

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**



**Caracterización de Tres Colectas de Maíz (*Zea mays* L.) de la Raza Bolita
Provenientes del Municipio de Tlaxiaco de Cabrera, Oaxaca**

Por:

FRANCELI GARDUÑO AVILA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

**Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Mayo 2026**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Caracterización de Tres Colectas de Maíz (Zea mays L.) de la Raza Bolita
Provenientes del Municipio de Tlaxiaco de Cabrera, Oaxaca

Por:

FRANCELI GARDUÑO AVILA

TESIS

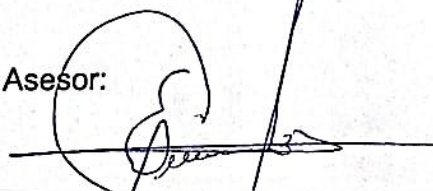
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

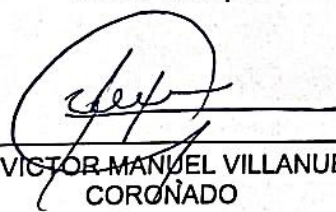
Aprobada por el Comité Asesor:



DRA. ADRIANA ANTONIO BAUTISTA
Asesor Principal



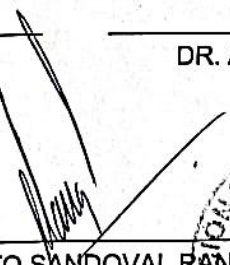
DR. MARIO ERNESTO VAZQUEZ BADILLO
Asesor Principal Externo



M.P. VICTOR MANUEL VILLANUEVA
CORONADO
Coasesor



DR. ARMANDO RODRIGUEZ GARCIA
Coasesor



DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Mayo 2026

DECLARACION NO PLAGIO

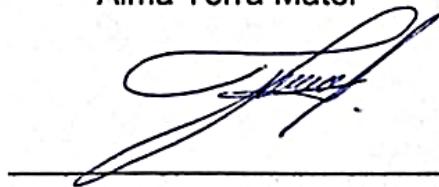
El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio), comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia, omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo, utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Atentamente.

Alma Terra Mater

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Franceli', is written over a horizontal line.

Pasante

FRANCELI GARDUÑO AVILA

IV. DEDICATORIA

A mis padres **FILIBERTO GARDUÑO MENDOZA** e **IRMA AVILA ESPINOSA** porque cada paso que pude dar fue gracias a ustedes, por sostener mi mano desde que éste sueño inició, por haber sido tan valientes al dejarme salir de casa tan lejos, porque cada lágrima que derramé en el camino ustedes la secaron y estuvieron para darme fuerzas y seguir, éste logro también es de ustedes por haber sido apoyo, ejemplo, sabiduría y amor para mí, porque fueron papás extraordinarios al poder darme hasta el final mis estudios, siempre les dedicaré todo mi éxito y logros a futuro.

A mis hermanos **HERIBERTO, VÍCTOR MANUEL, BERENICE E ISIDRO GARDUÑO AVILA**. Por su apoyo, sus ánimos, su confianza porque confiaban en mí aun cuando ni yo lo hacía, porque ustedes fueron respaldo para mí, éste logro es de los cinco y lo dedico a ustedes también.

A **DIOS** porque sé que en esa energía de divinidad tan grande me escuchaba, cuando pedí ayuda, porque abrió mis caminos y aclaró mi mente cuando lo necesité, fue luz, guía, y protección siempre; por sostenerme, no haberme dejado sola en mis oraciones, y por acompañarme hasta hoy en mis sueños.

V. AGRADECIMIENTOS

A mi ALMA MATER la **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO (UAAAN)** por haber sido la casa de estudios que me dio la oportunidad de hoy convertirme en una profesional y haber sido mi segundo hogar durante mi estancia aquí como estudiante. ¡Gracias!

A la **DRA. ADRIANA ANTONIO BAUTISTA** Profesora-Investigadora del Departamento de Fitomejoramiento a quien le agradezco profundamente la confianza brindada, la paciencia mostrada en cada etapa durante el desarrollo de esta investigación y el impulso constante para mejorar no solo este proyecto, sino también mi formación académica y profesional. Su apoyo y dedicación dejaron una huella significativa en la culminación de este logro. ¡Muchas gracias Doctora!

Al **Dr. Armando Rodríguez García** por su apoyo, paciencia y consejos que me brindó durante este proyecto, fueron de mucha ayuda para mí. ¡Gracias Dr.!

A mis cuñados, **ELI** y **HÉCTOR** por todo su apoyo, ayuda, por tampoco dejarme solita y colaborar en mi camino desde siempre. ¡Gracias!

A cada uno de los **MAESTROS** de la universidad que me compartieron sus conocimientos porque cada uno desde sus clases me formaron y prepararon para llegar a este momento. ¡También gracias!

A mis compañeros **LESLI CORTEZ, ÁLVARO GARCÍA, HÉCTOR CASTAÑEDA, LUPITA GUTIÉRREZ, FRANCISCO GRANADOS, LUIS PÉREZ, KAREN CÁRDENAS**, amistades que me llevo en el corazón y agradezco todas las clases, risas, lágrimas y momentos compartidos conmigo durante ésta etapa tan bonita como estudiante, en general, a todas las personas que acompañaron mi camino e hicieron más amena la vida universitaria. ¡Muchas gracias!

VI. ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

IV. DEDICATORIA	IV
V. AGRADECIMIENTOS	V
VI. ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	VII
VII. INDICE DE CUADROS	IX
VIII. ÍNDICE DE FIGURAS	X
IX. RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
Justificación	2
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen del Maíz	4
Teocintle del Balsas (<i>Zea mays subespecie parviglumis</i>)	5
Origen de las Razas del Maíz	6
Razas de Maíz en América Latina	8
Razas de Maíz en México	9
Usos y Distribución de las Razas de Maíz en México	10
Grupo Cónico	12
Grupo Sierra de Chihuahua	12
Grupo Chapalote	12
Grupos Tropicales Precoces	13
Grupo Tropicales Dentados	13
Grupo de Maduración Tardía	14
Grupo Ocho Hileras	15
Descripción de la Raza Bolita	16
Plantas	16
Espigas	16

Mazorcas.....	17
Localización y Distribución de la Raza Bolita.....	17
Usos de la Raza Bolita	18
Figura 0.1 Distribución dela Raza Bolita en México.	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS	22
Sitio de análisis.....	22
Material Utilizado	22
Material de Laboratorio.....	22
Material genético.	22
Toma de datos e información.....	23
Descripción de los Caracteres.....	23
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
Variables Cuantitativas	29
Variables Cualitativas.....	33
5. CONCLUSIONES	45
6. LITERATURA CITADA.....	46

VII. INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Descripción y abreviatura de los 21 caracteres cuantitativos de mazorca y de grano	23
Cuadro 3.2 Descripción de los nueve caracteres cualitativos de mazorca y grano.....	26
Cuadro 4.1 Cuadrados medios de ocho variables cuantitativas evaluadas en mazorcas de maíz de la raza bolita.....	29
Cuadro 4.2 Cuadrados medios de siete variables cuantitativas evaluadas en mazorcas de maíz de la raza bolita.....	30
Cuadro 4.3 Cuadrados medios de seis variables cuantitativas del grano evaluadas en mazorcas de la raza bolita	30

VIII. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Distribución de la Raza Bolita en México.	19
Figura 4.1 Longitud del pedúnculo del olote	31
Figura 4.2 Diámetro de la mazorca con brácteas	32
Figura 4.3 Tipo de grano de las tres colectas de maíz.....	33
Figura 4.4 Tipo de la superficie del grano de las tres colectas de maíz.....	35
Figura 4.5 Color de las brácteas de las tres colectas de maíz.....	36
Figura 4.6 Forma de la mazorca sin brácteas de las tres colectas de maíz	38
Figura 4.7 Disposición de hileras de mazorca en las tres colectas de maíz.....	39
Figura 4.8 Color del olote de las tres colectas de maíz	41
Figura 4.9 Color del endospermo de las tres colectas de maíz	42
Figura 4.10 Forma de la mazorca con brácteas de las tres colectas de maíz	43
Figura 4.11 Color del grano de las tres colectas de maíz.....	44

IX. RESUMEN

El maíz es fundamental en México por su diversidad genética, cultural y económica. La raza Bolita destaca por su uso en la elaboración de tlayudas, alimento típico de Oaxaca. Dada la importancia de conservar esta raza, el estudio busca actualizar información sobre su uso y características.

El presente trabajo se centra en la caracterización morfológica de mazorca y grano de tres colectas de maíz de la raza Bolita, provenientes de Tlaxiaco de Cabrera, Oaxaca. Se utilizaron 30 mazorcas de las tres colectas. Se evaluaron caracteres morfológicos de la mazorca y de grano, de los cuales fueron 21 cuantitativos y nueve cualitativos. Las variables cuantitativas se analizaron mediante un Diseño Completamente al azar y se realizó una comparación de medias de Tukey para aquellas variables que resultaron significativas, para las variables cualitativas se analizaron a través de gráficas de frecuencia. Los resultados mostraron diferencias significativas en dos variables evaluadas, longitud del pedúnculo del olote y diámetro de la mazorca con brácteas, siendo la mazorca de color blanco la que presentó los valores más altos con 39.26 mm en promedio y 65.05 mm respectivamente. Respecto a las Variables cualitativas: El tipo de grano, superficie, color de brácteas, forma de mazorca, disposición de hileras y color del olote muestran variabilidad entre colectas. El maíz blanco mostró uniformidad, el amarillo mayor variación y el negro una amplia diversidad de colores, lo que sugiere heterogeneidad genética.

Existe variación entre las colectas por color; la raza Bolita de color negro presentó los valores bajos en caracteres cuantitativos, es importante considerar

el mantenimiento de este color en el municipio ya que es considerado como poco frecuente su cultivo.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz en México actualmente se cultiva en un muy amplio rango de altitudes y variaciones climáticas, desde el nivel del mar hasta los 3,400 msnm. Se siembra en zonas muy secas con poca precipitación, en regiones templadas, en las faldas de las altas montañas, en ambientes muy cálidos y húmedos, también en distintos tipos de suelos, en laderas o en amplios valles fértiles, en diferentes épocas del año y bajo diferentes sistemas de manejo y desarrollo tecnológico. A esta gran diversidad de ambientes, los agricultores, indígenas, gracias a sus conocimientos y habilidades de selección, han logrado adaptar y mantener durante el tiempo una extensa diversidad de maíces nativos en México.

En el Estado de Oaxaca cerca de 90 % de la superficie cultivada de maíz se siembra con maíces criollos de diferentes razas, colores, texturas y ciclos de cultivo. Las razas predominantes son Bolita, Zapalote Chico, Cónico, Olotón y Mushito. En este estado se ubica una alta diversidad de colores de grano: blanco (62.9 %), amarillo (20.1 %), azul (7.0 %), negro (3.4 %), naranja (2.0 %) y rojo (4.6 %) (Aragón *et al.*, 2006). Los maíces con granos de color azul agrupan a los del color morado, azul y negro, que representan 10.4 %, de todas las razas establecidas en la entidad, aunque la utilización de genotipos de grano blanco es mayor por la disponibilidad de variedades y hábitos de consumo, un sector de la

población prefiere productos nixtamalizados derivados de maíces de grano azul, principalmente tortillas, tlacoyos y gorditas.

Justificación

La amplia diversidad de razas de maíz que existen requiere constantemente actualizar la información por lo que los estudios de caracteres morfológicos, han sido utilizados ampliamente (Wellhausen *et al.*, 1951; Sánchez *et al.*, 2000; Herrera *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2008). Bird y Goodman (1977)

Sánchez *et al.*, (1993) y Herrera *et al.*, (2000) determinan que los caracteres de la mazorca en general presentan una baja o moderada interacción genotipo-ambiente, lo que favorece en la descripción de poblaciones de maíz.

La denominación de una raza es de gran utilidad como sistema de referencia rápida, para entender la variación del maíz, para clasificar el material genético que existe en las colecciones de bancos de germoplasma y también en su utilidad para el mejoramiento de plantas (McClintock 1981) así como para describir la diversidad que existe a nivel paisaje.

Cada raza presenta una amplia gama de caracteres que pueden variar tales como el color de grano, formas de mazorca, color del olote y textura de grano, diversidad genética y diferente forma de adaptarse a algún ambiente en particular.

Con todo esto es posible ayudar y sugerir acciones para actualizar el conocimiento de la diversidad genética del maíz de raza Bolita, proponer

estrategias para la conservación biológica, cultural y de uso que permitan su sostenibilidad.

Objetivo General

Caracterizar mazorcas y grano de maíz de la raza bolita provenientes de Tres Colectas del Municipio de Tlaxiact de Cabrera, Oaxaca

Objetivos Específicos

Evaluar caracteres cualitativos de mazorcas y granos de maíz de la raza Bolita provenientes de tres colectas del municipio de Tlaxiact de Cabrera, Oaxaca.

Evaluar caracteres cuantitativos de mazorcas y granos de maíz de la raza Bolita provenientes de tres colectas del municipio de Tlaxiact de Cabrera, Oaxaca.

Hipótesis

Existen diferencias entre caracteres cuantitativos y cualitativos en mazorca y grano de tres colectas de maíz de la raza bolita provenientes del Municipio de Tlaxiact, Oaxaca.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos agrícolas de mayor relevancia a nivel mundial, debido a su importancia alimentaria, económica y cultural. Su domesticación representa uno de los acontecimientos más importantes en el desarrollo de las civilizaciones mesoamericanas, ya que constituyó la base de alimentación de numerosos pueblos originarios desde tiempos prehispánicos (Divulgación-CIMMYT, 2023).

Diversas investigaciones arqueológicas, genéticas y botánicas coinciden en que el ancestro silvestre más cercano del maíz es el teocintle, particularmente la subespecie *Zea mays* ssp. *parviglumis*. Se considera que el proceso de domesticación ocurrió hace aproximadamente 9,000 años en la región del río Balsas, ubicada entre los actuales estados de Guerrero y Michoacán, en México (FAO, 2014).

A través de procesos de selección realizados durante generaciones por agricultores mesoamericanos, el maíz fue adquiriendo características distintas a las de su ancestro silvestre, tales como un mayor tamaño de mazorca, incremento en el número de granos y cambios en la estructura de dispersión de la semilla. Estas modificaciones permitieron obtener materiales más adecuados para el consumo humano y para diferentes condiciones ambientales.

Actualmente, el teocintle continúa creciendo de forma silvestre en algunas regiones de México. Debido a su cercanía genética con el maíz cultivado, puede cruzarse de manera natural con éste, lo que en ciertas zonas agrícolas puede ocasionar problemas relacionados con el rendimiento del cultivo y dificultar su manejo agronómico.

México es reconocido como centro de origen y diversificación del maíz, debido a la amplia variabilidad genética presente en el territorio nacional. Esta diversidad se refleja en numerosas razas nativas adaptadas a diferentes condiciones ambientales y sistemas de producción (Earth@Home, 2023; FAO, 2014).

Teocintle del Balsas (*Zea mays subespecie parviglumis*)

Diversos estudios arqueológicos y análisis genéticos coinciden en que el teocintle, particularmente (*Zea mays subespecie parviglumis*) representa el ancestro silvestre más cercano del maíz moderno. La domesticación de este cultivo habría iniciado hace aproximadamente 9,000 años en la región del río Balsas, localizada entre los estados de Guerrero y Michoacán. Aunque muchas variedades de teocintle son genéticamente diferentes del maíz, el teocintle que se encuentra en Balsas tiene una similitud genética cercana por lo que se considera su ancestro directo. Este teocintle de Balsas crece de forma natural en áreas húmedas a lo largo de arroyos y pendientes en el valle central del río

Balsas, a alturas que oscilan entre 400 a 1800 metros sobre el nivel del mar. La población silvestre de teocintle de esta área cuenta con una mayor diversidad genética, por lo que esta es una de las características que ofrece más alternativas y variaciones para seleccionar y mejorar un cultivo (Earth@Home, 2023).

Origen de las Razas del Maíz

Cuando se habla de razas dentro de las plantas cultivadas, en este caso del maíz, se hace referencia a agrupar individuos o poblaciones que comparten características entre sí, de orden morfológico, ecológico, genético o de historia de cultivo, y con esa información poder intensificarlos como grupo (Harlan y de Wet 1971, Hernández y Alanís 1970). A su vez estas razas se agrupan en complejos raciales, los cuales se asocian a una cierta distribución climática y geográfica más o menos definida y a una evolución común, (McK. Bird y Goodman 1977, Ruiz *et al.*, 2008, Sánchez *et al.*, 2000).

Los primeros pasos para la domesticación del maíz en el territorio que hoy es México, comenzaron cuando los agricultores seleccionaban las semillas de las plantas con mejores características para volver a sembrarlas. Con el tiempo, se dieron cuenta que existían diferencias entre las mismas plantas, ya que algunas presentaban mayor crecimiento, mejor sabor, mayor rendimiento, mejor adaptación a condiciones climáticas o facilitaban su molienda. Al observar esas mejoras, conservaron los granos provenientes de las plantas más favorables para

utilizarlos en los siguientes ciclos agrícolas, práctica conocida hoy en día como selección artificial o crianza selectiva (Alliance for Science, s.f.).

Los primeros actos de domesticación del maíz probablemente estuvieron asociados con modificaciones pequeñas en genes específicos pero que a su vez provocaron cambios importantes en la planta. Posteriormente, la evolución del maíz moderno involucró la participación de numerosos genes con efectos menos notorios, pero acumulativos. Entre las características que fueron modificándose con el paso de los años destacan la composición y cantidad de almidón, la adaptación a distintas condiciones climáticas y tipos de suelo, los diferentes tipos de granos, así como la longitud y número de hileras de los granos. De igual manera, se presentaron variaciones en el tamaño, forma y color del grano, además de mejoras en la resistencia frente a plagas y enfermedades.

Todos estos cambios dieron origen a la tradicional evolución gradual, donde diferentes grupos de agricultores seleccionaron las características más útiles o adecuadas para sus condiciones ambientales y necesidades productivas. Como resultado de este proceso de selección mantenido durante miles de años, se originó una amplia diversidad de razas y variedades de maíz que continúan cultivándose en diversas regiones del mundo y en México no fue la excepción pues hoy en día existe una gran variedad de grupos o razas de maíz nativas que se producen (Learn Genetics, s.f.).

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, el Banco de Germoplasma de esta institución alberga la colección de maíz más grande del mundo, resguardando material genético correspondiente a 413 razas identificadas hasta la fecha. Sin embargo, la institución señala que muchas de estas variedades han dejado de cultivarse en campo, estimando que más del 50 % se ha perdido en sus territorios de origen (CIMMYT, s.f.).

Razas de Maíz en América Latina

América posee una amplia diversidad genética de maíz, estimándose la existencia de cientos de razas distribuidas en diferentes regiones del continente. México destaca como uno de los principales centros de diversidad al concentrar una gran cantidad de razas nativas adaptadas cultivadas en múltiples condiciones ambientales. (CIMMYT, sf.), mientras que en el sitio de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) menciona que en América Latina se han descrito cerca de 220 razas.

Perú alberga un aproximado de 52 razas de maíz, de los cuales 28 son amiláceos, adaptados a diferentes climas y suelos, y que se siembran en 17 regiones, informa el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego Según Agraria.pe, (2024) de las 52 razas de maíces que se encuentran en ese país, en la sierra se cultivan 29, 14 se desarrollan en la costa, y siete en la selva. Las principales regiones productoras de maíz en el Perú son: Cajamarca, Áncash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, La Libertad y Lima. Si lo dividimos

por tipo destacan: Maíz choclo (Junín, Áncash, Cusco, Cajamarca, Arequipa y Lima), maíz morado (Cajamarca, Áncash, Ayacucho, Huánuco, Ica y Lima), y maíces para cancha (Cusco, Apurímac, Cajamarca y Huancavelica).

En cambio, las variedades de maíz que se producen en Argentina han construido la base de la dieta de las poblaciones nativas. Las antiguas variedades de este cultivo han sido introducidas en Argentina a partir de los Andes bolivianos. Prevalen las variedades con granos de las secciones amylacea e indurata, seguidas por los maíces de las secciones everta e indentata. Las 1,540 accesiones que han sido caracterizadas del punto de vista morfológico y, en parte, fito-patológico, han permitido identificar 43 formas raciales (Poggio, L., & Cámara Hernández, J. (eds.). Maíces argentinos: diversidad y clasificación (compilaciones basadas en germoplasma INTA).

Razas de Maíz en México

Aproximadamente de las 220 razas de maíz a nivel mundial (Goodman y McK. Bird, 1977), 64 han sido identificadas y descritas principalmente en México (Anderson, 1946; Wellhausen et al., 1951; Hernández y Alanís, 1970; Sánchez et al., 2000). Del total de razas reportadas para el país, 59 son consideradas nativas. Estas razas se agrupan con base en características morfológicas, ecológicas y genéticas, conformando siete grupos principales, entre los que destacan los Cónicos, Ocho Hilas y Tropicales. Asimismo, presentan

adaptación a una amplia diversidad de condiciones ambientales, desde zonas localizadas al nivel del mar hasta regiones montañosas de gran altitud.

Usos y Distribución de las Razas de Maíz en México

Es muy sabido que en México el maíz es consumido en diferentes estados de su maduración, cuando esta tierno como elote, previo a su maduración o ya como grano maduro. Utilizamos sus hojas (totomoxtle), sus mazorcas y sus granos de muchas maneras distintas. Una vez que el maíz ha sido nixtamalizado (cocido con cal), este proceso lo vuelve aún más nutritivo, al molerlo y convertirlo en masa, se transforma en tortillas, tacos, tamales, corundas, panuchos, molotes, quesadillas, sopes, chalupas, tostadas, tlacoyos, huaraches, memelas, picadas, enchiladas, chilaquiles, toqueres, tlayudas, sopes, bolitas de masa en el mole de olla y en el mole amarillo. El maíz entero se utiliza para platillos como el pozole y los menudos y el maíz molido en bebidas como el pozol, tejate, taxcalate, pinole y una gran variedad de atoles. Por otro lado, el maíz fermentado se utiliza en bebidas como el tesgüino, chicha y tepache. Sólo en México, se han identificado al menos 600 formas de preparar el maíz en la alimentación.

Con información de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2011), esta es una lista de algunas razas y su ubicación geográfica.

Dzit Bacal. Se distribuye y se cultiva en la península de Yucatán.

Apachito. Esta raza es propia del estado de Chihuahua, en sus regiones Alta y Baja Babícora, y en general en la Sierra Tarahumara.

Cónico. Maíz nativo de zonas altas y templadas de la Mesa Central, principalmente en los Estados de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo.

Palomero de Chihuahua. Existen muy pocos registros de esta raza, por lo que se considera rara ya que está perdiendo su diversidad genética.

Chapalote. Se considera como una de las razas más antiguas de México. Se distribuye principalmente en zonas bajas del noroeste del país, en los Estados de Sinaloa y Sonora.

Motozinteco. Del sureste de Chiapas, en la zona de Motozintla, cerca de los límites con Guatemala.

Olotón. Es típica de la región de los Altos y el Soconusco en Chiapas.

Pepitilla. Se desarrolla al sur de Morelos, suroeste de Puebla y norte de Guerrero.

Vandéño. Es nativa principalmente de las costas y vertiente del Pacífico, desde Chiapas hasta Sonora.

Tabloncillo Perla. Se cultiva en temporales de Sinaloa y Nayarit, pero se extiende hacia Jalisco, Colima y el sur de Michoacán y se ha encontrado también hacia el norte, en Sonora y Baja California Sur.

Grupo Cónico

Razas de las Partes Altas del Centro de México.

En este conjunto Cónico se constituye de diferentes razas de maíz las cuales su principal distintivo es la forma cónica o piramidal de sus mazorcas. Aquí se incluyen las razas: Arrocillo, Cacahuacintle, Chalqueño, Cónico, Cónico Norteño, Dulce, Elotes Cónicos, Mixteco, Mushito, Mushito de Michoacán, Negrito, Palomero de Jalisco, Palomero Toluqueño y Uruapeño (Sánchez *et al.*, 2000). Así mismo, la raza Palomero de Chihuahua se asocia a este grupo con más consistencia que al conjunto de razas del Grupo Sierra de Chihuahua.

Grupo Sierra de Chihuahua

Razas de las partes Altas del Norte de México.

El grupo de razas que comprende este conjunto son: Apachito, Azul, Complejo Serrano de Jalisco, Cristalino de Chihuahua y Gordo (Sánchez *et al.*, 2000); se agrega Mountain Yellow, raza identificada y descrita por donde Wellhausen *et al.*, (1951) incluyeron en el Complejo Serrano de Jalisco, además Sánchez *et al.*, (2000) la registran separada en su listado de las razas de maíz de México.

Grupo Chapalote

Aquí se agrupan las razas: Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Elotero de Sinaloa y Reventador, las cuales se cultivan principalmente en altitudes que oscilan entre los 100 a 500 metros sobre el nivel del mar, en la planicie costera del Pacífico de Nayarit a Sonora y en los montes de la Sierra Madre Occidental, donde se han obtenido muestras hasta cerca de los 2,000 m de altitud. Las razas que pertenecen a este grupo tienen mazorcas más alargadas con forma que se asemeja a un puro y la textura que tienen los granos de esta raza va desde la cristalina, harinosa hasta la dulce. (CONABIO, 2010; Wellhausen *et al.*, 1951).

Grupos Tropicales Precoces

Razas de Maduración Temprana.

Las razas que integran este grupo son: Conejo, Nal-Tel, Ratón y Zapalote Chico. Estos materiales se cultivan en terrenos del trópico seco y regiones semiáridas del país, generalmente en zonas bajas e intermedias 100-1,300 metros sobre el nivel del mar, adaptadas a limitados regímenes de lluvia, esta característica de tolerancia al estrés hídrico les ha favorecido para la evolución a ciclos cortos o precoces con gran adaptabilidad y baja sensibilidad al fotoperiodo (CONABIO 2010)

Grupo Tropicales Dentados

Este grupo alberga las razas con mayor importancia agronómica en el sur de México, las cuales son distribuidas principalmente en regiones de altitud baja e intermedia. Entre las más representativas se encuentran Celaya, Tepecintle, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Vandéño y Zapalote Grande; asimismo, las razas Nal-Tel de Altura y Pepitilla muestran afinidad con este conjunto.

En este grupo también se consideran las razas Chiquito, Choapaneco y Cubano Amarillo. La raza Chiquito fue descrita por Benz (1986), señaló que tiene un parecido con Tepecintle respecto a su distribución geográfica y a las características morfológicas que presenta la mazorca y grano de estas razas. Posteriormente, Ortega et al. (1991) propusieron el nombre Chiquito para designar las muestras mexicanas previamente clasificadas como Nal-Tel de Altura, raza originalmente descrita para Guatemala por Wellhausen et al. (1951). Por otra parte, Goodman y McK. Bird (1977) relacionaron el Cubano Amarillo con los maíces dentados presentes en México y el Caribe.

Grupo de Maduración Tardía

Los materiales que se encuentran en este grupo son: Dzit-Bacal, Comiteco, Coscomatepec, Motozinteco, Olotillo, Olotón y Tehua que se siembran en zonas altas. La raza Dzit Bacal se extiende en las tierras bajas de la península de Yucatán y el resto en zonas de ladera y cañadas en los sistemas montañosos de la Sierra Madre de Chiapas, incluyendo la Depresión Central, la Sierra Madre

del Sur y la porción sur de la Sierra Madre Oriental (CONABIO, 2010; Wellhausen *et al.*, 1951). También en este grupo se incluyen las razas Negro de Chimaltenango, Quicheño y Serrano, muy relacionadas con Olotón, pero descritas inicialmente para Guatemala (Wellhausen *et al.*, 1957), y a las que se han asociado muestras del estado de Chiapas y Oaxaca (Aragón *et al.*, 2006, Ortega, 1973). También se encuentran las razas Mixeño y Serrano Mixe (Benz, 1986), en las sierras altas del estado de Oaxaca, relacionadas con Olotón en el carácter del tipo de grano y su adaptación a partes altas.

Grupo Ocho Hileras

El grupo racial denominado Ocho Hileras comprende materiales adaptados principalmente a zonas de baja y mediana altitud del occidente de México. Su distribución geográfica se extiende desde los Valles Centrales de Oaxaca hacia regiones del occidente y noroeste del país, incluyendo planicies, laderas y cañadas. Dentro de este conjunto se encuentran las razas Blando y Onaveño, comunes en el noroeste; además de Harinoso de Ocho, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Bofo, Elotes Occidentales, Tablilla de Ocho, Jala y Zamorano Amarillo, ampliamente reportadas en el occidente mexicano. Las razas Ancho y Bolita también forman parte de este grupo, con presencia importante en regiones del centro y sur de México (CONABIO, 2010; Sánchez *et al.*, 2000).

Descripción de la Raza Bolita

Esta raza es considerada una de las razas nativas de maíz con mayor importancia en los Valles Centrales de Oaxaca, región donde presenta su principal centro de diversidad y adaptación. Su nombre deriva de la forma redondeada de los granos y de la apariencia compacta de sus mazorcas. (Chávez, 1913).

Diversos estudios señalan que esta raza pudo originarse a partir de procesos de hibridación entre materiales pertenecientes a las razas Zapalote Chico y Tabloncillo, lo que explica algunas de sus características morfológicas y agronómicas.

Plantas

Las plantas de la raza Bolita generalmente presentan porte bajo y ciclo de maduración precoz. Sus mazorcas son pequeñas y compactas, con buena cobertura de brácteas (totomoxtle), así como un número reducido de hileras de granos. Los granos suelen mostrar forma redondeada y una amplia variabilidad de colores. Esta raza se adapta principalmente a altitudes intermedias, aproximadamente entre 900 y 1500 metros sobre el nivel del mar, donde ha sido conservada y seleccionada tradicionalmente por productores locales.

Espigas

En relación con las espigas, éstas presentan tamaño intermedio y una cantidad variable de ramificaciones, predominando las secundarias sobre las terciarias. Asimismo, muestran un índice de condensación bajo.

Mazorcas

Las mazorcas se caracterizan por tener forma cilíndrica y longitud corta. Generalmente presentan alrededor de diez hileras de granos y un diámetro intermedio. El olote es relativamente grueso y los granos poseen textura de dureza media, con endospermo predominantemente blanco.

Localización y Distribución de la Raza Bolita

La raza Bolita se cultiva principalmente en los Valles Centrales del estado de Oaxaca, región donde expresa su mayor diversidad y donde históricamente ha sido conservada por agricultores mediante prácticas tradicionales de selección y resguardo de semilla. Debido a su adaptación a las condiciones ambientales de esta zona, se considera que en esta región se encuentra uno de los principales centros de conservación y desarrollo de esta raza nativa.

Además de los Valles Centrales, la raza Bolita también ha sido colectada en otras regiones de Oaxaca, particularmente en la Mixteca, así como en áreas cercanas de los estados de Puebla y Guerrero. En estas regiones se han reportado cruzamientos naturales con otras razas de maíz, lo que ha contribuido a la generación de variabilidad morfológica y genética dentro de las poblaciones locales.

Con el paso de los años, esta raza ha ampliado su distribución hacia otras regiones del país, incluyendo zonas del Bajío y algunas áreas de Jalisco,

principalmente en ambientes templados y semiáridos. Su introducción en estas regiones se ha relacionado con programas de mejoramiento genético, debido a características agronómicas de interés como su adaptación a condiciones de baja disponibilidad de agua y su tolerancia al estrés hídrico.

La permanencia de la raza Bolita en distintas regiones de México refleja no sólo su importancia agrícola, sino también su valor cultural y alimentario, especialmente en Oaxaca, donde continúa siendo fundamental en la elaboración de productos tradicionales derivados del maíz (Aragón et al., 2006; Gámez et al., 1996; Ortega et al., 1991; Wellhausen et al., 1951).

Usos de la Raza Bolita

La raza Bolita posee gran importancia alimentaria y cultural en el estado de Oaxaca, particularmente en los Valles Centrales, donde sus granos son ampliamente utilizados en la preparación de alimentos tradicionales. Entre sus principales usos destaca la elaboración de tortillas de textura suave y flexible, así como de las conocidas “tlayudas”, producto representativo de la gastronomía oaxaqueña elaborado a partir de este tipo de maíz.

Además, los granos de esta raza son empleados en la preparación de bebidas tradicionales como el tejate, bebida típica de la región elaborada con maíz, cacao y otros ingredientes de origen vegetal. Las características físicas y de textura del grano hacen que esta raza sea apreciada para distintos procesos de transformación artesanal.

El aprovechamiento continuo de la raza Bolita por productores y comunidades locales ha favorecido su conservación a lo largo del tiempo, además de mantener su valor económico, gastronómico y cultural dentro de diversas regiones de Oaxaca (Aragón et al., 2006; Wellhausen et al., 1951).

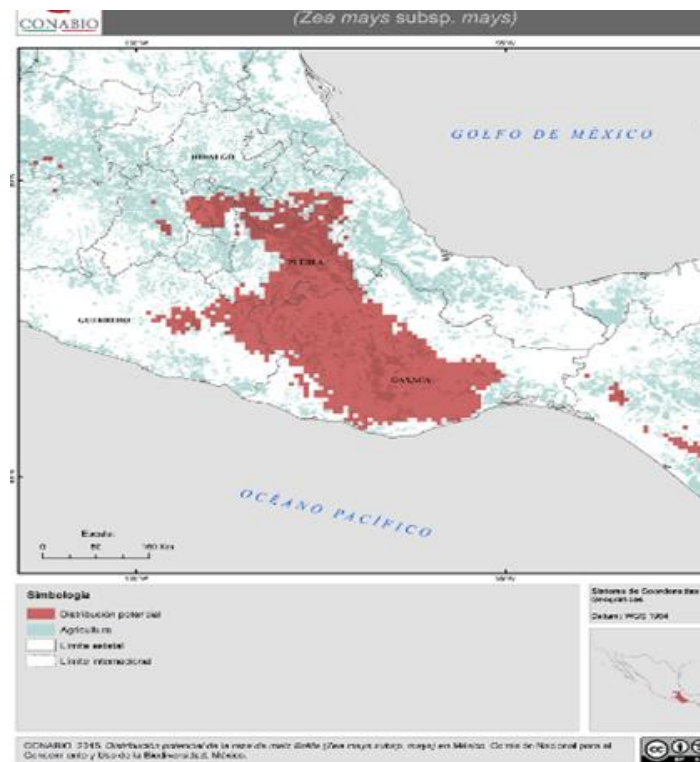


Figura 0.1 Distribución de la Raza Bolita en México.
Imagen tomada de (CONABIO, 2025)

Importancia de la Caracterización Morfológica

La caracterización morfológica de recursos fitogenéticos se determina como el conjunto de caracteres mediante el uso de descriptores definidos que permiten diferenciar taxonómicamente a las plantas. Algunos caracteres pueden ser altamente heredables, fácilmente observables y expresables en la misma forma en cualquier ambiente. Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, para identificar plantas y para conservar los recursos genéticos. Por lo tanto, la caracterización es el primer paso para llevar a cabo programas de mejoramiento genético en los cultivos y a su vez consolidar proyectos de conservación. Los estudios de caracterización ayudan a establecer estrategias para aprovechar y conservar el material genético que existe en las diversas regiones del país, en este caso de las razas de maíz que existen en México. La Organización Agropecuarios de Oaxaca integrada por cerca de 500 productores se han apoyado en estos estudios de caracterización para la producción de maíz de la raza Bolita, todo esto con la intención de promover una denominación de origen con el objetivo de proteger tanto el maíz que es la materia prima en la elaboración de la tortilla tlayuda y esta última con una delimitación geográfica. Para apoyar esta propuesta de protección de la raza Bolita, se requiere actualizar la información de su uso. Una forma de contribuir a lo anterior, es mediante el estudio de caracteres morfológicos, que han sido utilizados ampliamente para el estudio de la diversidad en las razas de maíz (Wellhausen *et al.*, 1951; Sánchez *et al.*, 2000; Herrera *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2008). Bird y Goodman (1977) proponen la utilidad de los caracteres morfológicos de mazorca y grano. Por estas razones el presente proyecto busca

contribuir a la actualización de datos de esta raza de maíz que es tan importante en el estado de Oaxaca.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de análisis

El presente estudio se realizó en laboratorio de Producción y Almacenamiento de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN, localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro #1923 Col. Buenavista, Saltillo, Coah. C.P. 25315 (25° 23 ' 42 N, 100° 59' 57 O).

Material Utilizado

Material de Laboratorio

Para la obtención de datos de la presente caracterización, se utilizaron los siguientes materiales: Calibrador Vernier Digital de Alta Precisión - Pantalla LCD Grande, la medición se realizó en milímetros. Báscula de Precisión, de capacidad de 3 kg y una precisión de 0.2 g de la marca RHINO, Probeta de plástico PolyLab con base hexagonal de 250 ml y una Tabla de colores Munsell.

Material genético.

Se emplearon mazorcas de la raza bolita provenientes de tres colectas del municipio de Tlalixtac de Cabrera, Oaxaca, México, de predios del Sr. Carlos Hernández Yescas.

Toma de datos e información

El tamaño de las muestras fue la recomendada en los Descriptores Internacionales como los del CIMMYT, en el que recomiendan evaluar al menos 20 plantas por entrada (CIMMYT, 1991)

Descripción de los Caracteres

Para la obtención de los datos se utilizaron 30 mazorcas de cada colecta (CIMMYT, 1991), y los caracteres fueron evaluados de acuerdo a la Guía para la Descripción de Variedades Nativas del SNICS 2024, a la Guía Práctica para la Descripción Preliminar de Colectas de Maíz, y a la guía Descriptores del Maíz, Julio 2008, de los cuales se obtuvieron los siguientes caracteres de mazorca y de grano, según los cuadros 3.1 y 3.2.

Caracteres cuantitativos.

Cuadro 3.1 Descripción y abreviatura de los 21 caracteres cuantitativos de mazorca y de grano

Carácter	Descripción (definición basada en descriptores oficiales)
LPedM	Longitud del pedúnculo de la mazorca. Distancia comprendida desde el nudo de inserción en el tallo hasta la base de la mazorca, medidos en milímetros (mm)
BrcMz	Longitud de las brácteas con mazorca. Distancia comprendida desde la punta de la mazorca aún con olote hasta donde terminan las brácteas completamente de la mazorca, medidos en milímetros.

MzInc	Número de mazorcas incipientes. Fueron las mazorcas de maíz que estaban en una etapa inicial de desarrollo, o que no se desarrollaron completamente.
LPedO	Longitud del pedúnculo del olote. Distancia comprendida desde la terminación de los granos en la mazorca hasta la punta del olote ya sin granos medido en milímetros.
LMzcB	Longitud de la mazorca con brácteas. Es el número en centímetros que mide la mazorca desde su base a la punta con brácteas.
LMzsB	Longitud de la mazorca sin brácteas. Es el número de centímetros que mide la mazorca desde su base a la punta sin brácteas.
DMzcB	Diámetro de la mazorca con brácteas. Se midió en milímetros en la parte media de la mazorca superior, aún con brácteas.
DMzsB	Diámetro de la mazorca sin brácteas. Se midió en milímetros en la parte media de la mazorca superior, sin las brácteas.
NHil	Número de hileras en mazorca. Es el número de hileras que tiene una mazorca.
NGrHil	Número de granos por hilera en la mazorca. Es el número de granos que tiene cada una de las hileras de la mazorca.
PMzcB	Peso de la mazorca con brácteas. Se pesó en gramos cada mazorca en la báscula aun conservando las brácteas.
PMzsB	Peso de la mazorca sin brácteas. Se pesó en gramos cada mazorca en la báscula sin las brácteas.

PGr10H	Peso de los granos de la mazorca. Gramos del peso de los granos de la mazorca a 10% de humedad
Desg%	Por ciento de desgrane de la mazorca. Es la cantidad de grano que puede producir una mazorca. Este dato consiste en el peso total de mazorcas desgranadas. El peso del grano limpio dividido entre el peso de la mazorca por cien, constituye el porciento de desgrane
DOlo	Diámetro del olote. Medida en milímetros que mide el olote. Este dato se obtuvo de mazorcas que ya se habían desgranado y se mide en el centro del olote.
LGr	Longitud del grano. De cada una de las mazorcas, se escogió una hilera, se desgranó la punta y la base, de manera que quedaron diez granos adheridos al olote. Se desgranaron los diez granos y, colocaron en posición horizontal, uno detrás de otro (pedicelo-corona), y medir la longitud en mm, se obtuvo el promedio de los granos.
AGr	Ancho del grano. Los granos se colocaron en posición vertical (la corona paralela a la regla), uno al lado de otro y se midió la anchura en (mm), posteriormente se obtuvo el promedio de los granos.
GGr	Grosor del grano. De la hilera escogida, con la ayuda del vernier se midió el grosor (mm), de los diez granos adheridos al olote para posteriormente obtener el promedio.
P100G	Peso de 100 granos. Se desgranaron 100 granos de cada mazorca para pesarlos en gramos.

V100G	Volumen de 100 granos. Con la ayuda de la probeta se obtuvo el volumen de 100 granos.
RPV	Relación del peso sobre volumen del grano. La relación peso volumen se obtuvo de la división del peso de los 100 granos entre el volumen obtenido de los 100 granos.

Caracteres cualitativos.

Cuadro 3.2 Descripción de los nueve caracteres cualitativos de mazorca y grano

Carácter	Descripción (definición basada en descriptores oficiales)
Color de las Brácteas	Describe la <i>pigmentación o tonalidad visible de las brácteas (Totomoxtle)</i> que envuelven la mazorca. Es un carácter visual cualitativo que ayuda a identificar variación genética y patrones de adaptación.
Forma de la Mazorca con Brácteas	Indica la <i>configuración geométrica de la mazorca</i> cuando todavía está cubierta por brácteas (totomoxtle). Puede ser cilíndrica, cónica, cilíndrico-cónica o esférica, siendo un descriptor morfológico visual importante para distinguir razas o poblaciones.
Forma de la Mazorca sin Brácteas	Describe la <i>forma de la mazorca una vez retiradas las brácteas</i> , observando el olote. Permite clasificar la mazorca en categorías (cilíndrica, cilíndrico-cónica, cónica, etc.).

Color del Olote	Se refiere a la <i>coloración de la parte central y basal de la mazorca</i> (olote), que puede ser blanco, rojizo, café, morado, jaspeado u otros. Este descriptor cualitativo es útil para caracterizar diversidad fenotípica en germoplasma.
Disposición de Hileras de Granos	Describe cómo están <i>organizadas</i> las hileras de granos en la mazorca: puede ser regular, irregular, recta o en espiral. Esta característica tiene implicaciones en el rendimiento y patrones de crecimiento.
Tipo (Grano)	Clasifica la <i>morfología general del grano (cariópside)</i> según textura y forma del endospermo: por ejemplo, harinoso, semiharinoso, dentado, semidentado, semicristalino, cristalino, reventador, ceroso y otros.
Forma de la Superficie (Grano)	Describe la <i>forma externa del grano</i> , que puede observarse como redonda, ovalada, puntiaguda, plana, etcétera. Es un descriptor visual que refleja variación en la forma del grano.
Color (Grano)	Indica la <i>coloración del pericarpio del grano</i> , pudiendo ser blanco, amarillo, morado, jaspeado, rojo, café, entre otros. Este carácter es importante tanto para clasificación botánica como para calidad de uso.
Color del Endospermo	Se refiere a la <i>pigmentación interna del endospermo</i> del grano, que puede ser blanco, amarillo, naranja o tonalidades intermedias. Este descriptor está ligado tanto a características genéticas como usos alimentarios.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado para las variables cuantitativas fue un completamente al azar con diez repeticiones, para las variables que resultaron altamente significativas se aplicó una comparación de medias Tukey. Todos los análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias se realizaron en el software estadístico R studio.

Para la evaluación de los caracteres cualitativos se llevó a cabo mediante el análisis de frecuencias y fueron realizados en Microsoft Office Excel, y representados mediante gráficas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables Cuantitativas

En los Cuadros 4.1, 4.2 y 4.3 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza de los 21 caracteres cuantitativos de mazorca y grano evaluados en las colectas de maíz. Resulta que solo dos caracteres cuantitativos mostraron diferencias significativas correspondientes a la distancia comprendida desde la terminación de los granos en la mazorca hasta la punta del olote sin granos(LpedO), y la variable del diámetro de la mazorca con brácteas (DMzcB) (Cuadro 4.1). El resto de los caracteres evaluados no mostraron diferencias significativas estadísticamente (Cuadro 4.2 y 4.3).

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de ocho variables cuantitativas evaluadas en mazorcas de maíz de la raza bolita

F.V.	GL	LPedM	BrcMz	MzInc	LpedO	LMzcB	LMzsB	DMzcB	DMzsB
Color	2	335.7NS	859.4NS	0.0NS	988.0*	24.7NS	47.0NS	266.5*	43.0NS
Error	27	464.3NS	678.4NS	0.1NS	185.9NS	11.9NS	38.3NS	55.4NS	17.5NS

FV: Fuente de variación; GL: Grados de libertad; LPedM: Longitud del pedúnculo de la mazorca; BrcMz: Brácteas de la mazorca; MzInc: Mazorcas incipientes; LpedO: Longitud del pedúnculo del olote; LMzcB: Longitud de la mazorca con brácteas; LMzsB: Longitud de la mazorca sin brácteas; DMzcB: Diámetro de la mazorca con brácteas; DMzsB: Diámetro de la mazorca sin brácteas; *= Significativo al 0.05%; NS= No significativo

Cuadro 4.2 Cuadrados medios de siete variables cuantitativas evaluadas en mazorcas de maíz de la raza bolita

F.V.	GL	NHil	NGrHil	PMZCB	PMzsB	PGr10H	Desg%	DOlo
Color	2	2.13 NS	45.03NS	1820NS	282.5NS	373.2NS	40.25NS	12.84NS
Error	27	2.23NS	16.67NS	1007NS	1088.7NS	855.0NS	23.69NS	10.09NS

FV: Fuente de variación; GL: Grados de libertad; NHil: Número de hileras; NGrHil: Número de granos por hilera; PMzcB: Peso de la mazorca con brácteas; PMzsB: Peso de la mazorca sin brácteas; PGr10H: Peso del grano a 10% de humedad; Desg%: Porcentaje de desgrane; Dolo: Diámetro del olote; NS= No significativo

Cuadro 4.3 Cuadrados medios de seis variables cuantitativas del grano evaluadas en mazorcas de la raza bolita

F.V.	GL	LGr	AGr	GGr	P100G	V100G	RPV
Color	2	2.03NS	0.1149NS	0.6839NS	79.62NS	216.3NS	0.0012NS
Error	27	1.89NS	0.7093NS	0.3469NS	76.96NS	159.3NS	0.125NS

FV: Fuente de variación; GL: Grados de libertad; LGr: Largo del grano; AGr: Ancho del grano; GGr: Grosor del grano; P100: Peso de cien granos; V100G: Volumen de cien graos; RPV: Relación peso-volumen; NS= No significativo

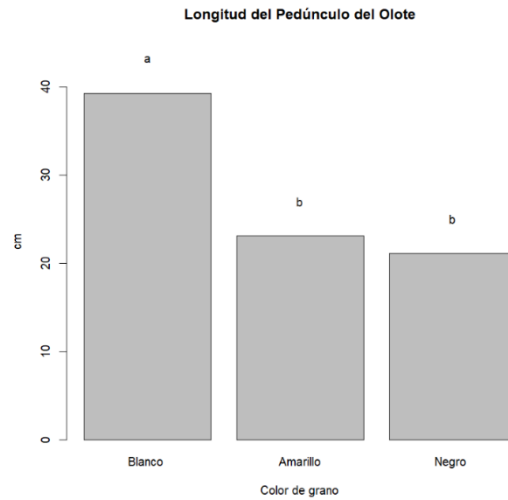


Figura 4.1 Longitud del pedúnculo del olote

En la longitud del pedúnculo del olote si se encontraron diferencias significativas, las mazorcas de color blanco muestran el valor más alto (39.26 cm), siendo superior a lo obtenido por las colectas de color amarillo y posteriormente con la colecta de maíz negro, quienes mostraron valores de 23.09 y 21.16 cm respetivamente, pero estos últimos fueron estadísticamente iguales entre sí.

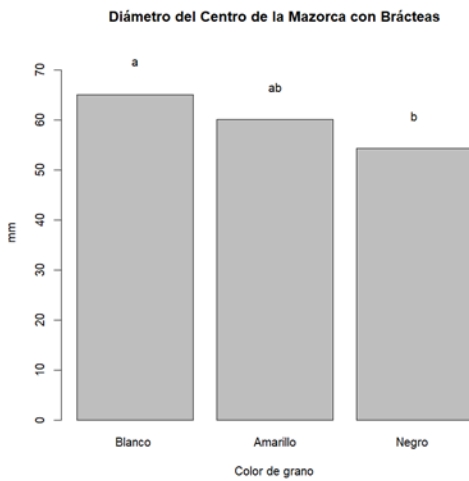


Figura 4.2 Diámetro de la mazorca con brácteas

En el carácter del centro de la mazorca con brácteas, los maíces blancos presentan una longitud mayor, con un promedio de 65.05 mm, mientras que los maíces negros presentan menor valor con un promedio de 54.3 mm y el grupo de color amarillo tiene un promedio de 60.2 mm ubicándose en un punto intermedio formando así tres grupos diferentes significativamente.

Variables Cualitativas

Tipo de Grano

En la Figura 4.3 se presenta la frecuencia del tipo de grano en función del color de la mazorca (blanco, amarillo y negro), expresada en porcentaje. En las mazorcas blancas, el tipo de grano semi- dentado es el más frecuente. Las mazorcas de color amarillo presentan una frecuencia similar pues el grano mas frecuente es el semi-dentado. En el caso de los maices negros el grano semi- cristalino dentado fue el más frecuente. En conclusión el tipo de grano que predomina en esta raza de maíz es el semi dentado.

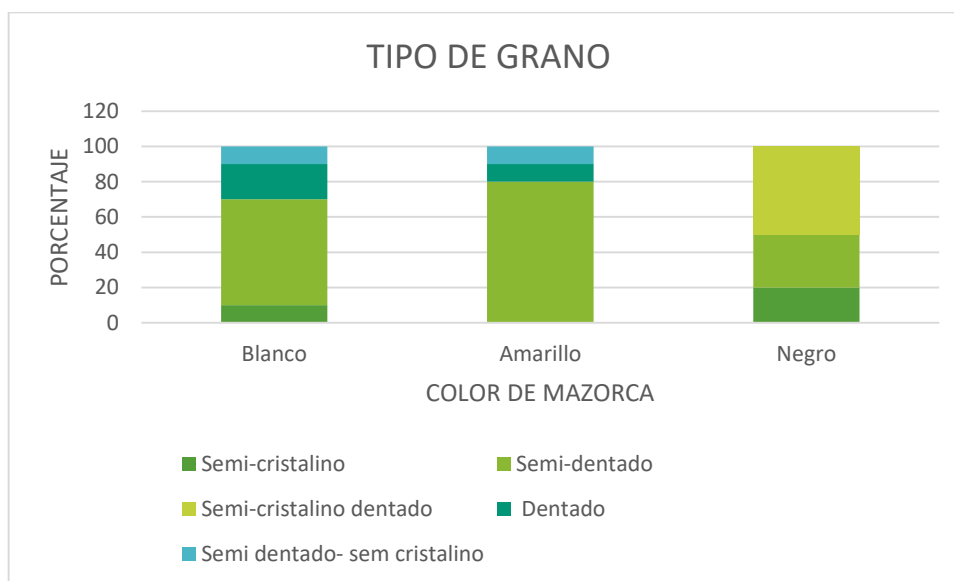


Figura 4.3 Tipo de grano de las tres colectas de maíz

Formas de la Superficie del Grano

La figura 4.4 muestra la frecuencia de la forma de la superficie del grano en función del color de la mazorca (blanco, amarillo y negro), expresada en porcentaje. En las muestras de color blanco la superficie determinada como Semi dentada predomina en la mayoría de las muestras, seguida de la superficie dentada, con un porcentaje aún importante en la frecuencia. En el caso de las mazorcas de color amarillo muestran únicamente dos grupos distintos de superficie las cuales en mayor proporción se encuentra la Semi dentada, casi con el cien por ciento en las muestras. En menor cantidad, pero presente se encuentra la superficie dentada, mostrando con este que en las mazorcas amarillas no existe tanta variabilidad para este carácter en las muestras evaluadas. Las mazorcas de color negro presentan una variación aproximada del cincuenta por ciento entre dos tipos de superficie del grano los cuales únicamente son, la superficie plana y la Semi-dentado mostrando poca variación de este carácter para este color en específico. La gráfica de frecuencia muestra como la superficie de grano que predomina en la raza bolita es la Semi dentada.

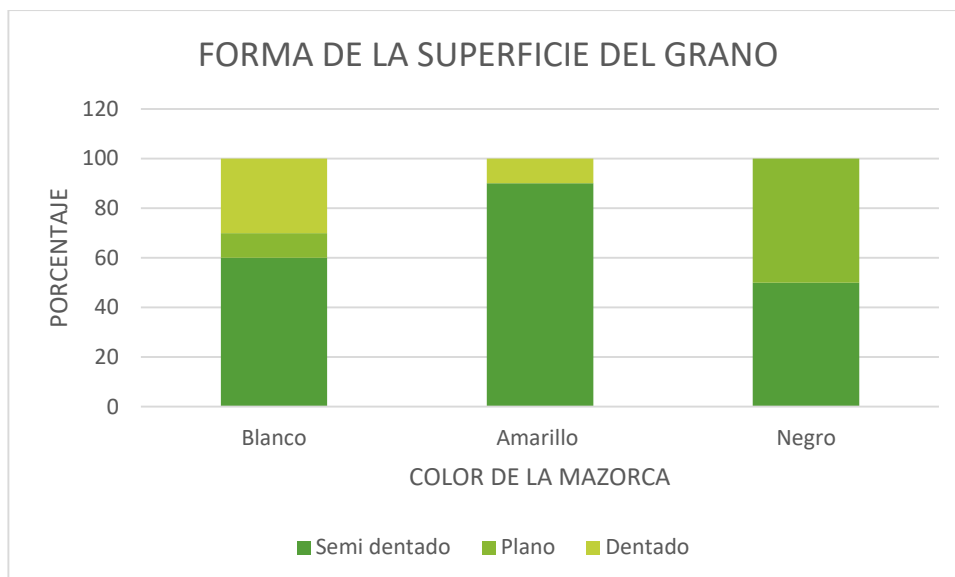


Figura 4.4 Tipo de la superficie del grano de las tres colectas de maíz

Color de Brácteas

Las mazorcas blancas presentan el color de brácteas determinadas como blanco-amarillo y es claramente predominante. En menor proporción se presentan brácteas de color morado, lo que indica una baja variación en el color de las brácteas para este color de mazorca.

Las mazorcas amarillas presentan dos colores principales de brácteas: blanco-negro y blanco. Ambos aparecen en proporciones importantes, lo que refleja una mayor variabilidad en el color de las brácteas en comparación con las mazorcas blancas. Mientras que, en las mazorcas negras, predomina el color de brácteas amarillo-blanco, seguido por una menor proporción de blanco-negro y una presencia reducida de amarillo-blanco-negro. Esto indica que, aunque existe un color dominante, también se observan combinaciones de colores en las brácteas. Para tener más claro la variación de color en las brácteas hay que saber

que existen factores que lo determinan la principal razón es la síntesis y acumulación de pigmentos, especialmente antocianinas, controlada por genes que producen estos compuestos y por otros que regulan su activación en el tejido. Cuando estos genes están activos, se desarrollan tonalidades moradas, rojas u oscuras; en cambio, cuando no se expresan o están inhibidos, las brácteas presentan colores claros o ausencia de pigmentación. Sin embargo, otros factores que influyen son los que se conocen como transposones (o “genes saltarines”) que pueden moverse dentro de esos genes y bloquearlos, o salir de ellos y volver a activarlos. Esto provoca que el color no siempre sea uniforme y aparezcan combinaciones o variaciones dentro de una misma población. Esto explica que el color de las brácteas dependa de la interacción entre genes que producen pigmento y mecanismos que regulan su activación (McClintock, 1950; Coe et al., 1988; Grotewold, 2006; Feschotte et al., 2002; Petroni et al., 2014).

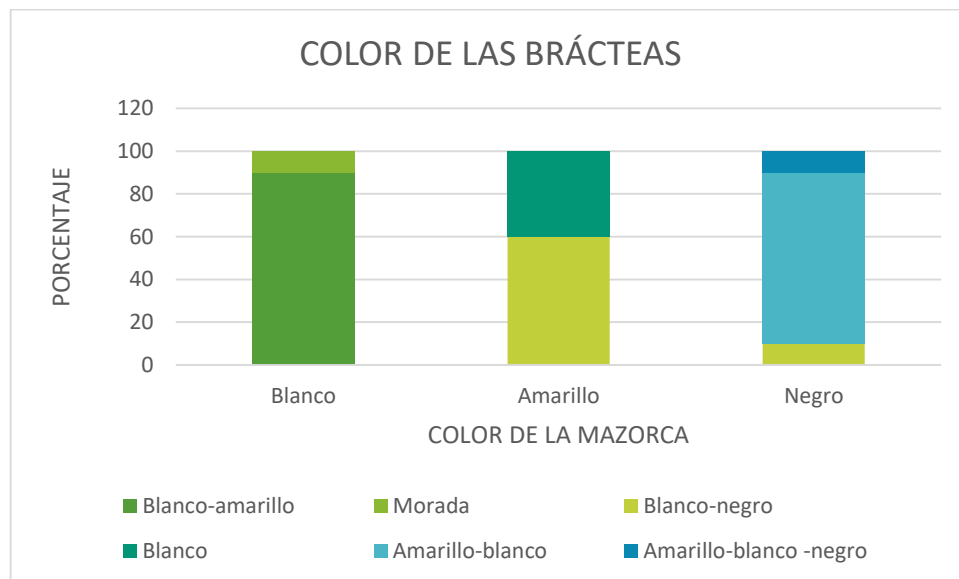


Figura 4.5 Color de las brácteas de las tres colectas de maíz

Forma de la Mazorca sin Brácteas

La colecta de maíces blancos presenta más variabilidad de este carácter en comparación con los otros dos colores, pues se encuentran tres formas distintas dentro de las mazorcas estudiadas. En mayor proporción se encuentran mazorcas de forma determinada como cilíndricas con un aproximado del 50% de presencia, seguidas de la forma cónica, y por último y en menor proporción, las mazorcas cónicas - cilíndricas. Para el caso del color amarillo, la forma de mazorcas que más predomina es la cónica – cilíndrica con un 90% de frecuencia y en un porcentaje mucho menor la forma cónica. Demostrando que no hay mucha variación para este color, en la forma de las mazorcas.

Las mazorcas de color negro se asemejan a las amarillas en las formas encontradas para este color, con la diferencia de que la forma cónica está más presente que en la anterior, la forma cónica - cilíndrica predomina y por lo tanto se determina que existe poca variación para este carácter evaluado. Las distintas formas de las mazorcas están asociadas a múltiples factores que pueden incluir la genética establecida de la raza, el desarrollo del olote, la misma selección humana y factores ambientales como la temperatura, el estrés hídrico o la disponibilidad de nutrientes.

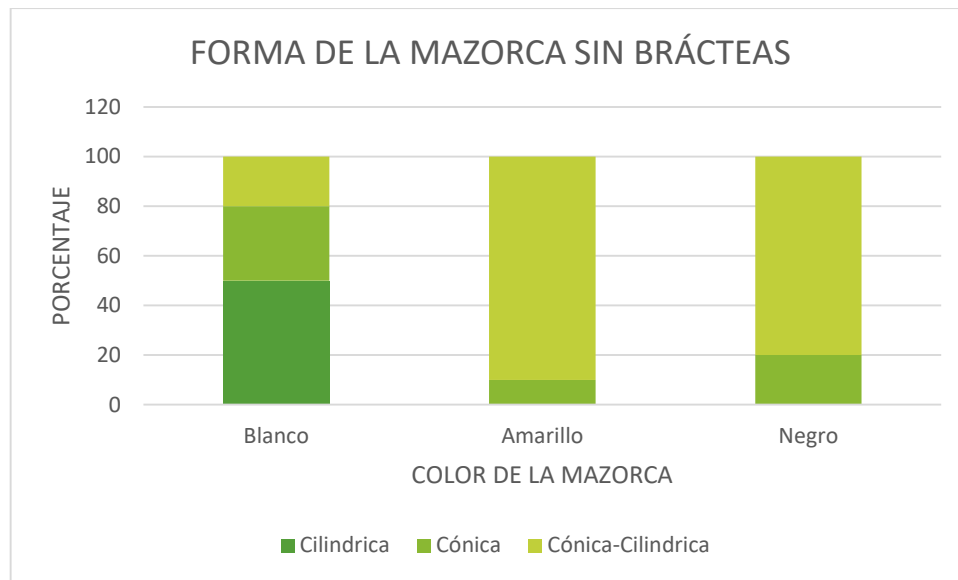


Figura 4.6 Forma de la mazorca sin brácteas de las tres colectas de maíz

Disposición de Hileras de Granos en la Mazorca

Las muestras de color blanco presentan una disposición regular-recta de las hileras de granos. En menor proporción se observa una disposición irregular, lo que indica que este tipo de mazorca presenta principalmente una organización uniforme de las hileras. Mientras que las mazorcas amarillas presentan únicamente una disposición regular de las hileras de granos, sin registrarse otros tipos de disposición. Esto evidencia una alta uniformidad en la organización de las hileras para este color de mazorca. En las mazorcas negras, la disposición regular es la más frecuente. Sin embargo, se observa una pequeña proporción de mazorcas con disposición irregular, lo que indica una ligera variación en la organización de las hileras de granos. En conjunto, la gráfica muestra que la frecuencia regular de hileras de granos es la más común en los tres colores de mazorca, mientras que la disposición irregular se presenta en menor proporción.

y principalmente en mazorcas blancas y negras. La disposición de hileras en las mazorcas controlada principalmente por genes que regulan cómo se organiza el meristemo de la inflorescencia femenina (la “punta” donde se forman las espiguillas, sin embargo, factores como el estrés, la densidad de siembra, o fertilización también influyen. En conclusión, la disposición de hileras resulta de la interacción entre genes que controlan la formación y tamaño del meristemo y factores ambientales que ajustan su expresión durante el desarrollo (Bommert et al., 2005; Taguchi-Shiobara et al., 2001; Vollbrecht et al., 2005; Brown et al., 2011; Doebley et al., 1997).

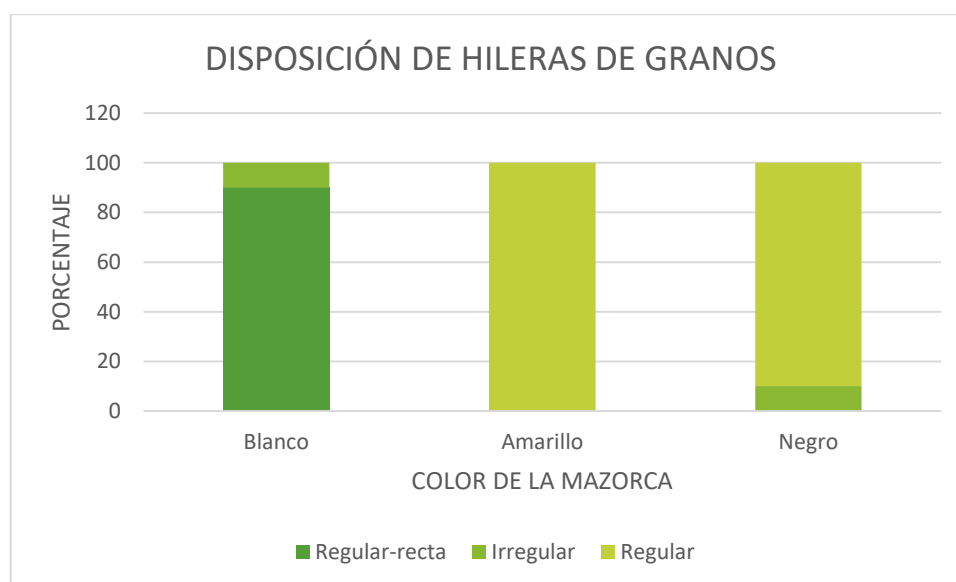


Figura 4.7 Disposición de hileras de mazorca en las tres colectas de maíz

Color del Olate

En las mazorcas blancas, el color de olote blanco-cremoso es claramente predominante. En menor proporción se presentan olotes de color morado y morado débil, lo que indica que este tipo de mazorca presenta poca variación en el color del olote. Las mazorcas amarillas muestran una dominancia marcada del olote de color blanco, mientras que los colores, crema-blanco y gris tenue aparecen en proporciones bajas. Esto refleja una uniformidad del color del olote en las mazorcas amarillas.

En el caso de las mazorcas negras, se observa una mayor diversidad de colores de olote. El color blanco es el más frecuente, seguido del blanco-cremoso. Además, se presentan en menor proporción olotes de color amarillo, rojizo y gris tenue, lo que indica una mayor variabilidad del color del olote en comparación con las mazorcas blancas y amarillas. Sin embargo, la frecuencia del color blanco en el olote predomina en ésta raza de maíz. Por otro lado, el color del olote igual que en las brácteas está determinado principalmente por la síntesis y acumulación de pigmentos, como lo son las antocianinas las cuales se controlan por genes que estructuran y regulan esta pigmentación. Cuando estos genes están activos, el olote presenta tonalidades rojas, moradas o negras; en cambio, cuando no se expresan o están inhibidos, el olote permanece blanco o amarillo (Grotewold, 2006; Petroni et al., 2014).

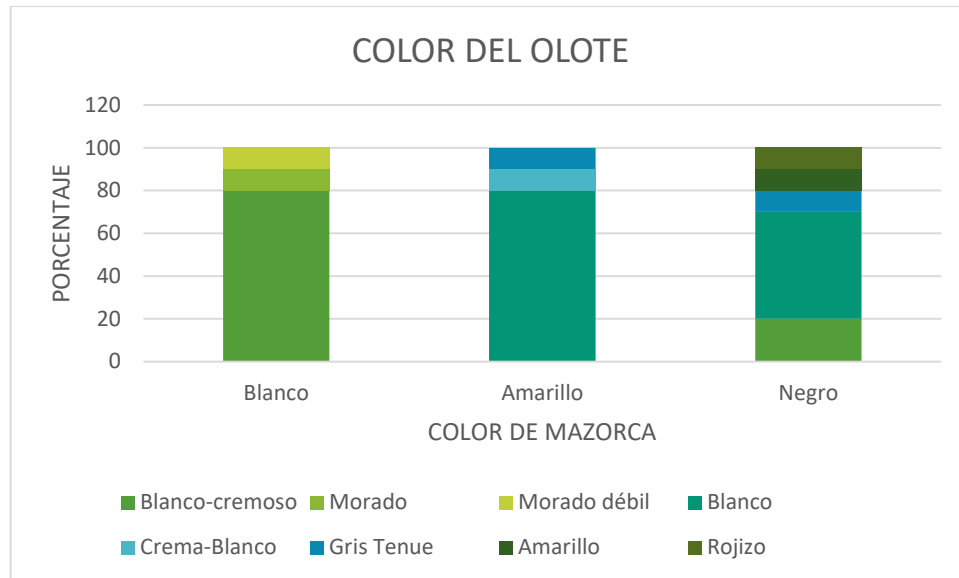


Figura 4.8 Color del olole de las tres colectas de maíz

Color del Endospermo

Para este carácter, el color fue el mismo en los tres colores, lo cual indica que no hubo variabilidad de color del endospermo. El color del endospermo está determinado por la síntesis de carotenoides, regulada por genes como *Y1*, estos regulan la acumulación pigmentos en el grano. La presencia de carotenoides da lugar a tonalidades amarillas, mientras que su ausencia produce endospermos blancos. Cabe recalcar que, a diferencia de otros caracteres este presenta mayor estabilidad genética debido a su control genético específico y a la naturaleza del desarrollo del endospermo (Buckner et al., 1996; Harjes et al., 2008).

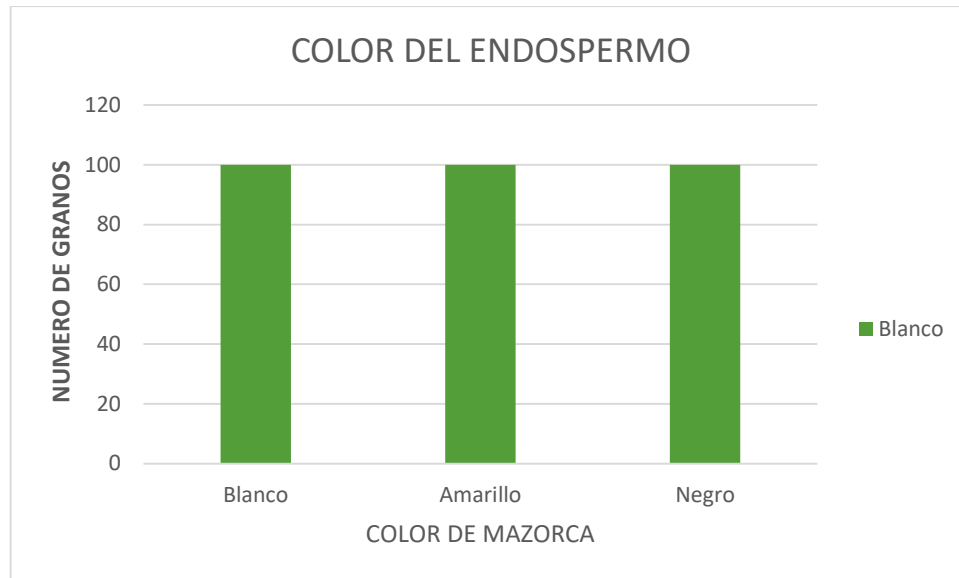


Figura 4.9 Color del endospermo de las tres colectas de maíz

Forma de la Mazorca

Las muestras de color blanco muestran más frecuencia en las formas estrechamente trulada, seguida de la trulada, Las mazorcas amarillas presentan una mayor variedad de formas y destaca la forma ovada en mayor cantidad, seguida de la forma estrechamente trulada, las formas trulada y lanceolada se encuentran en una proporción menor, lo que sugiere que existe una mayor variabilidad morfológica en este color de mazorca para la forma con brácteas.

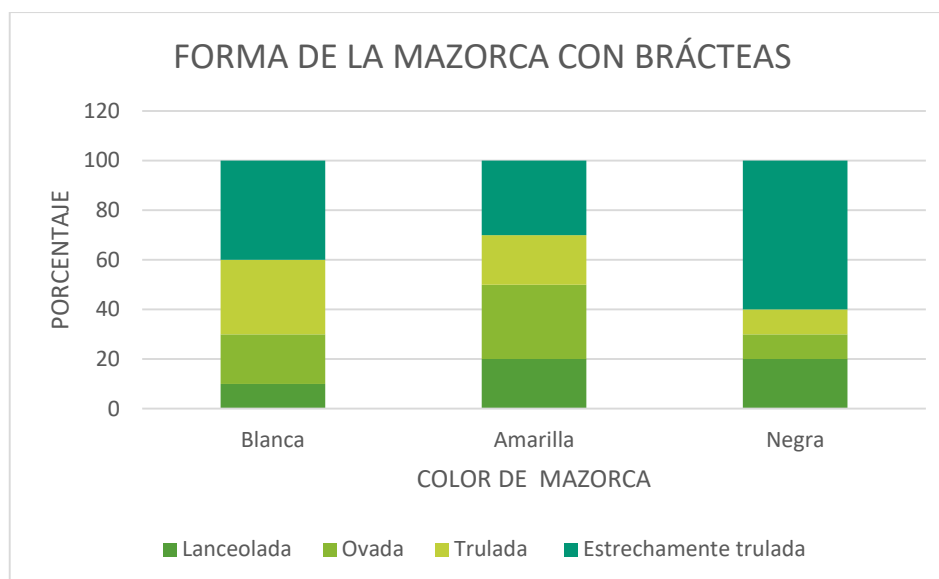


Figura 4.10 Forma de la mazorca con brácteas de las tres colectas de maíz

En el caso de las mazorcas de color negro, la forma estrechamente trulada predomina por encima de las demás, las formas ovada y Triada son menos frecuentes seguida de la forma lanceolada. Esto sugiere que, en el color de mazorcas negro, existe más homogeneidad para este carácter. La forma estrechamente trullada es la que con más frecuencia se encontró en las tres muestras de ésta raza de maíz.

Color del Grano

La gráfica muestra todas las variaciones encontradas. Las mazorcas blancas muestran una muy marcada uniformidad pues el 100% de los granos corresponden al mismo color, el amarillo pálido, esto se entiende como una mejor estabilidad genética para este carácter. Las mazorcas de color amarillo, el color que predomina es un amarillo rojizo, sin embargo, también se presentan otros

colores como lo son el amarillo y el marrón fuerte, lo que indica una mayor variación en la pigmentación del grano, que pueden ser por diferentes factores genéticos o a la interacción genotipo-ambiente. Por su parte, las mazorcas de color negro presentan una mayor diversidad de colores, esta amplia variabilidad sugiere una elevada heterogeneidad genética. Esto poder deberse a factores como la polinización cruzada que muchas veces ocurre en alógamas como lo es el maíz, por el cruce de polen o semillas entre parcelas.

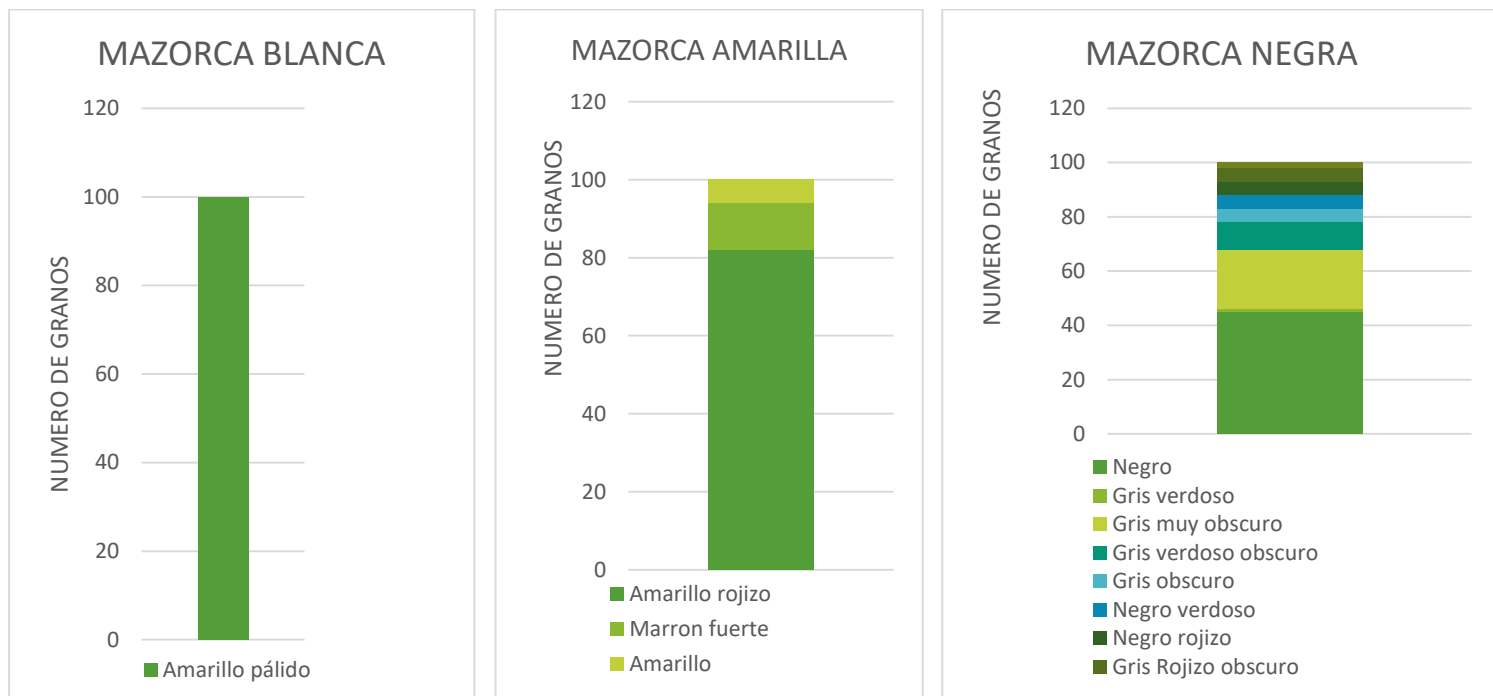


Figura 4.11 Color del grano de las tres colectas de maíz

5. CONCLUSIONES

Existe variación entre las colectas por color; la raza Bolita de color negro presentó heterogeneidad genética dentro de estas colectas ya que presentó mayor variabilidad como en el color del grano, color del olote, y color de las brácteas caracteres cualitativos evaluados y es poco frecuente su cultivo, lo que resalta la importancia de su conservación.

El color blanco fue el que más destacó en la longitud del pedúnculo, diámetro del centro de la mazorca con brácteas, caracteres cuantitativos evaluados y presentó estabilidad en color de las brácteas, color del endospermo y color del grano caracteres cualitativos.

El color amarillo se mantuvo en un nivel intermedio entre colores de mazorca evaluados, sin embargo, se destacó en la estabilidad en forma de la superficie del grano, forma de la mazorca sin brácteas, disposición de hileras de granos y color del endospermo caracteres cualitativos evaluados.

La caracterización morfológica permite identificar valores importantes sobre todo en razas de maíz y más aún en aquellas que presentan variación en color de grano ya que proporciona información importante que puede ser utilizada por los fitomejoradores y los productores.

6. LITERATURA CITADA

- Agraria.pe. (2024, mayo 6). Perú cultiva 52 razas de maíces, de los cuales 28 son amiláceos. <https://agraria.pe/noticias/peru-cultiva-52-razas-de-maices-de-los-cuales-28-son-amilace-35600>
- Alliance for Science. (s.f.). Orígenes del maíz. Cultivo en crisis. https://www.allianceforscience.org/wp-content/uploads/2018/06/maiz_Cultivos-en-crisis.pdf
- Anderson, E. (1946). Maize in Mexico: A preliminary survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 33, 147–247.
- Aragón, C. F., Taba, S., Hernández, C. J. M., Figueroa, C. J. de D., Serrano, V., & Castro, G. H. (2006). Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP.
- Arqueología Mexicana. (s.f.). La domesticación del maíz. <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/la-domesticacion-del-maiz>
- Benz, B. F. (1986). Taxonomy and evolution of Mexican maize (Tesis doctoral no publicada). University of Wisconsin.
- Bird, R. McK. (1977). The evolution and influences of the maize of the Intermediate Area. Paper presented at the 42nd Annual Meeting of the Society for American Archaeology, New Orleans.
- Bird, R. M., & Goodman, M. M. (1977). The races of maize V: Grouping maize races on the basis of ear morphology. *Economic Botany*, 31(4), 471–481.
- Bird, R. McK., & Goodman, M. M. (En prensa). Las razas del maíz V: Agrupación de razas de maíz en función de la morfología de la mazorca. *Economic Botany*.

- Bommert, P., Nagasawa, N. S., & Jackson, D. (2005). Quantitative variation in maize kernel row number is controlled by the FASCIATED EAR2 locus. *Nature Genetics*, 37(5), 582–586.
- Brown, P. J., Upadhyayula, N., Mahone, G. S., Tian, F., Bradbury, P. J., Myles, S., Holland, J. B., Flint-Garcia, S., McMullen, M. D., Buckler, E. S., & Rocheford, T. R. (2011). Distinct genetic architectures for male and female inflorescence traits of maize. *PLoS Genetics*, 7(11), e1002383.
- Buckner, B., Kelson, T. L., & Robertson, D. S. (1996). Cloning of the y1 locus of maize, a gene involved in the biosynthesis of carotenoids. *The Plant Cell*, 8(5), 865–876.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (1991). Descriptors for maize. CIMMYT.
- Chávez, E. (1913). El cultivo del maíz. Secretaría de Fomento.
- CIMMYT. (s.f.). Biodiversidad y conservación del maíz nativo en México. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/biodiversidad-y-conservacion-del-maiz-nativo-en-mexico/>
- Coe, E. H., Jr., Neuffer, M. G., & Hoisington, D. A. (1988). The genetics of corn. En G. F. Sprague & J. W. Dudley (Eds.), *Corn and corn improvement* (3rd ed., pp. 81–258). American Society of Agronomy.
- CONABIO. (2022). Maíces. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>
- CONABIO. (2025). Bolita. En Razas de maíz de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas/OchoH/Bolita>

- CONABIO. (2025). Razas de maíz de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>
- Divulgación-CIMMYT. (2023). El origen del maíz: del teocintle al cultivo moderno. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- Divulgación-CIMMYT. (2023, octubre 2). Teocintle: el ancestro del maíz. CIMMYT. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/teocintle-el-ancestro-del-maiz/>
- Doebley, J., Stec, A., & Hubbard, L. (1997). The evolution of apical dominance in maize. *Nature*, 386, 485–488.
- Earth@Home. (2023, mayo 2). Teosinte and the domestication of maize. <http://evolution.earthathome.org/grasses/andropogoneae/maize-domestication/>
- FAO. (2014). Origin, history, and uses of corn (*Zea mays*). <http://www.fao.org>
- Feschotte, C., Jiang, N., & Wessler, S. R. (2002). Plant transposable elements: Where genetics meets genomics. *Nature Reviews Genetics*, 3(5), 329–341.
- Gámez V., A. J., Ávila, P. M. A., Ángeles, A. H., Díaz, H. C., Ramírez, V. H., Alejo, J. A., & Terrón, I. A. (1996). Híbridos y variedades de maíz liberados por el INIFAP hasta 1996 (Publicación Especial No. 16). INIFAP.
- Grobman, A., Bonovia, D., Dillehay, T. D., Piperno, D. R., Iriarte, J., & Holst, L. (2012). Restos de maíz cultivado de Huaca Prieta y Paredones (Perú) de hace 6700 años. *PNAS*, 109(5), 1755–1759. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100427109>

- Grotewold, E. (2006). The genetics and biochemistry of floral pigments. *Annual Review of Plant Biology*, 57, 761–780.
- Harlan, J. R., & De Wet, J. M. J. (1971). Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, 19, 509–517.
- Harjes, C. E., Rocheford, T. R., Bai, L., Brutnell, T. P., Kandianis, C. B., Sowinski, S. G., Stapleton, A. E., Vallabhaneni, R., Williams, M., Wurtzel, E. T., Yan, J., & Buckler, E. S. (2008). Natural genetic variation in lycopene epsilon cyclase tapped for maize biofortification. *Science*, 319(5861), 330–333.
- Hernández, X. E., & Alanís, F. G. (1970). Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas. *Agrociencia*, 5, 3–30.
- Herrera, C. B. E., Castillo, F., Sánchez, J., Ortega, R., & Goodman, M. M. (2000). Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: Caso de la raza Chalqueño. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 23, 335–354.
- Herrera, C. B. E., Castillo, G. F., Sánchez, G. J. J., Hernández, C. J. M., & Ortega, P. R. (2004). Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia*, 38, 191–206.
- Hortelano, S. R., Gil, M. A., Santacruz, V. A., Miranda, C. S., & Córdova, T. L. (2008). Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México*, 34, 189–200.
- Learn Genetics. (s.f.). Evolution of corn. University of Utah. <https://learn.genetics.utah.edu/content/evolution/corn/>
- López-Romero, G., Santacruz-Varela, A., Muñoz-Orozco, A., Castillo-González, F., Córdova-Téllez, L., & Vaquera-Huerta, H. (2005). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia*, 30(5), 284–290.

- Martínez-Sánchez, J., Espinosa-Paz, N., & Cadena-Iñíguez, P. (2020). Caracterización morfológica de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Maíz*, 15(2), 45–60.
- McClintock, B. (1950). The origin and behavior of mutable loci in maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 36(6), 344–355.
- McClintock, B., Kato, T. A., & Blumenschein, A. (1981). Constitución cromosómica de las razas de maíz. Colegio de Postgraduados.
- National Geographic. (2025, septiembre 29). Día Nacional del Maíz: descubre cuántas variedades existen en México y en todo el planeta. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2025/09/dia-nacional-del-maiz-descubre-cuantas-variedades-existen-en-mexico-y-en-todo-el-planeta>
- Ortega P., R. A., Sánchez G., J. J., Castillo G., F., & Hernández C., J. M. (1991). Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. En *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México* (pp. 161–185).
- Petroni, K., Pilu, R., & Tonelli, C. (2014). Anthocyanins in corn: A wealth of genes for human health. *Planta*, 240, 901–911.
- Ramírez Jaspeado, A., García de los Santos, G., Carballo Carballo, A., Castillo González, F., Serratos, J. A., & Cadena Iñíguez, J. (2013). Caracterización morfológica de una muestra etnográfica de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(6), 895–907. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i6.1157>
- Ruiz, C. J. A., Durán, P. N., Sánchez, G. J. J., Ron, P. R., González, E. D. R., Medina, G. G., & Holland, B. J. (2008). Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 maize races. *Crop Science*, 48, 1502–1512.

- Salinas-Moreno, Y., Aragón-Cuevas, F., Ybarra-Moncada, C., Aguilar-Villarreal, J., Altunar-López, B., & Sosa-Montes, E. (2013). Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(1), 23–31.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000100003&lng=es
- Sánchez G., J. J., Goodman, M. M., & Rawlings, J. O. (1993). Appropriate characters for racial classification in maize. *Economic Botany*, 47, 44–59.
- Sánchez G. J. J., Goodman, M. M., & Stuber, C. W. (2000). Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany*, 54, 43–59.
- Smithsonian. (2018, diciembre 13). Scientists overhaul corn domestication story with multidisciplinary analysis. <https://www.smithsonianmag.com>
- Solari, L. R., Safont Lis, J., Frutos, E., & Maiola, C. (1983). Segundo catálogo de recursos genéticos de maíz en Sud América – República Argentina. EEA Pergamino INTA-CIRF.
- Solari, L. R., Safont Lis, J., Frutos, E., & Maiola, C. (1987). Catálogo de germoplasma de maíz Argentina. INTA.
- Taguchi-Shiobara, T., Yuan, Z., Hake, S., & Jackson, D. (2001). The fasciated ear2 gene encodes a leucine-rich repeat receptor-like protein that regulates shoot meristem proliferation in maize. *Genes & Development*, 15(20), 2755–2766.
- Vollbrecht, E., Springer, P. S., Goh, L., Buckler IV, E. S., & Martienssen, R. (2005). Architecture of floral branch systems in maize and related grasses. *Nature*, 436, 1119–1126.

Wellhausen, E. J., Roberts, L. M., Hernández Xolocotzi, E., & Mangelsdorf, P. C.
(1951). Razas de maíz en México: Su origen, características y distribución.
Secretaría de Agricultura y Ganadería.