procedimientos algebraicos para calcular estadísticos simples están descritos en Gomez y Gomez (1984) y en Martínez (1988). También se hizo un análisis de

correlación lineal simple entre las dimensiones del raquis y el resto de las variables, como un prerrequisito para determinar sus interrelaciones en un análisis de componentes principales (Sánchez, 1995). En esta última metodología fueron estratificados los datos por agricultor; y se construyó una matriz 30 x 12, con la información de 30 agricultores cooperantes para cada una de las 12 variables registradas. Además, se elaboró otra matriz 6x12 para estudiar las interrelaciones entre los sitios de muestreo y esas mismas variables en otro biplot (Ver Anexo).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Estadísticos simples

En este estudio se observó que FF varió de 85 a 125 días; su media y su rango fueron de 103.47 y 40 días, respectivamente. Las floraciones masculina y femenina (FF) son indicadores confiables de la duración del ciclo biológico del maíz y, especialmente del Cacahuacintle. En varios estudios se ha mostrado que ambas están correlacionadas positiva y significativamente y también lo están con madurez fisiológica (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008).

En alturas de planta y elote (AP y AM), los valores oscilaron de 1.26 a 3.90 y de 1.0 a 2.90 m; sus promedios fueron de 2.67 y 1.61 m, respectivamente. Con relación a los diámetros de tallo (DT) éstos variaron de 2.50 a 4.60 cm; su media a fue de 3.07 cm. Las tres características son componentes primarios del rendimiento de grano y/o forraje en maíces de la Meseta Central de México. En variedades criollas frecuentemente se han observado correlaciones positivas y significativas entre estas variables, de ahí la importancia de determinar la variabilidad fenotípica existente en maíz Cacahuacintle del municipio de Calimaya, pero debe considerarse que a mayores dimensiones de la planta mayor porcentaje de acame y, por lo tanto, de pudrición de mazorca y menor rendimiento por planta y por hectárea (González *et al.*, 2007).

En número de hileras de grano en el elote, (NH) el rango de variabilidad fenotípica quedo comprendido entre 6 y 26, con una media aritmética de 12.08. En otros estudios se ha

observado que el NH en Cacahuacintle varía de 8 a 20, con un promedio aritmético cercano a 14. Hasta ahora no habían sido detectadas en esta raza mazorcas con 6 hileras de grano y aquellas con 26 sólo habían sido registradas en la raza Palomero Toluqueño (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008).

La variabilidad fenotípica para diámetro de elote con hojas (DCH) varió de 4.60 a 9.70 cm, con un promedio aritmético de 7.16 cm. En diámetro de elote (DM) los registros quedaron ubicados entre 3.60 y 7.70 cm, con una media aritmética de 5.81 cm. Ambas variables son componentes importantes de la calidad visual del elote; aquellos de mayores dimensiones serán comercializados a mejor precio.

El número de granos de una hilera del elote (NG) varió de 11 hasta 40, con un promedio de 24.75.

El número de hojas de calidad para preparar tamales (NHT) varió de 0 a 7.0, con una media de 2.92.

Los resultados que se muestran en las dimensiones del elote evidencian los grandes logros que han obtenido los agricultores calimayenses, quienes basándose en la selección masal visual han mejorado empíricamente las características eloterías y los componentes primarios del rendimiento. En este contexto destacan los elotes de 30 cm de longitud y casi 1.0 kg de peso con totomoxtle (Cuadro 2). Con relación al diámetro del elote, con o sin hojas, es destacable el hecho de que sus dimensiones son mayores a las registradas en

las otras cuatro razas de Valles Altos del Centro de México, como Cónico, Chalqueño, Arrocillo Amarillo y Palomero Toluqueño (González *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008).

El número de granos y su peso individual son indicadores confiables de la productividad de un cultivar; a más granos mayor rendimiento por hectárea; hubo mazorcas que tuvieron entre 11 y 40 granos por hilera. Con una media de 12 hileras en cada mazorca habría entre 132 y 480 granos. Si en una hectárea se establecen 50000 plantas y 80 % de ellas producen mazorca entonces habrá entre 5 280 000 y 19 200 000 granos; si toda la mazorca fuera empleada para elegir semilla podrían sembrarse entre 10.4 y 384 ha.

Los diámetros del raquis (DR) oscilaron entre 1.50 y 2.10 cm, con un promedio de 1.85 cm. La longitud del raquis (LR) varió de 3.0 a 30 cm; su media fue de 13.09 cm. Los pesos de raquis (PR) difirieron de 5 a 90 g, con una media aritmética de 27.20 g.

Con relación a estas dimensiones del raquis sería importante definir si éstas podrían considerarse como criterios de selección indirecta para incrementar la producción de grano o si contribuyen significativamente a la translocación de asimilados de hojas y tallos al elote y/o a la mazorca. Si esta tendencia fuera verificable en experimentos conducidos en campo, estas características agronómicas podrían emplearse como criterios de selección indirecta para incrementar la calidad del elote y/o de la mazorca.

La variabilidad fenotípica para longitud de elote (LE) osciló de 7.10 a 30 cm; su media fue de 20.38 cm. Los pesos de elote (PE) variaron de 100 a 999 g, con un promedio de 530.44 g. Estos resultados resaltan los logros notables que se han alcanzado en las últimas



décadas en el mejoramiento empírico que realizan los agricultores de este municipio y los correspondientes a su manejo agronómico y tecnológico. Desde el punto de vista de la calidad visual del elote ambas variables son muy importantes para su comercialización y, desde luego, para obtener un mejor precio de venta.

#### **4.2. Análisis de componentes principales**

Con relación a la ubicación de los agricultores cooperantes en el biplot de la figura 1 puede observarse que en el cuadrante 1 se identificaron cuatro de San Diego, en el cuadrante 2 hubo cinco de Zaragoza y tres de Santa María Nativitas y en los cuadrantes 3 y 4 destacaron cuatro para de San Marcos o para San Lorenzo.

Los resultados anteriores indican que el municipio de Calimaya tiene condiciones ambientales muy heterogéneas. En otros estudios se ha mostrado que hay gradientes de altitud comprendidos entre 2650 y más de 3000 m. Estas diferencias no son observables en la región Tenango del Valle-Toluca-Atlacomulco, excepto en sus partes montañosas (González *et al.*, 2011). La agricultura de Calimaya es de secano, por lo que existen gradientes de temperatura, humedad, granizo y heladas que, junto con la heterogeneidad de sus suelos, han contribuido a la diferenciación de sus comunidades. Las otras componentes que contribuyen a la diferenciación en las características que fueron registradas en las diferentes comunidades de este municipio son la genética, relacionada con el mejoramiento genético empírico que han realizado los agricultores en sus

materiales criollos y el diferente manejo agronómico que ellos proporcionan a sus parcelas (Tarango, 1997; González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008).

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 las alturas de planta y mazorca (Figura 1).

Con relación a las interrelaciones que se muestran en el biplot destacan las que hubo entre San Diego y los diámetros y pesos de tallo, raquis y elote; también las hubo entre las variables de G4 con San Lorenzo y de las AP y AM con San Marcos. La FF y NH se vincularon estrechamente con Zaragoza y Santa María.

En otros estudios se han verificado correlaciones positivas y significativas entre las dimensiones de la planta en experimentos de evaluación de criollos de Cacahuacintle en algunas comunidades de Calimaya (González *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008a, b), pero no existen antecedentes para el resto de las características.

### **4.3. Tamaños de n propuestos**

Con el método 1 deben muestrearse 396 plantas y/o elotes en cada variable con  $b_i=0.05$ ; con  $b_i$  igual a 0.075 ó 0.10  $n$  toma valores de 175 ó 100, respectivamente (Cuadro 3).

Con el método 2 los valores de  $n$  generan un intervalo amplio de posibilidades. Cuando se considera 0.05 del valor de la media muestral  $n$  varía de 45 (FF) a 7588 (DR) con 0.075 ó 0.10 de la media muestral deben muestrearse entre 20 y 3372 ó entre 11 y 1897 plantas y/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/o elotes en cada variable al mismo valor de  $b_i$ . Pero a diferentes valores de  $n$  cuando  $b_i$  cambia. Tampoco conocimiento de parámetros desconocidos, como medias y varianzas poblacionales (Rendon y Cervantes, 1991), lo que sí es un requisito indispensable para emplear el método 2 u otras técnicas de muestreo (Cochran, 1998).

Ambos métodos podrían emplearse confiablemente para muestrear parcelas de productores cooperantes aun si existen restricciones presupuestales, de tiempo o de personal calificado; en los casos extremos deberían muestrearse 7588 datos con el método 2, con valores de  $b_i$  entre 0.05 y 0.10, que representa entre 3.39 y 15 % de 50000 plantas y/o elotes que podrían establecerse en una hectárea de Cacahuacintle.

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

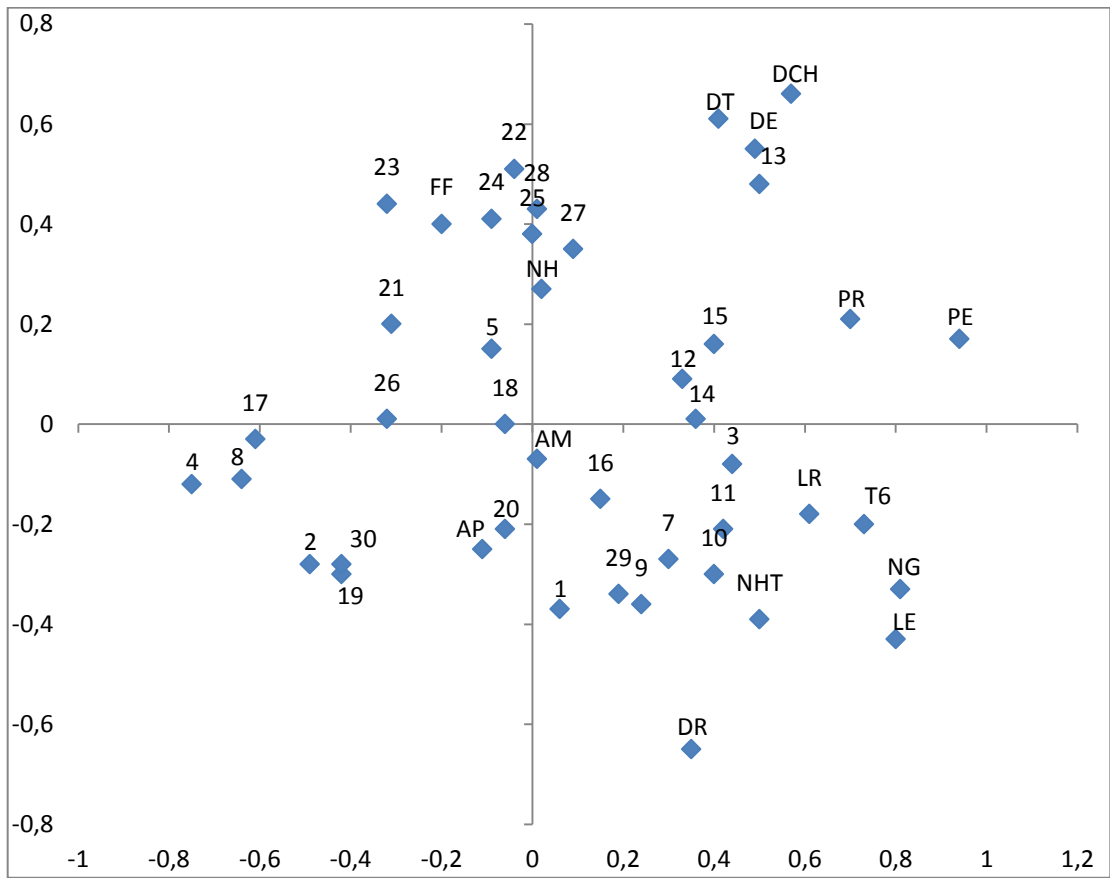
<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Min</b>	<b>Máx.</b>	<b>Media</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>D.E.</b>	<b>E.E</b>	<b>CV</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Kurtosis</b>
<b>FF</b>	1460	85.00	125.00	103.47	78.92	8.89	0.23	8.59	0.24	-0.77
<b>AM</b>	1460	1.00	2.90	1.61	0.06	0.25	0.01	15.40	0.93	2.91
<b>AP</b>	1460	1.26	3.90	2.67	0.12	0.35	0.01	12.97	-0.28	1.00
<b>DT</b>	1460	2.50	4.60	3.07	0.21	0.46	0.01	13.84	0.74	0.12
<b>NH</b>	1460	6.00	26.00	12.08	3.52	1.88	0.05	15.54	0.27	3.13
<b>DCH</b>	1460	4.60	9.70	7.16	0.50	0.71	0.02	9.88	-0.16	0.17
<b>DM</b>	1460	3.60	7.70	5.89	0.33	0.57	0.02	9.76	-0.24	0.22
<b>NG</b>	1460	11.0	40.00	24.75	17.60	4.20	0.11	16.95	-0.28	0.52
<b>NHT</b>	1460	0.00	7.00	2.92	0.78	0.88	0.02	30.19	0.69	1.27
<b>DR</b>	1460	1.50	2.10	1.85	0.04	0.12	0.31	6.41	-0.28	-0.39
<b>LR</b>	1460	3.00	30.00	13.09	16.59	4.07	0.11	31.13	0.45	0.38
<b>LE</b>	1460	7.10	30.00	20.38	6.70	2.59	0.07	12.71	-0.14	1.31
<b>PE</b>	1460	100.00	999.00	530.44	18498.55	136.06	3.56	25.65	0.29	0.23
<b>PR</b>	1460	5.00	90.00	27.20	188.94	13.75	0.36	50.55	0.72	0.61

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

**Cuadro 3. Tamaños de muestra propuestas para caracterizar maíz Cacahuacintle para la producción de elote en terrenos de agricultores del municipio de Calimaya, estado de México, con base en dos metodologías. 2016.**

Variable	MEDIA	DE	Método 1			Método 2		
			E1	E2	E3	F1	F2	F3
<b>FF</b>	103.47	8.89	396	175	100	45	20	11
<b>AM</b>	1.61	0.25	396	175	100	148	65	37
<b>AP</b>	2.67	0.35	396	175	100	105	46	26
<b>DT</b>	3.07	0.46	396	175	100	892	396	223
<b>NH</b>	12.08	1.89	396	175	100	150	66	37
<b>DCH</b>	7.16	0.71	396	175	100	104	46	26
<b>DM</b>	5.89	0.57	396	175	100	226	100	56
<b>NG</b>	24.74	4.23	396	175	100	179	79	44
<b>NHT</b>	2.92	0.88	396	175	100	558	248	139
<b>DR</b>	1.85	0.12	396	175	100	7588	3372	1897
<b>LR</b>	13.09	4.07	396	175	100	596	264	149
<b>LE</b>	20.38	2.59	396	175	100	2844	1264	711
<b>PE</b>	530.44	136.06	396	175	100	408	181	102
<b>PR</b>	27.20	13.75	396	175	100	1576	700	394

FF= floración femenina; AM= altura a mazorca; AP= altura de planta; DT=diámetro de tallo; NH= número de hileras; DCH= diámetro con hojas; DM= diámetro de mazorca; NG= número de granos; NHT= número de hojas para tamal; DR= diámetro de raquis; LR= longitud de raquis; LE= longitud de elote; PE= peso de elote; PR= peso de raquis; E1, E2, E3= error máximo permisible, en %; F1, F2, F3= productos entre la media aritmética con los valores de B1, B2, B3, respectivamente.



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

## V. CONCLUSIONES

Hubo diferencias fenotípicas importantes en todas las características evaluadas pero éstas muestran desviaciones con relación a una distribución normal.

Los valores de  $n$  calculados con ambas metodologías permitirían muestrear confiablemente parcelas donde se siembra maíz Cacahuacintle en ese municipio; con el método 1 no se requiere conocer parámetros desconocidos, como algunos de los estadísticos simples calculados en este estudio, sólo debe conocerse el tamaño de la población y elegir un valor asignado al error de muestreo.

Con la aplicación del método 2 u 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. Hubo una correlación positiva y significativa en el biplot entre el número de hojas de calidad para envolver tamales (NHT) con el número de granos y de 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.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- 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. pp:84-89.
- Arellano, V., J. L., Gámez, V., A. J., Ávila, P., M. A. 2010. Potencial agronómico de variedades criollas de maíz Cacahuacintle en el valle de Toluca. Revista Fitotecnia Mexicana 33(Esp. 4): 37-41.
- Azanza, F., Juvik, J. A., Klein, B. P. 1994. Relationships between sensory quality attributes and kernel chemical composition of fresh-frozen sweet corn. Journal of Food Quality 17(2):159-172.
- Azanza, F.; Klein, B. P.; Juvik, J. A. 1996. Sensory characterization of sweet corn lines differing in physical and chemical composition. Journal of Food Science 61(1):1365-2621.
- Ballesteros., M.G. 2013. Caracterización morfológica de las razas de maíz Elotes Occidentales y Ancho en el estado de Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas. Centro



- Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara, México. 93 p.
- Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Casanoves, R., Di Rienzo, J.A., Robledo, C.W. 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. pp: 60-62.
- Bautista, R.N. 1949. Tipos de maíces de la Mesa Central. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Estado de México. 125 p.
- Cervantes, S.T., Goodman, M.M., Casas, D. E., Rawlings, J.O. 1978. Use of genetic effects and genotype by environmental interactions for the classification of Mexican races of maize. *Genetics* 90:339-348.
- Coutiño-Estrada, B., Vidal-Martínez, V. A., Sánchez-Grajales, G. 2010. Selección de maíces criollos con calidad elotera bajo condiciones de riego y temporal en Chiapas, pp: 178-190.
- Coutiño, E, B., Vázquez, C. B., Torres, M, Salinas, M. 2008. Calidad de grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza Comiteco. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 9-14.
- Coutiño, E., B., Vidal, M., V. A., Cruz, G., B, Cruz, V., C. 2010. Aptitud combinatoria general y específica del contenido de azúcares en maíces criollos eloteros. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(Esp. 4): 57-61.

- CIMMYT. 1999. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. 5ª Reimp. México, D. F. 21 p.
- Cochran, W. G. 1998. Técnicas de Muestreo. Compañía Editorial Continental, S.A de C.V 13ª Reimpresión. México, D.F. 513 p.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada M., Robledo, C.W. 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Eagles, H.A., Lothrop, J. E. 1994. Highland maize from Central Mexico- Its origin, characteristics and use in breeding programs. *Crop Sci.* 34:11-19.
- Flora, I. F.; Wiley, R. C. 1974. Sweet corn aroma, chemical components and relative importance in the overall flavor response. *Journal of Food Science* 39(4): 770-773. (doi:10.1111/j.1365-2621.1974.tb17976.x).
- Franco, M. J. R. P., González, H. A., Pérez, L. D. J., González, R. M. Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajeros en Valles Altos del estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6 (8): 1915-1927.
- González, H. A., Aguilar, L. B., Nájera, F. I., Calvo, G., Sahagún, J., Pérez, D. J., Landeros, V., Serrato, R. 1999. Problemática ambiental y análisis económico de la agricultura del municipio de Calimaya de Díaz González, México. En:

Memoria del Primer Seminario Internacional Tecnología-Industria-Territorio.  
UAQ-IPN (Coord.) Querétaro, México.

González, H. A., Pérez, L. D.J., Domínguez, L. A., Franco, M. O., Balbuena, M. A., Ramos, M. A., 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., Landeros, F. V., Serrato, C. R., Sahagún, C. J., Nájera, M. F.I., Aguilar, M., Calvo, Ch. 1999. Agromisión. pp: 1-14.

González, H. A., Sahagún, C. J., Pérez, L. D. J., Domínguez, L. A., Landeros, F. V., Serrato, C. R. 2006. Diversidad fenotípica del maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(3):255-261.

González, H.A., Vázquez, G. L.M., Sahagún, C.J., Rodríguez, P. J.E., Pérez, L. D.J. 2007. Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la producción de mazorca. *Agricultura Técnica en México* 33(1):67-76.

González, H. A., Vázquez, G. L.M., Sahagún, C. J., Rodríguez, P. J.E. 2008. Diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca-Atlacomulco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(1):67-76.

González, A., Pérez, D. J., Sahagún, J., Franco, O., Morales, E. J., Rubí, M., Gutiérrez, F., Balbuena, A. 2010. Aplicación y comparación de métodos

univariados para evaluar la estabilidad en maíces del Valle Toluca-Atacomulco, México. *Agronomía Costarricense* 34(2): 129-143.

González, H.A., Pérez, L.D.J., Franco, M.O., Nava, B. E.G., Gutiérrez, R. F., Rubí, A.M., Castañeda, V. A. 2011. Análisis multivariado aplicado al estudio de las interrelaciones entre cultivares de maíz y variables agronómicas. *Revista Ciencias Agrícolas Informa* 20(2): 58-65.

Gomez, K. A., Gomez, A. A. 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2<sup>nd</sup> Edition. John Wiley and Sons, Inc. Printed in Singapore. 680 p.

<https://www.google.com.mx/search?q=mapa+de+las+localidades+de+calimaya> (4 de julio de 2017).

<https://www.google.es/maps/place/Calimaya,+52200+Calimaya> (4 de julio de 2017)

Lertrat, K., Pulam, T. 2007. Breeding for increased sweetness in sweet corn. *International Journal of Plant Breeding* 1(1):27-30.

Martínez, G. M.A., Jasso, CH. C., Hernandez, A. J.A. 2006. Folleto para Productores INIFAP, Núm. 42. San Luis Potosí, S.L.P., México. 21p.

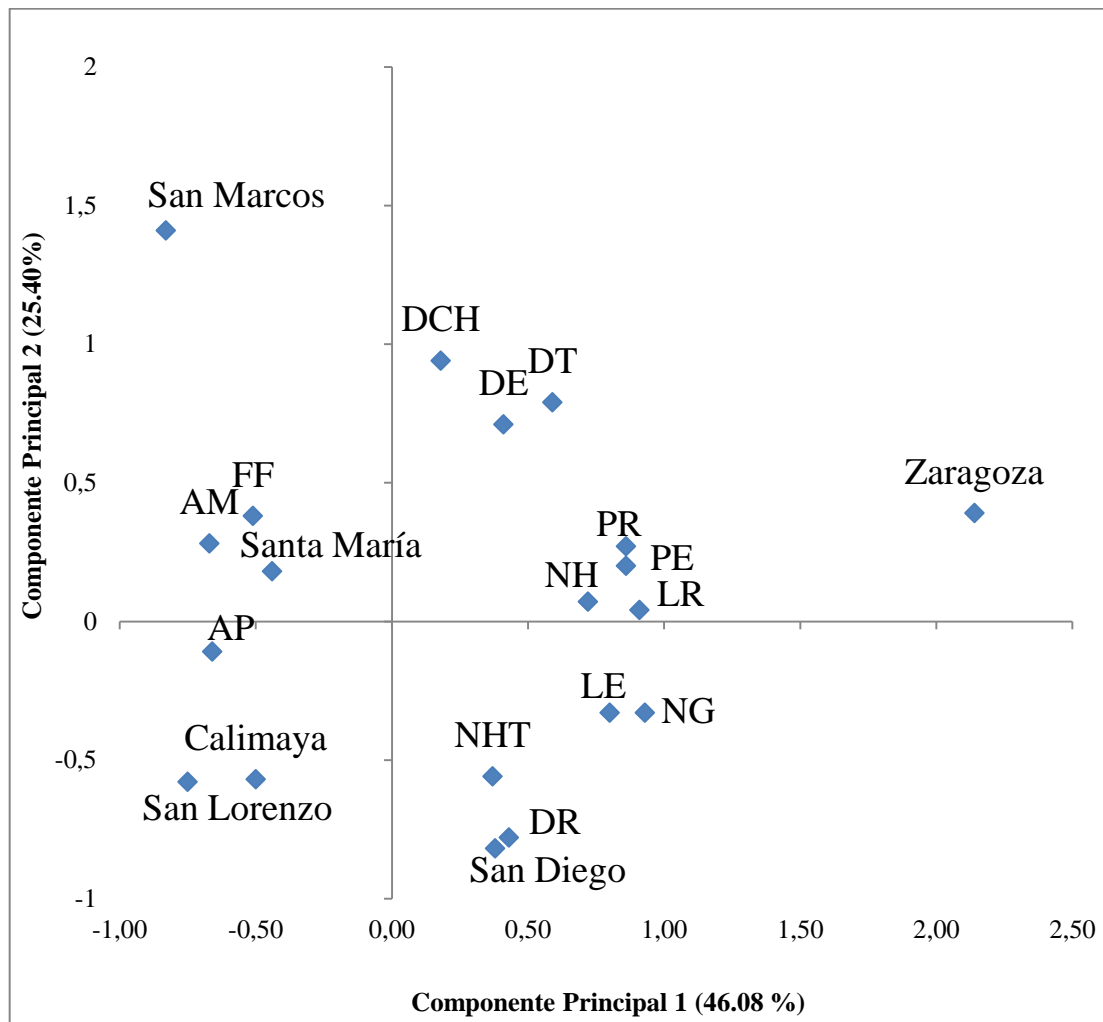
Martínez, G. A. 1988. *Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría*. Editorial Trillas. México, D. F. 756 p.

- Paliwal, R. L. 2001. Usos del maíz. *In: el maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Paliwal, R. L., Granados, G., Laffite, H. R., Violic, A. D., Marathée, J. P. (eds.). FAO, Roma. 60 p.
- Ramos, R., A., Gerón X., F. 1998. Origen y Distribución Geográfica, Diversidad y Potencial Productivo de la Raza de Maíz Cacahuacintle. En: Memoria del Seminario Mesoamericano sobre Agrodiversidad en la Agricultura Campesina. U.A.E.M. Toluca, Méx, pp: 89-94.
- Ramos, R. A. 2000. Origen y singularidad de la raza de maíz Cacahuacintle. En: Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 de octubre. Irapuato, Guanajuato. Universidad de Guanajuato, México p:102.
- Rendón, S. G., Cervantes, S., A. 1991. La forma más fácil para calcular tamaños de muestra (varianza fija). Monografías y Manuales en Estadística y Cómputo. Vol. 10, Núm. 4. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México, 84 p.
- 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., Mercado, V. O. 2014. Análisis de 17 híbridos de maíz sembrados en 17 ambientes de los Valles Altos del centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(5):871-882.

- Roncadio, R. M., Santacruz, V. A., Córdova., T. L., López, S. H., Castillo, G. F., Lobato, O. R., García, Z. J.J., Ortega, P. R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 37 (4): 351 - 361.
- Sánchez, G. J. J., Stuber, C.W, Goodman, M. M. 2000a. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany* 54: 43-59.
- Sánchez, G. J. J. 1995. El análisis biplot en clasificación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 18:188-203.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2009. Anuario agropecuario, 1980-2008. SAGARPA. México, D. F.  
[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=287&Itemid=430](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=287&Itemid=430). (consultado julio, 2010).
- Simonne, E., Boozer, R., Simonne, A. 1999. Yield, ear characteristics, and consumer acceptance of selected white sweet corn varieties in the southeastern United States. *HortThechnology* 9(2):289-293.
- Tarango, M., V. M. 1997. Plan de Desarrollo Municipal 1997-2000. H. Ayuntamiento Constitucional de Calimaya de Díaz González, pp: 25-40.

- Tollenaar, M., Lee, E.A. 2011. Strategies for Enhancing Grain Yield in Maize. In: Plant Breeding Reviews. Edited by Jules Janick. Wiley Blackwell. Vol. (3): 37-81.
- Tracy, W. F. 2000. Sweet corn, pp: 147-187. *In: Specialty Corns*. Hallauer, A. R. (ed). CRC Press. Second Edition. Boca Raton, Florida. United States of America.
- Valdivia-Bernal, R., Caro-Velarde, F. de J., Medina-Torres, R., Ortiz-Catón, M., Espinoza-Calderón, A., Vidal-Martínez, V. A., Ortega-Corona, A. 2010. Contribución genética del criollo Jala en variedades eloteras de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(Esp. 4):63-67.
- Wellhausen, E. J., Roberts, L.M., Hernández, X. E., en colaboración con P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería Folleto Técnico No. 5. México, D. F. 237 p.

## VII ANEXOS



**Figura 1A. Biplot para las comunidades del municipio de Calimaya y para las variables evaluadas en maíz Cacaahuacintle.**



## Floración femenina

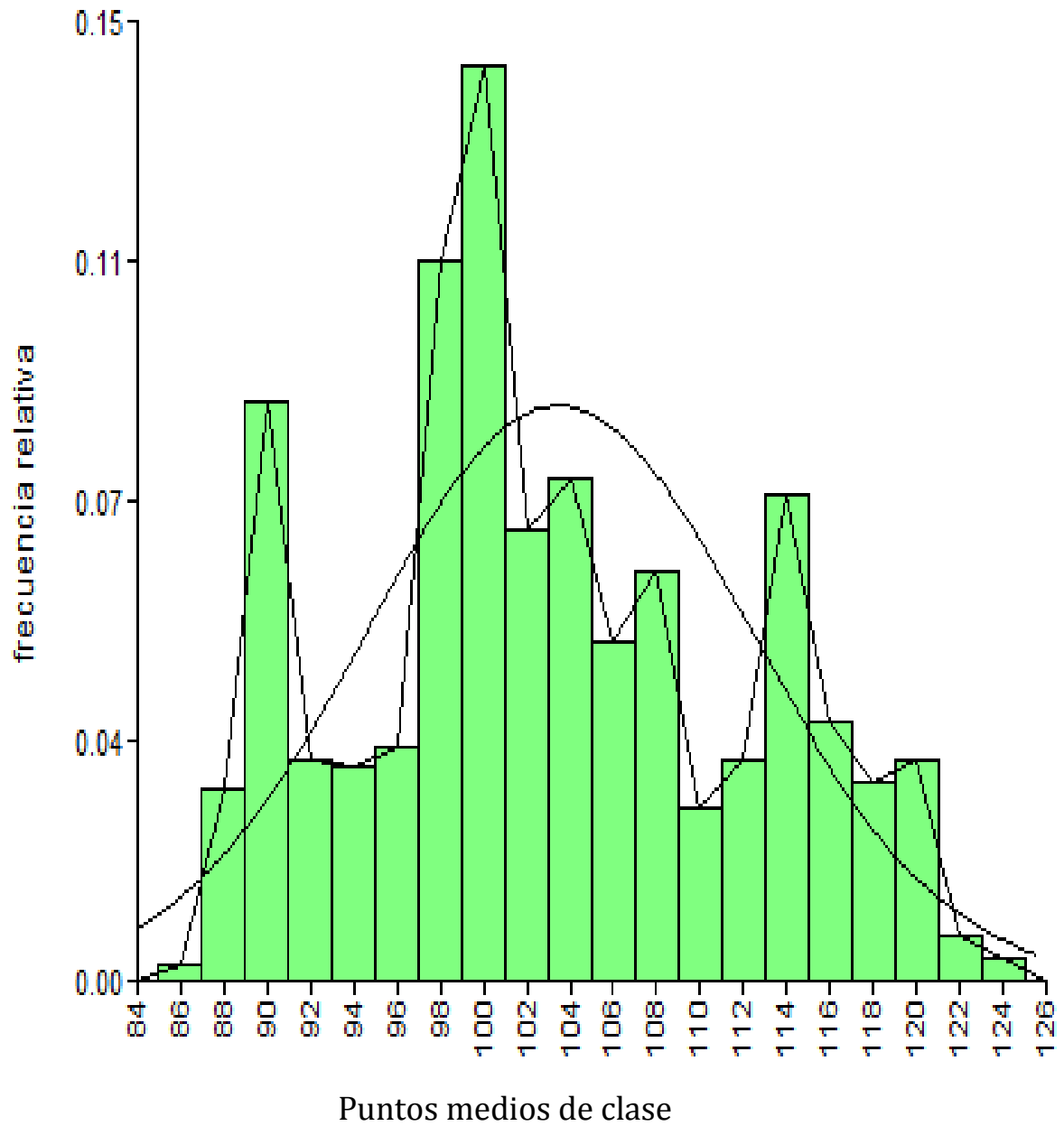


Figura 2 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para floración femenina.

## Altura a mazorca

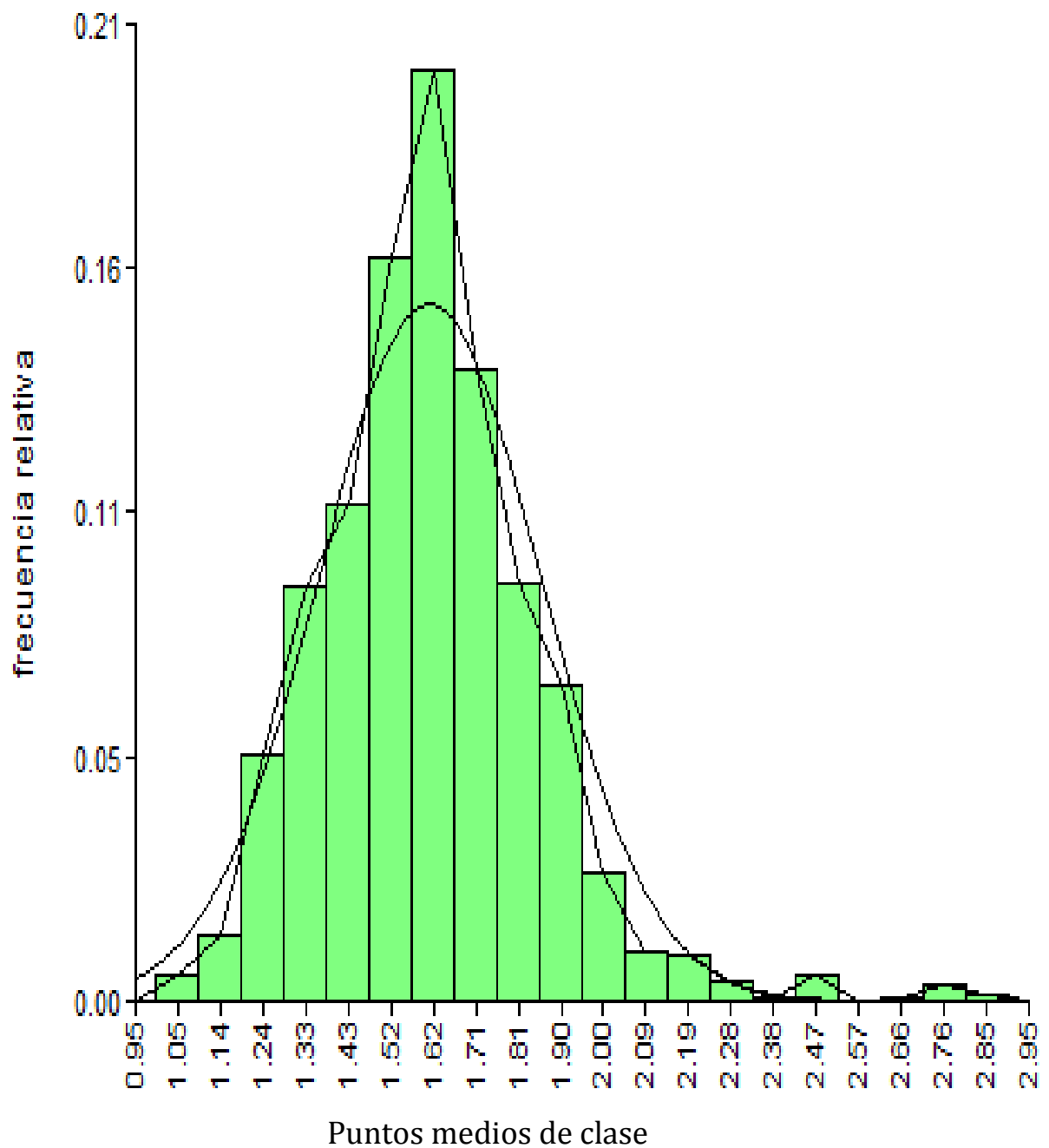


Figura 3 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para altura a mazorca.

## Altura de planta

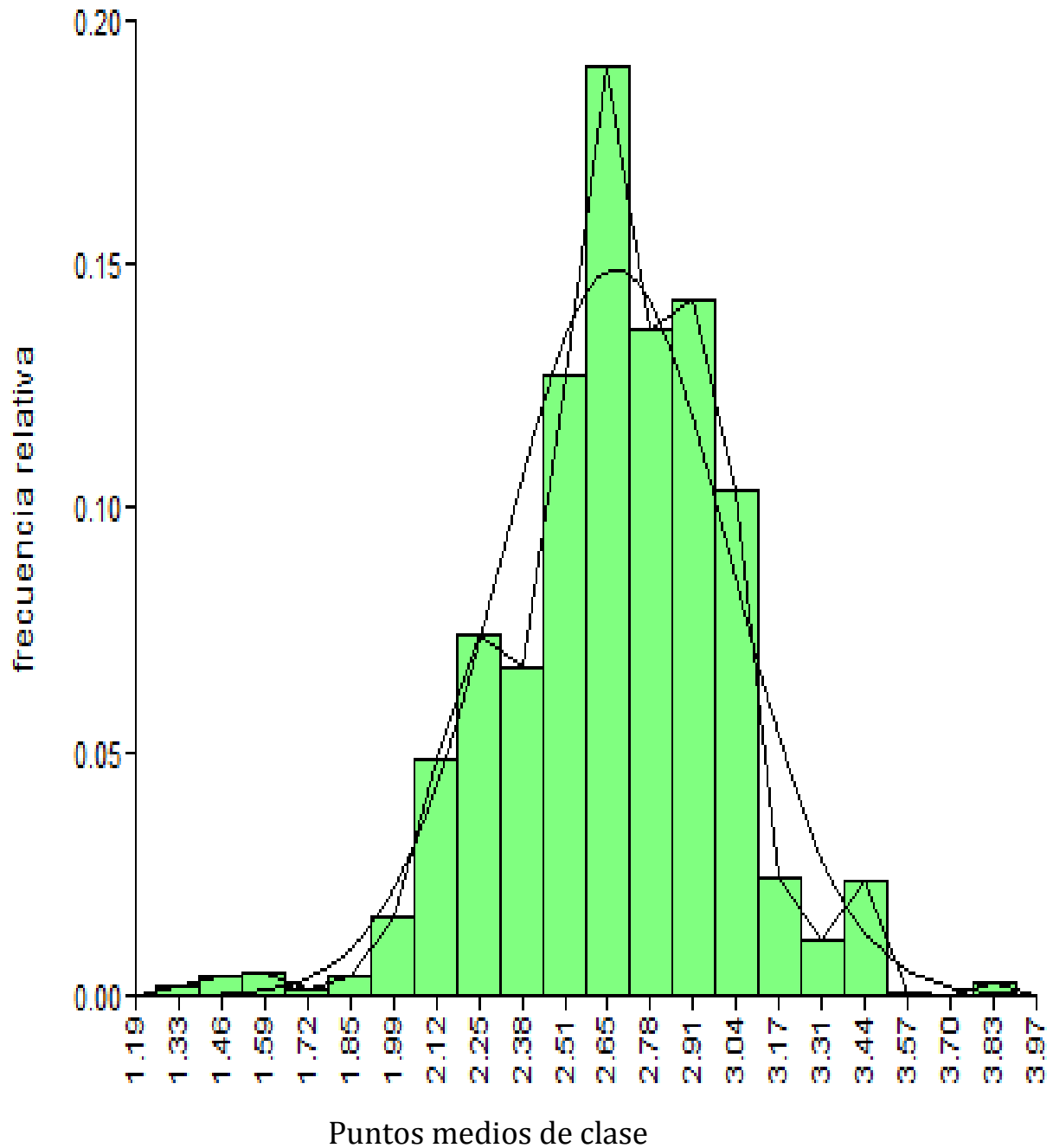


Figura 4 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para altura de planta.

## Diametro de tallo

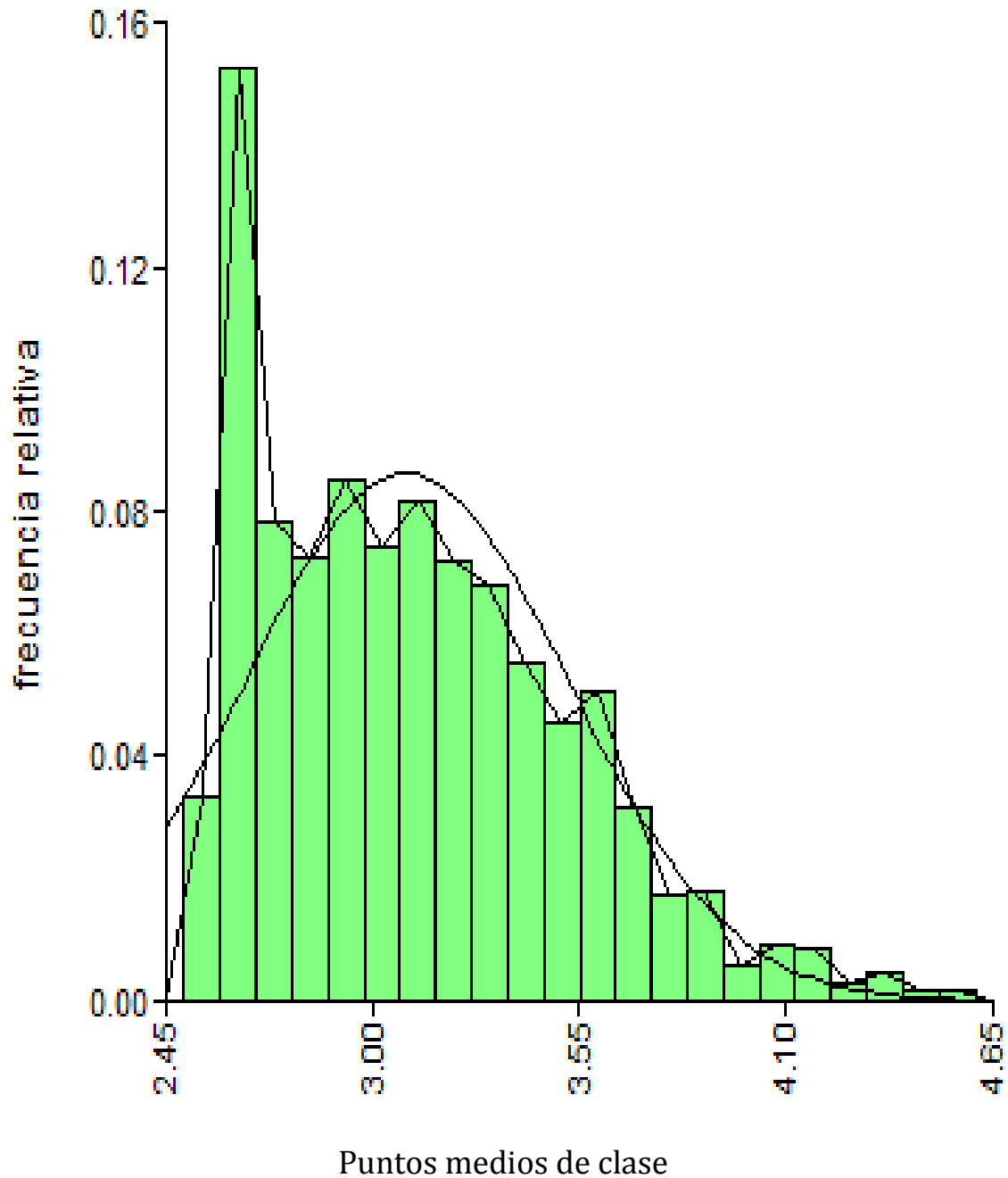


Figura 5 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para diámetro de tallo.

## Número de hileras

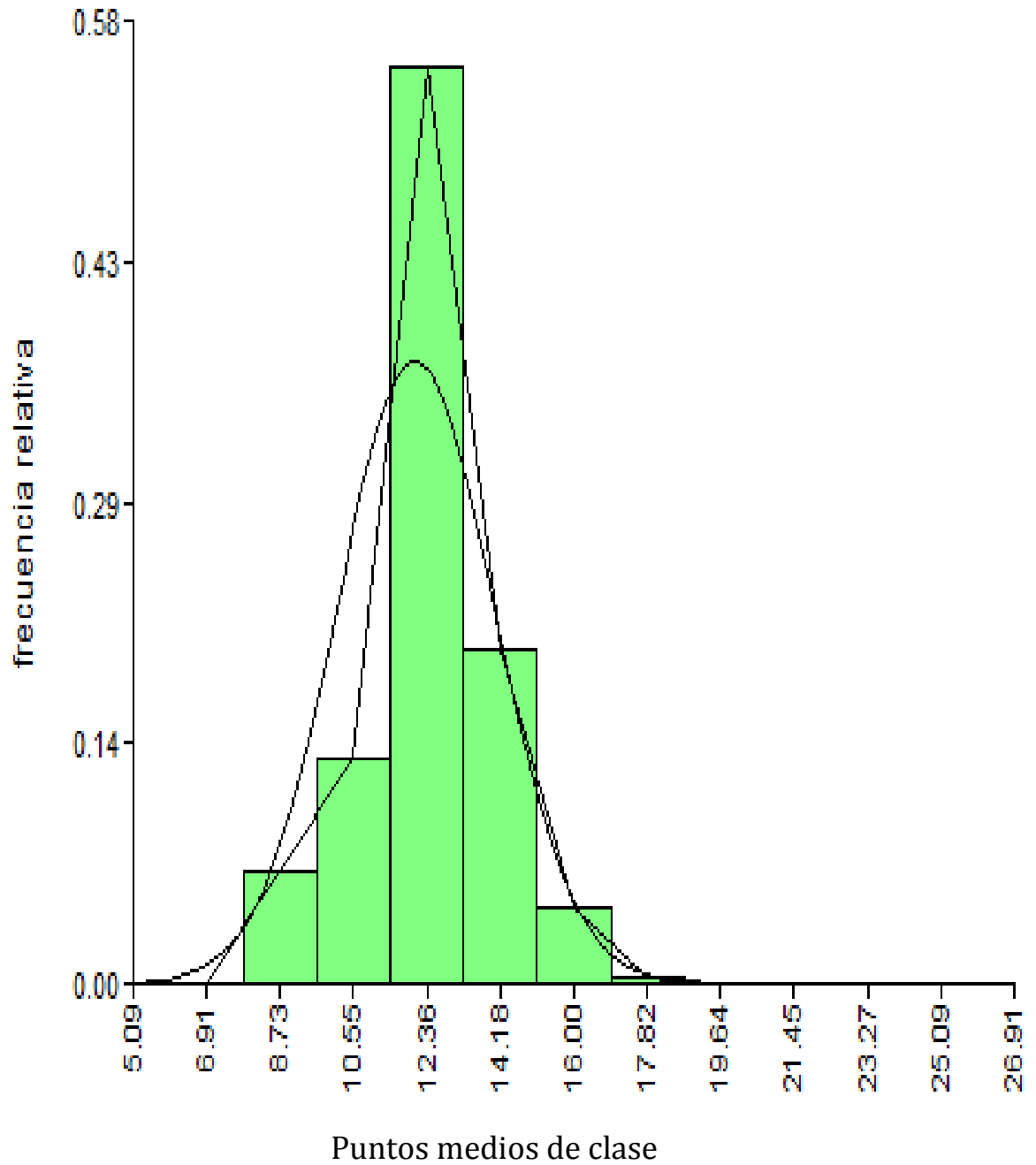


Figura 6 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para número de hileras.

## Diametro con hoja

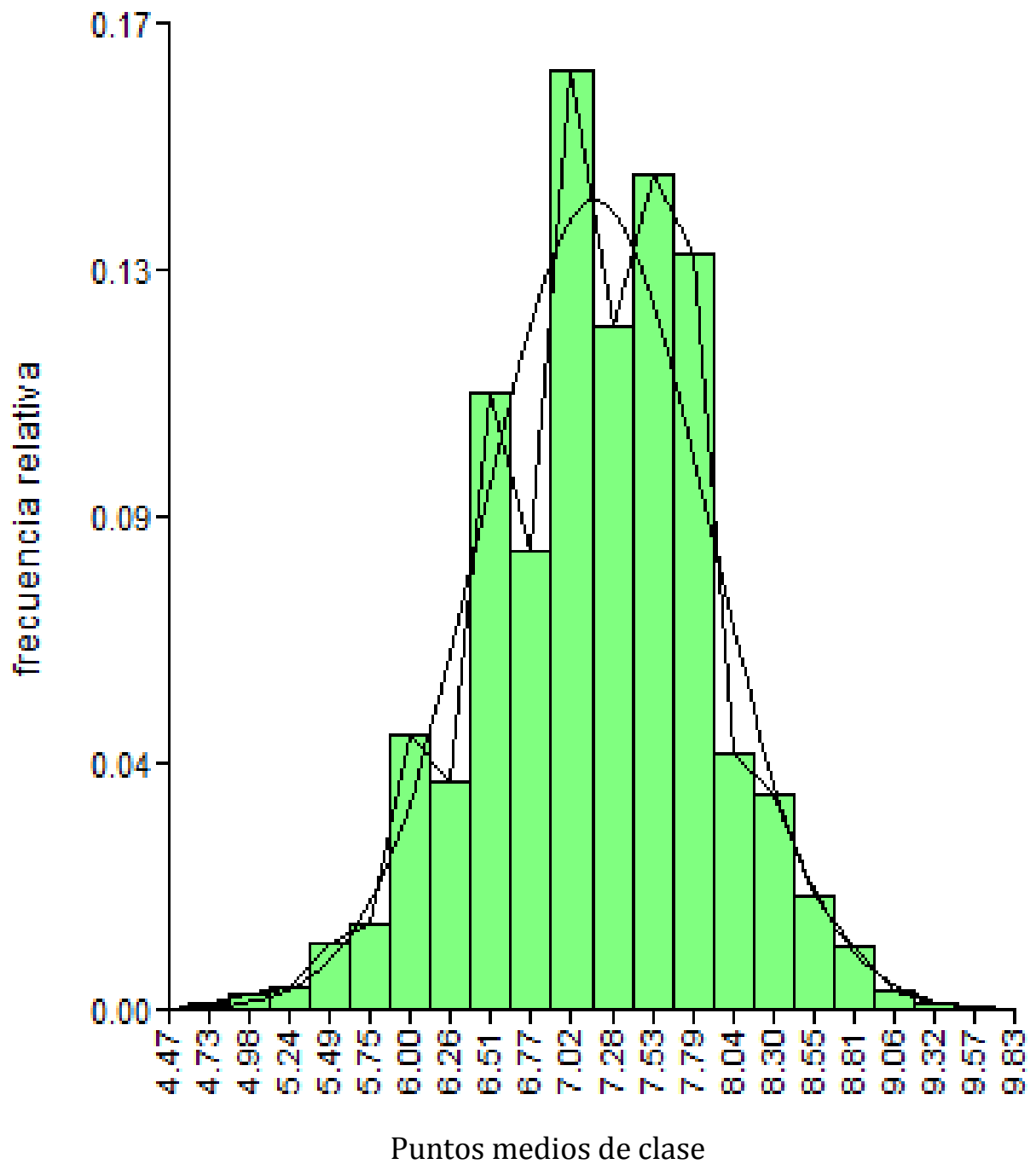


Figura 7 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para diámetro con hoja.

## Diámetro de mazorca

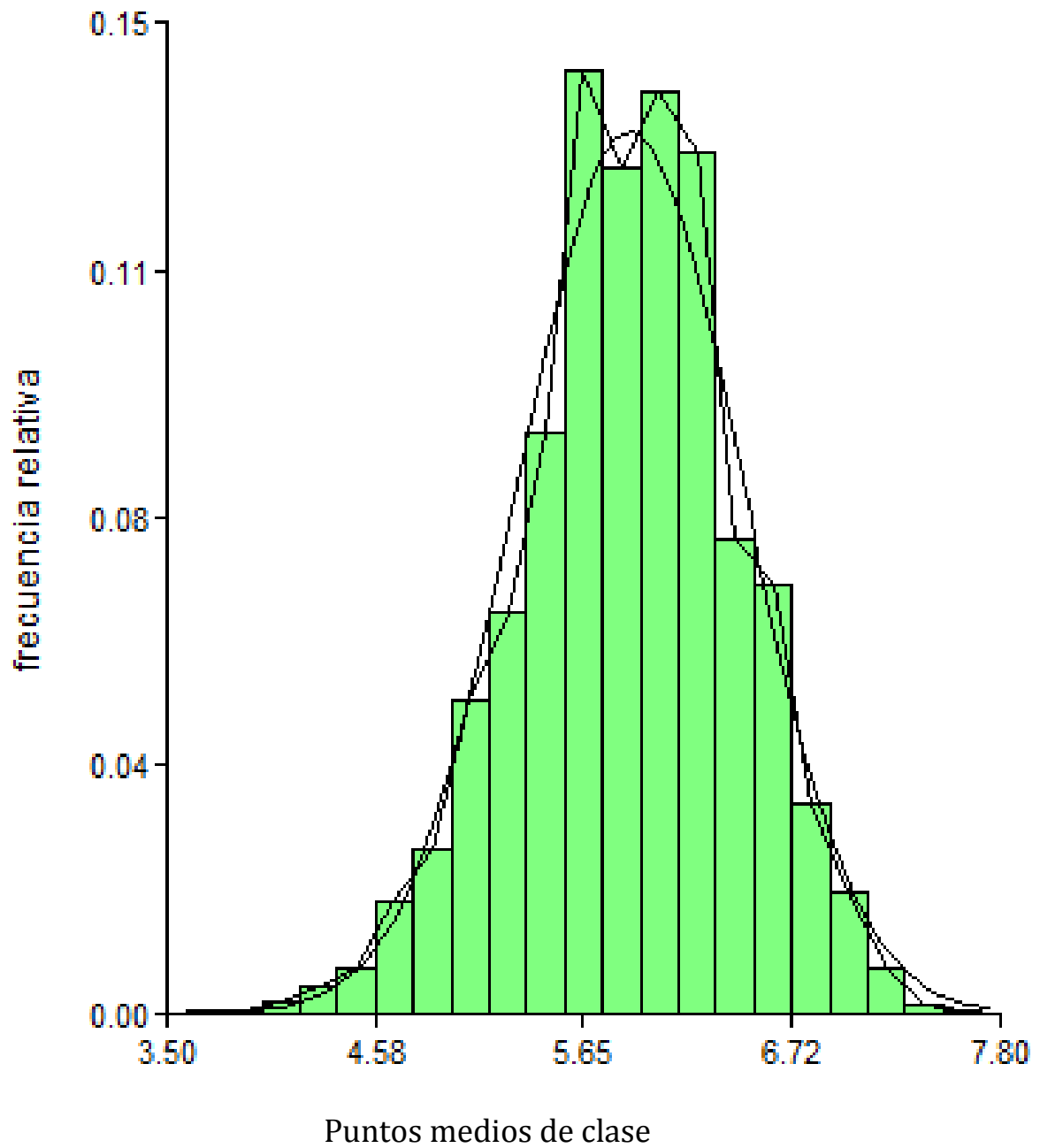


Figura 8 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para diámetro de mazorca.

## Número de granos

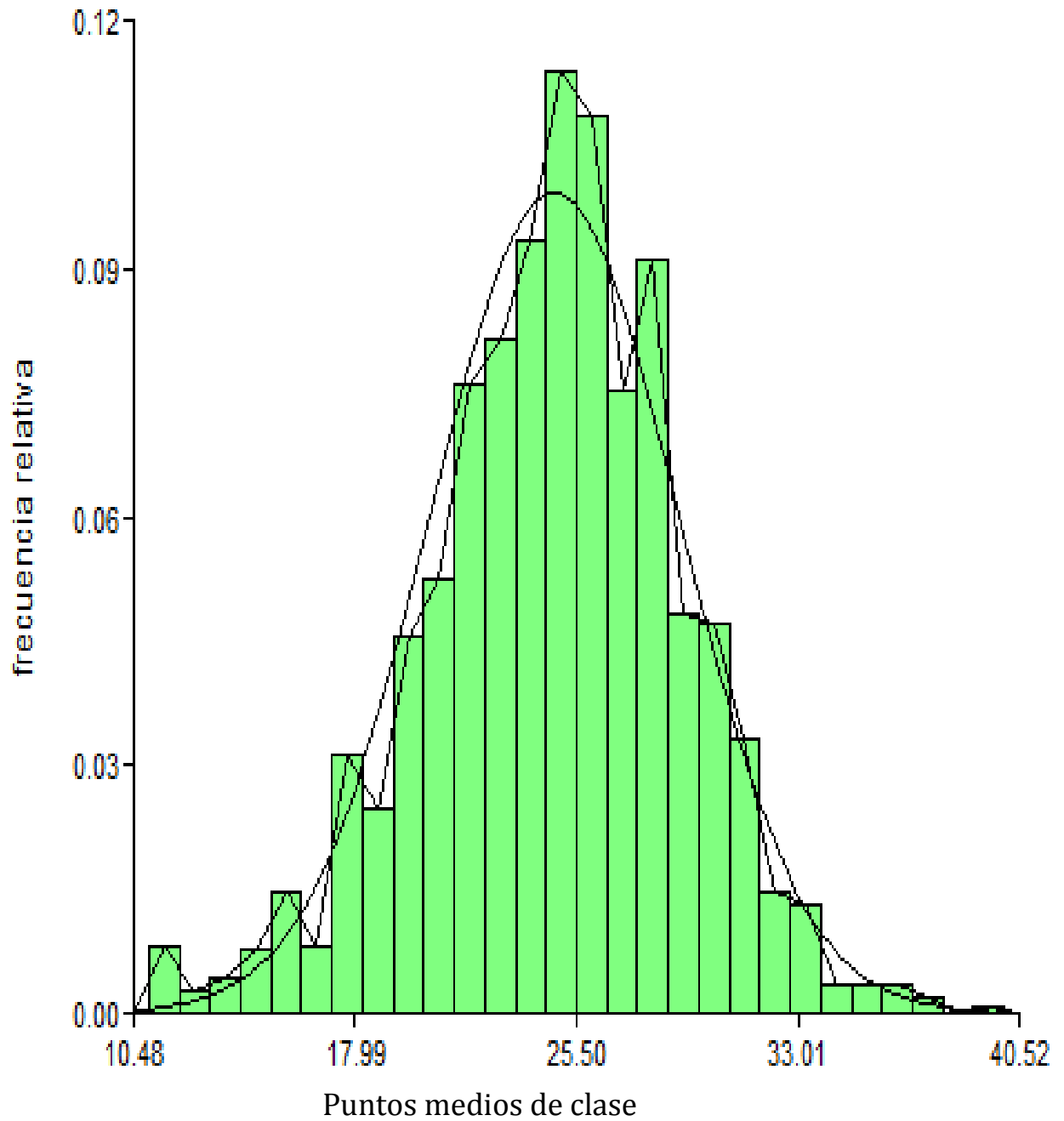


Figura 9 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para número de granos.



## Número de hojas viables para tamal

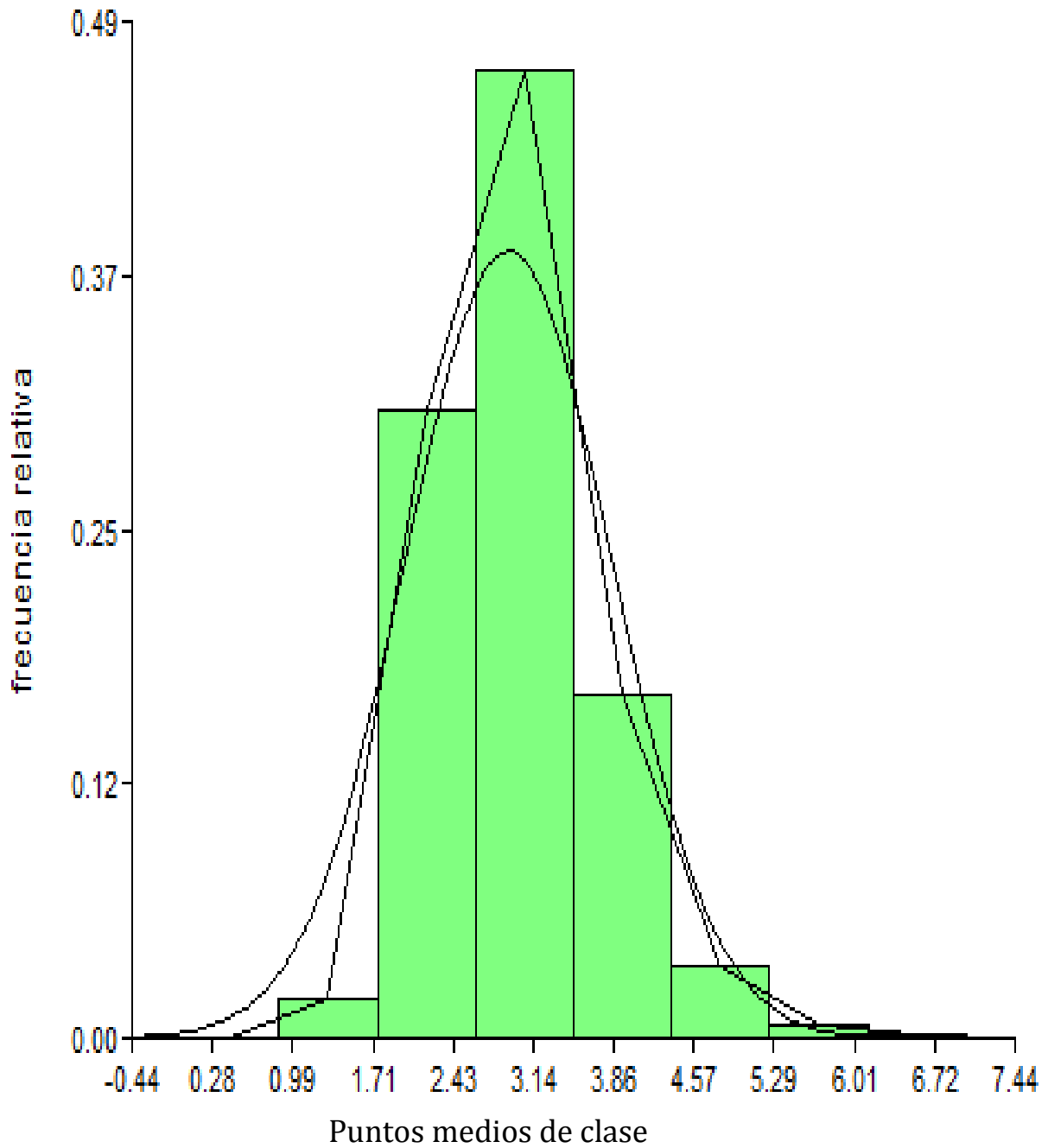


Figura 10 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para número de hojas viables para tamal.

## Diámetro de raquis

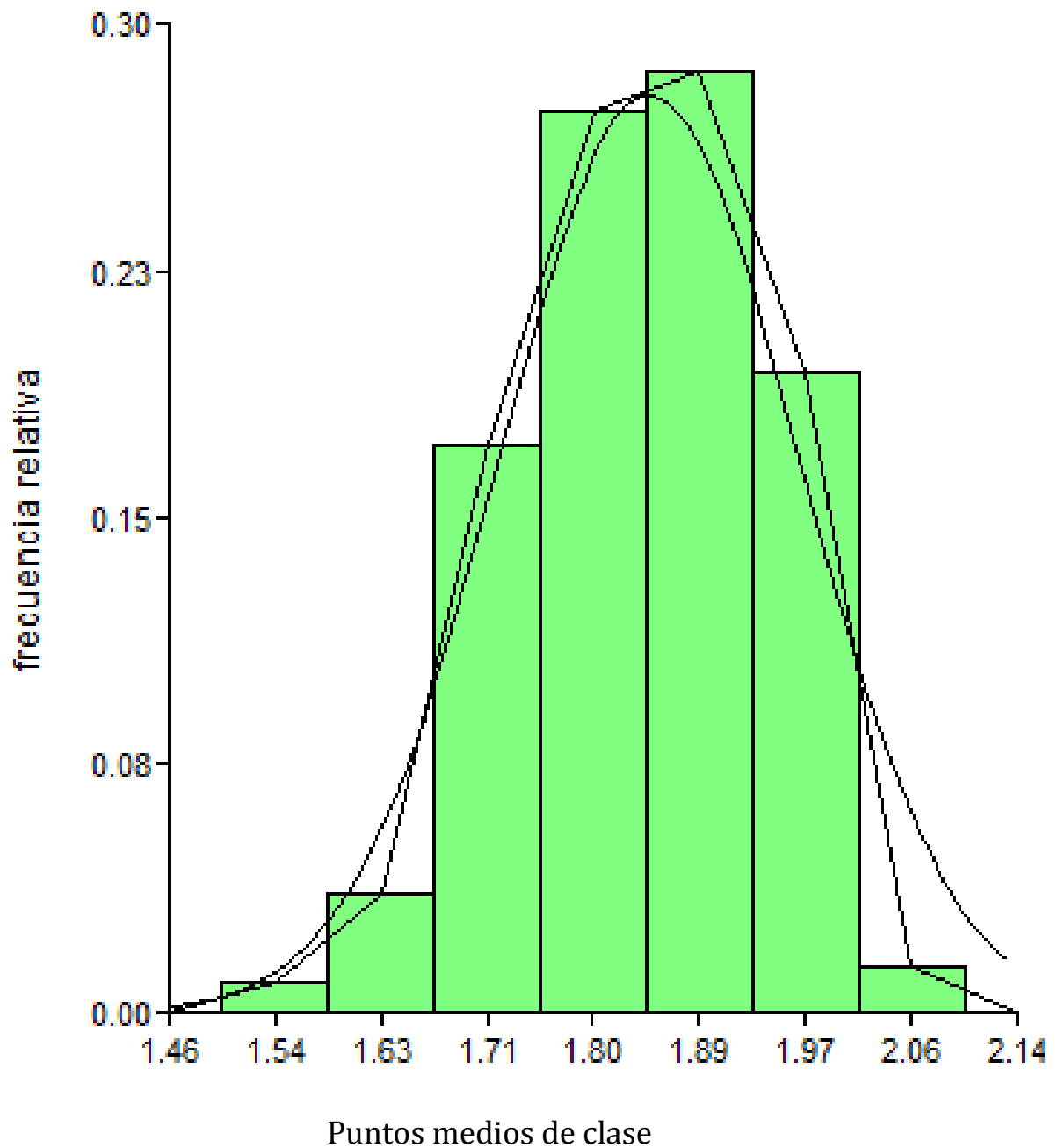


Figura 11 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para diámetro de raquis.

### Longitud de raquis

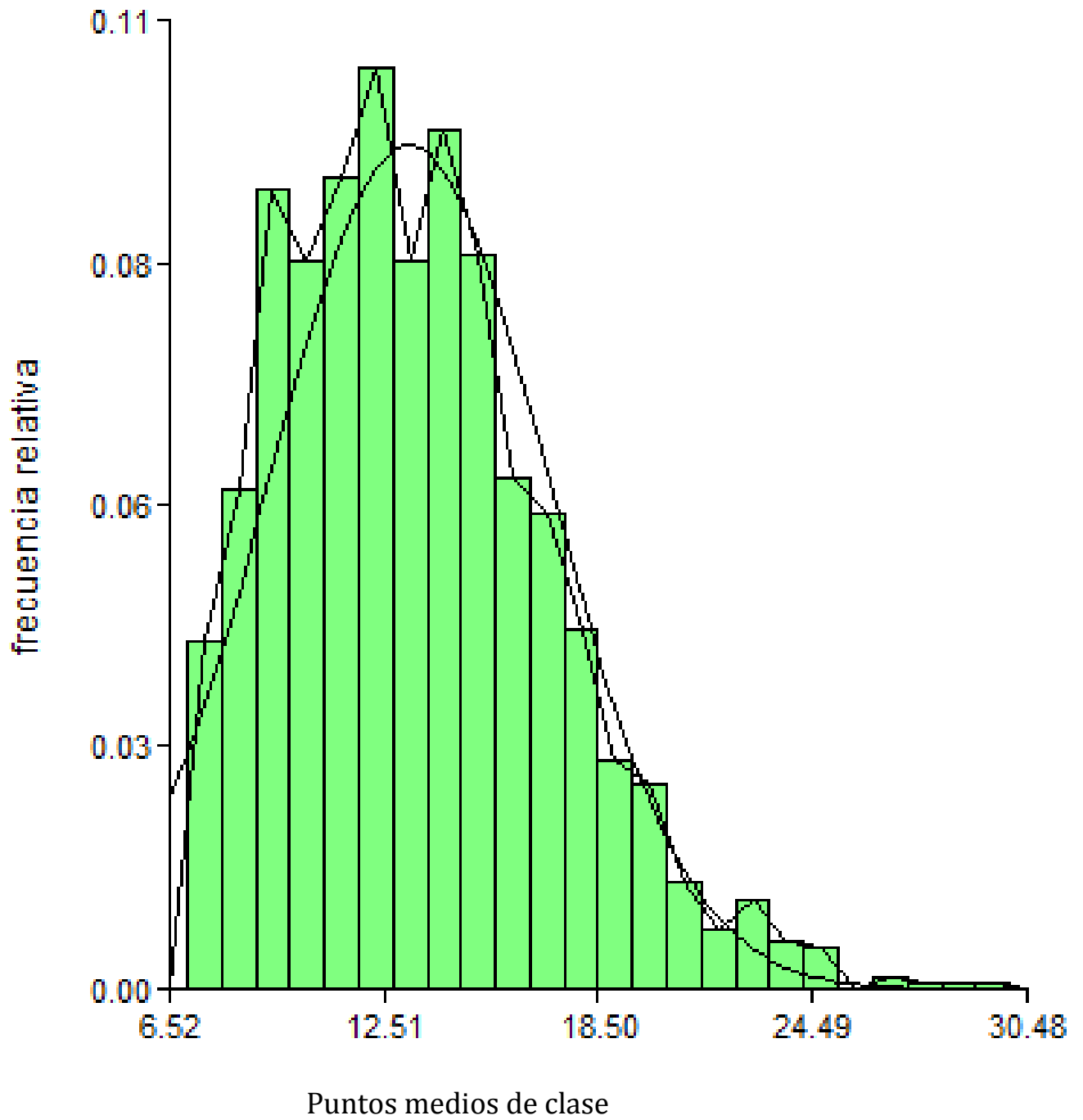


Figura 12 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para longitud de raquis.

## Longitud de elote

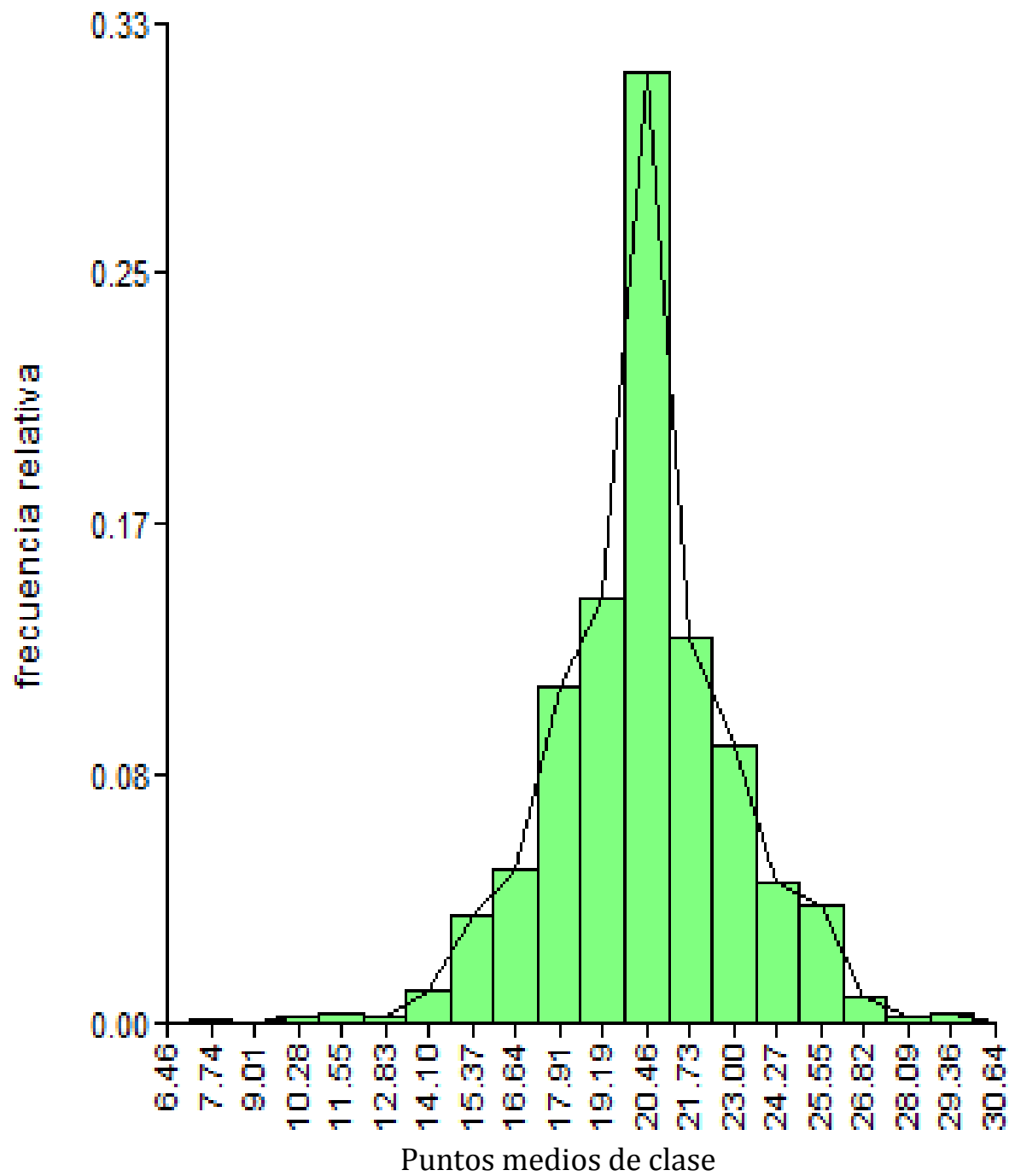


Figura 13 A. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para longitud de elote.

## Peso de elote

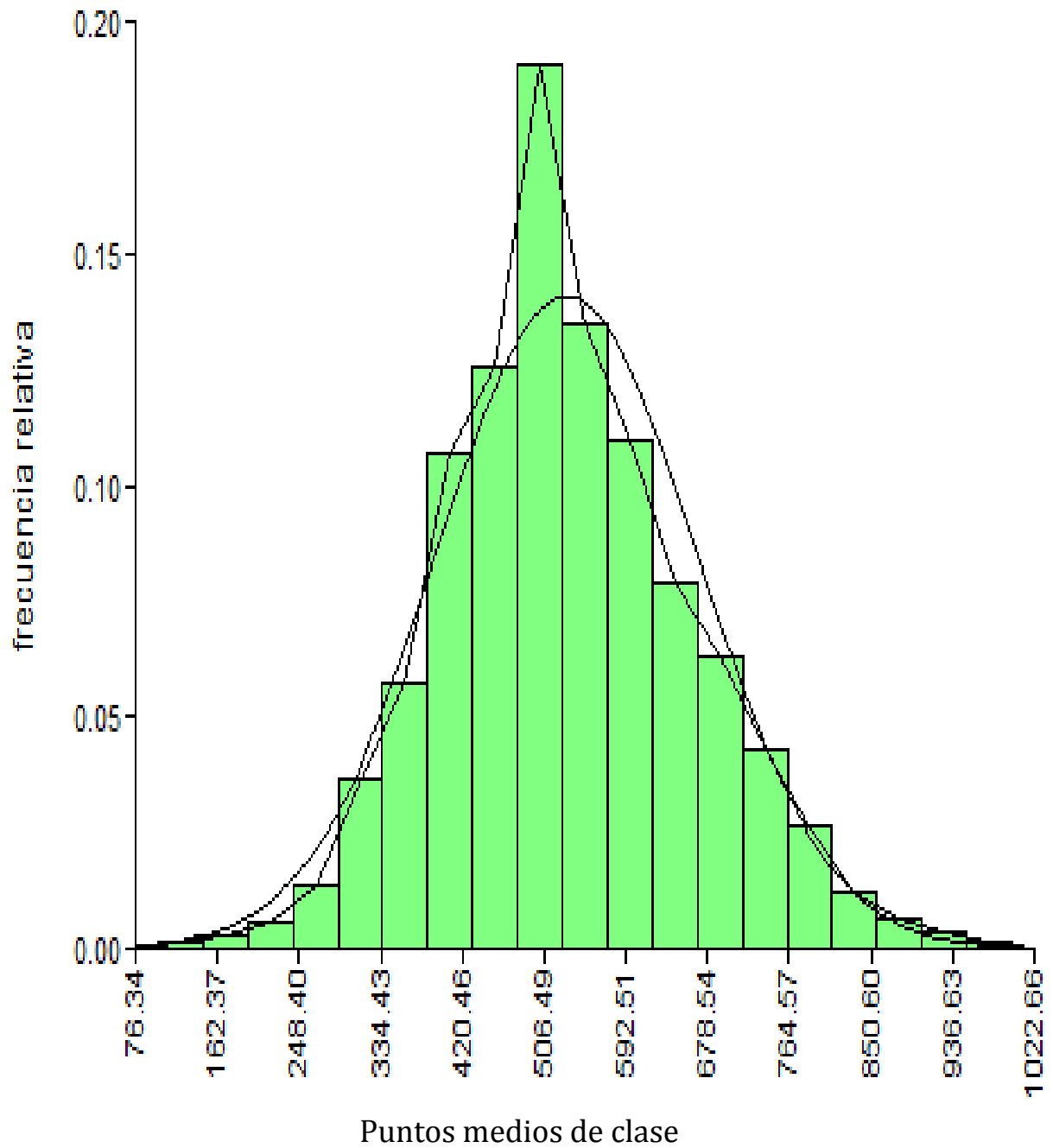


Figura 14. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para peso de elote.

## Peso de raquis

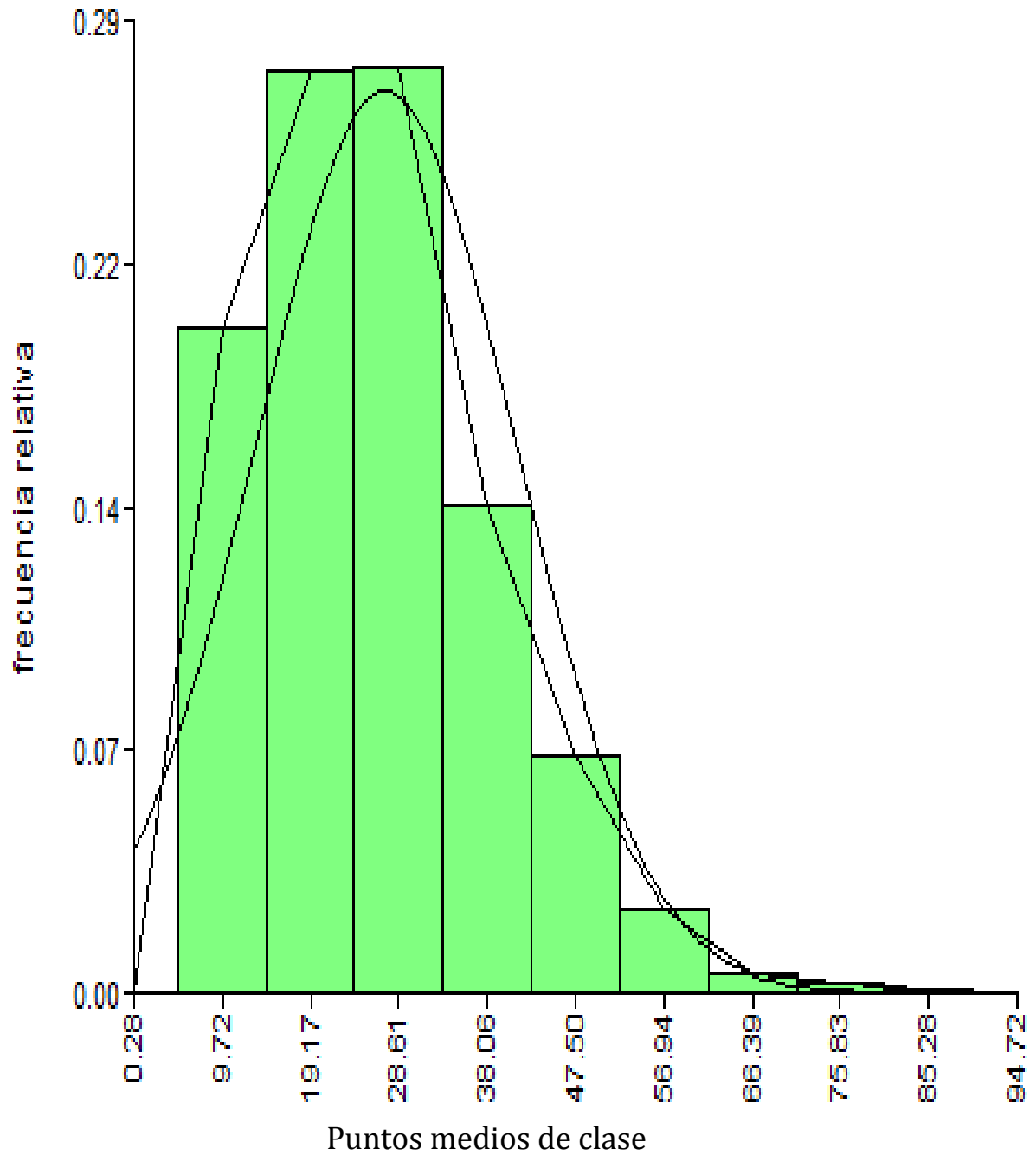


Figura 15. Histograma y polígono de frecuencia con ajuste a una distribución normal, para peso de raquis.