



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LIBRES

Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Puebla

“CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLÓGICA DE VARIEDADES DE MAÍZ EN EL MUNICIPIO DE CHALCHICOMULA DE SESMA, PUEBLA”

OPCIÓN I TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN
INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

PRESENTA:

HUGO MORALES HERNÁNDEZ

LIBRES, PUEBLA, JULIO, 2025.

ANEXO XXXIII



Educación
Secretaría de Educación Pública



Instituto Tecnológico Superior de Libres

Libres, Puebla. 10/julio/2025
Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

A quien corresponda:

Mtra. Berenice Victoria Corte
Departamento de Estudios Profesionales
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del egresado: Hugo Morales Hernández
Carrera: Licenciatura en Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable
No. de control: 20940112
Nombre del proyecto: "CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLÓGICA DE VARIEDADES DE MAÍZ EN EL MUNICIPIO DE CHALCHICOMULA DE SESMA, PUEBLA"
Producto: I TESIS PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
"Por una cultura científica, tecnológica y sustentable."

ING. MARTHA HERNÁNDEZ LUNA
ENCARGADA DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Mtro. Víctor Torres Pérez
Asesor

Dr. Daniel Alejandro García López
Revisor

Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán
Revisor

M.C. María Elena Hernández Luna
Revisor

ccp. Archivo
MHL



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Camino Real s/n, Barrio de Tetela, Libres, Puebla, C.P. 73780
Tel. 276 144 0125 Ext. 110 E - mail: dir_dlibres@tecnm.mx
E - mail: dir.gral@libres.tecnm.mx tecnm.mx | libres.tecnm.mx



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	viii
AGRADECIMIENTOS	x
DEDICATORIA.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I GENERALIDADES	15
1.1 Introducción	14
1.1.1 Generalidades de la institución	14
1.2 Planteamiento del problema	16
1.3 Objetivos: General y Específicos	17
1.3.1 Objetivo General	17
1.3.2 Objetivos Específicos	18
1.4 Hipótesis.....	18
1.4.1 Hipótesis nula.....	18
1.4.2 Hipótesis alterna.....	18
1.5 Justificación	18
1.6 Alcances y limitaciones.....	20
1.6.1 Alcances.....	20
1.6.2 Limitaciones	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1 Origen y evolución del maíz	24
2.1.1 Historia del maíz.....	24

2.1.2 Clasificación y distribución de maíces en México.....	24
2.1.3 Importancia cultural y económica	26
2.2 Características botánicas	26
2.2.1 Raíz	27
2.2.2 Tallo.....	27
2.2.3 Hojas	29
2.2.4 Inflorescencia	30
2.2.5 Grano	32
2.3 Crecimiento y desarrollo del maíz	32
2.3.1 Etapa vegetativa.....	32
2.3.2 Etapa de polinización	34
2.3.3 Etapa de llenado de granos y reproductiva	35
2.4 Caracterización agro-morfológica.....	36
2.4.1 Tipos de expresión	37
2.4.2 Tipos de observación	37
2.4.3 Caracterización de la fase vegetativa.....	38
2.4.4 Caracterización de fase reproductiva	38
2.4.5 Determinación de los componentes del rendimiento	40
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	41
3.1 Descripción del proyecto	42
3.2 Registro de datos de floración	45
3.3 Registro de caracteres vegetativos y reproductivos	46
3.4 Determinación de componentes de rendimiento	49
3.5 Pruebas estadísticas	54
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56

4.1 Tablas de caracteres	57
4.1.1 Caracteres de la etapa vegetativa.....	57
4.1.2 Caracteres de la etapa reproductiva	58
4.1.3 Componentes de rendimiento	58
4.1.4 Comparación visual de mazorcas	59
4.2 Análisis de datos obtenidos	60
4.2.1 Variables por variedad de maíz	60
4.2.2 Variables por módulo de validación y transferencia tecnológica	62
4.3 Correlaciones en parejas de Pearson	64
4.4 Discusión	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	85
GLOSARIO DE ACRÓNIMOS	87
ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Registro de datos paraje “La Capulinera”	43
Tabla 3.2 Registro de datos área de campo del ITSCS	44
Tabla 4.1 Medias de caracteres de la etapa vegetativa en variedades de maíz	57
Tabla 4.2 Medias de caracteres de la etapa reproductiva en variedades de maíz	58
Tabla 4.3 Medias de caracteres de componentes de rendimiento en variedades de maíz	58
Tabla 4.4 Análisis de varianza de variables por variedad de maíz	60
Tabla 4.5 Análisis de varianza de variables por módulo de generación, validación y transferencia tecnológica	62
Tabla 4.6 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables hojas totales, hojas abajo, hojas arriba y altura a hoja bandera .en cinco variedades de maíz ...	64
Tabla 4.7 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de longitud de espiga, altura de planta, días a floración masculina y días a floración femenina en cinco variedades de maíz	66
Tabla 4.8 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de asincronía floral, altura de mazorca, prolificidad y carreras en cinco variedades de maíz	68
Tabla 4.9 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de granos por hilera, diámetro de mazorca, longitud de mazorca y espesor de grano en cinco variedades de maíz	70
Tabla 4.10 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de ancho de grano, longitud de grano, peso de 100 semillas y peso de mazorca en cinco variedades de maíz	72
Tabla 4.11 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de peso de olote y diámetro de olote en cinco variedades de maíz	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Tallo de planta de maíz	28
Figura 2.2 Componentes de una hoja de maíz.....	30
Figura 2.3 Componentes de la inflorescencia masculina	31
Figura 3.1 Selección de repeticiones.....	42
Figura 3.2 Floración del maíz	45
Figura 3.3 Medición de longitud de espiga	47
Figura 3.4 Medición de altura de planta y mazorca con el uso de un estadal	47
Figura 3.5 Determinación de prolificidad	48
Figura 3.6 Rotulación de muestras.....	49
Figura 3.7 Muestreo de mazorcas	50
Figura 3.8 Colgado de mazorcas.....	50
Figura 3.9 Medición de largo y ancho de mazorca	51
Figura 3.10 Peso de 100 semillas de maíz.....	52
Figura 3.11 Medición de espesor, largo y ancho de granos de maíz	53
Figura 3.12 Peso de olote y semilla desgranada.....	54
Figura 4.1 Mazorcas del Módulo de generación validación y transferencia tecnológica del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán.....	59
Figura 4.2 Mazorcas del Módulo de generación validación y transferencia tecnológica “La Capulinera”	59

RESUMEN

La caracterización de variedades de maíz más resilientes bajo condiciones de temporal de lluvias, constituye un esfuerzo crucial para enfrentar los retos actuales en la producción de alimentos. Este estudio evaluó, desde el punto de vista agronómico y morfológico en distintas fases del cultivo, cuatro variedades de maíz de polinización libre (Libres Blanco, Nopalucan Ultraprecoz, Sintético Libres-Huamantla-Mazapiltepec Azul LHMA y Selección Rojo) y un híbrido comercial (Estratus), empleado como testigo.

Para lograr esto, se realizó un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones por variedad, con un total de 15 unidades experimentales por localidad. Las pruebas se desarrollaron en parcelas demostrativas que se establecieron en dos localidades del municipio de Chalchicomula de Sesma, denominadas “La Capulinera” y en el área de campo del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán (ITSCS), durante el ciclo agrícola de primavera/verano 2024.

Las variables experimentales se colectaron en tres fases: durante la fase vegetativa se registraron el número total de hojas, número de hojas arriba de la mazorca, número de hojas debajo de la mazorca, altura a hoja bandera y altura total de planta; durante la fase reproductiva, días a floración masculina, días a floración femenina, asincronía floral, altura de mazorca, índice de prolificidad y longitud de espiga.

La última fase correspondió a la evaluación del fruto para determinar rendimiento, por lo tanto, se analizaron el número de hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, espesor de grano, longitud de grano, ancho de grano, peso de cien semillas, peso de mazorca, peso de olote, diámetro de olote y peso de semilla desgranada por mazorca. Los datos se compararon estadísticamente ($\alpha = 0.05$) mediante análisis de varianza, prueba de Tukey para comparación de medias y correlación de Pearson. Se observaron diferencias significativas entre materiales y variables útiles.

La variedad Libres Blanco destacó por su rendimiento superior en componentes de cosecha, mientras que Nopalucan Ultraprecoz destacó por su índice de precocidad. Asimismo, las variedades de selección Rojo e híbrido Estratus, presentaron diferencias notables en altura de hoja bandera y mazorca. Estos resultados aportan información valiosa para la selección de variedades adaptadas a condiciones de temporal, ofreciendo alternativas prometedoras para mejorar la resiliencia y productividad del maíz en regiones de alta variabilidad climática.

Palabras clave: Caracterización agro-morfológica, maíz, Chalchicomula de Sesma, índice de precocidad, componentes de rendimiento.

AGRADECIMIENTOS

Me fascina el maíz, amo el maíz, soy hijo del maíz, el maíz lo llevo en la sangre, mi vida es el maíz, porque de ahí vengo. Desde pequeño me inculcaron el respeto a este grano, porque es sagrado, y no es de extrañarse que hasta nuestros antepasados lo adoraban y tampoco es casualidad que digan, somos lo que comemos y cosechamos lo que sembramos. Por esa razón agradezco primeramente al Dios que es energía, es amor, es materia y universo.

También agradezco a mis padres Martha Hernández Loaiza y José Pedro Morales Vázquez, quienes me criaron con mucho cariño y con amor, mismo que me enseñaron a transmitir y a tenerle a nuestra tierra que tanto nos alimenta, la cual, también un ser vivo; misma enseñanza que recibieron de mis abuelos con quienes también estoy agradecido y que llevaron por nombres Severa Loaiza Flores, Prisciliano Hernández Muñiz, Isidra Vázquez Nolasco y Leopoldo Morales Cerón, hombres y mujeres sabios, que al igual que todos mis antepasados trabajaron con mucho cariño la tierra, el campo, sembraron sueños y cosecharon una hermosa familia.

De igual forma, agradezco a mis revisores, Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán, Ing. Víctor Torres Pérez, M. C. María Elena Hernández Luna, Dr. Daniel García López e Ing. Martha Hernández Luna, por su orientación, tiempo y acompañamiento durante la realización de mi tesis profesional, así como a mi buen amigo Francisco Javier Balderas Fierro. Su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el camino de la investigación.

DEDICATORIA

Con todo mi amor y agradecimiento, dedico este logro a la vida, a Dios, a mis padres y a mi abuela materna. Esta tesis es un tributo a la colaboración, paciencia y comprensión, gracias por ser un ejemplo.

En memoria

En honor a mi abuela Severa Loaiza Flores, que nos dejó un 8 de junio del 2024. Aunque ya no estes físicamente conmigo, tu espíritu y tu amor, continúan guiándome en cada paso de este camino.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), pertenece a la familia de las poáceas, es originario de las montañas y valles de México, gracias a la intervención de sus antiguos pobladores (Kato *et al.*, 2009). Este grano es pilar de la alimentación humana y destaca por su riqueza gastronómica al ser base de múltiples preparaciones en la comida tradicional mexicana; se utiliza en la ganadería y usos industriales (SIAP, 2023).

México es uno de los principales productores de maíz a nivel mundial. En 2022, se cosecharon 26.55 millones de ton, lo que representa una ligera disminución del 3.5% respecto al año anterior. Los estados del Bajío concentraron la mayor parte de la producción nacional. A nivel estatal, Puebla alcanzó una producción de 512,143 ton en una superficie de 512,656 ha, con un rendimiento promedio de 0.998 ton/ha, inferior al promedio nacional (INEGI, 2023). Este bajo rendimiento, combinado con el consumo promedio anual *per cápita* de 196.4 kg de maíz (SAGARPA, 2016), ha llevado al país a depender de importaciones para satisfacer la demanda interna.

En el Distrito de Desarrollo Rural 04 de Libres, que incluye al municipio de Chalchicomula de Sesma, el maíz es un cultivo clave, sin embargo, enfrenta desafíos como bajos rendimientos y condiciones agroclimáticas adversas. Este municipio, ubicado en la región socioeconómica del Valle de Serdán, ofrece un escenario ideal para explorar alternativas que mejoren la productividad local mediante el uso de variedades adaptadas a su clima y suelo, lo cual puede brindar resultados dentro del Distrito de Desarrollo Rural de Libres, que junto con Tecamachalco, es de los más productivos en maíz.

Con este estudio, se busca caracterizar agronómica y morfológicamente cuatro variedades de maíz de polinización libre y un híbrido comercial en dos localidades del municipio de Chalchicomula de Sesma, buscando mejor rendimiento y precocidad, contribuyendo a aumentar la producción local y fortalecer la seguridad alimentaria en la región y el país.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

1.1.1 Generalidades de la institución

El Colegio de Postgraduados es reconocido actualmente como una institución líder en ciencias agrícolas y agroalimentarias en México y América Latina. En su trayectoria ha formado científicos, académicos, tomadores de decisiones y emprendedores que han contribuido, en mucho, al mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad, tanto en México como en otros países, consolidándose como una institución de excelencia a nivel internacional.

Gracias al impacto social que tienen los resultados de sus tres actividades sustantivas, la Institución forma parte del registro de Centros Públicos de Investigación reconocidos por la Ley de Ciencia y Tecnología. Actualmente cuenta con siete Campus en diferentes regiones agroecológicas del país, localizados en: Champotón, Campeche; Montecillo, Estado de México; Cholula, Puebla; Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí; Cárdenas, Tabasco; y Manlio Fabio Altamirano y Amatlán de los Reyes, en Veracruz.

En el Campus Puebla se imparten cuatro Programas de Postgrado, tres de ellos reconocidos por el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-PNPC), a saber: Programa de Posgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional (PROEDAR) nivel maestría y nivel doctorado, ambos en el nivel de Competencia Internacional y el Programa de la Maestría Profesionalizante en Gestión del Desarrollo Social (MPGDS). Además, cuenta con el Programa de Maestría en Desarrollo Sustentable de Regiones Indígenas (MDSRI) y con el Programa de Maestría en Desarrollo e Innovación en Fruticultura Familiar (MDIFF), éstos dos últimos de reciente creación.

Cada uno cuenta con diversas líneas de generación y/o aplicación del conocimiento (LGAC), cuyos productos académicos tienen alto impacto regional y nacional. El Campus Puebla cuenta con 35 miembros en el SNI en tres categorías, tres como candidatos, 25 en Nivel I y seis en Nivel II. Durante los últimos cuatro años la cantidad de académicos con este reconocimiento tendió a aumentar siendo más notorio en el Nivel I.

La vinculación ofrece servicios de capacitación y transferencia de tecnología a productores agrícolas, establecimiento de convenios interinstitucionales de colaboración, y la realización de eventos Científicos y Tecnológicos nacionales e internacionales. La vinculación, a través de su Subdirección, se constituye como una parte estructural del Campus, encargada de difundir sus actividades sustantivas, en promover una relación directa y permanente con las instituciones, autoridades municipales, productores, técnicos y organizaciones que tienen que ver con la enseñanza, la investigación los servicios de apoyo al sector productivo, y en general con la sociedad.

En este sentido, esta Subdirección ha jugado un importante papel en el desarrollo de este Campus, dado que su origen fue fundamentalmente a través de acciones directas en campo con pequeños productores promoviendo el mejoramiento en las condiciones productivas y de vida de las familias campesinas, en acciones conjuntas con otras instituciones.

Por último y no menos importante, desde la Subdirección Administrativa del Campus, la rendición de cuentas se toma como un acto de disciplina académico – administrativo que permite valorar resultados con la aplicación de políticas de disciplina administrativa y transparencia en el ejercicio de los recursos.

En el Estado de Puebla se localiza uno de los siete Campus, a través de los cuales el Colegio de Postgraduados se vincula con la sociedad para cumplir con pertinencia su misión institucional, que es la enseñanza la investigación y la vinculación con el sector social.

Como Organismo Público descentralizado, el Campus Puebla tiene asignados recursos federales físicos, financieros y valores humanos, basado en una estructura operativa regido por un marco normativo que le permite aplicar políticas, bases y lineamientos internos para su operación. Pertinente con ello, en el Campus Puebla, se implementan acciones participativas y de mejora continua, para un manejo eficiente, oportuno y transparente de los recursos en apoyo de las actividades sustantivas, bajo la premisa de que la administración debe ser una instancia facilitadora de la actividad sustantiva de la institución

1.2 Planteamiento del problema

México es uno de los principales consumidores de maíz a nivel mundial y, además, es el centro de origen de este importante grano (El Economista, 2023), el cual es un alimento básico en la dieta de la población mexicana, así como un componente clave en la cultura y la economía del país (ASERCA, 2018). No obstante, la producción de este cereal se enfrenta a grandes desafíos, principalmente aquellos derivados de fenómenos meteorológicos extremos tales como sequías y heladas, que afectan directamente la producción agrícola, reduciendo los rendimientos e incluso ocasionando pérdidas totales del cultivo en algunas regiones; lo cual repercute directamente en la economía de los agricultores.

Adicionalmente, cabe aclarar que el 71% de la superficie dedicada al cultivo de maíz en Puebla, depende exclusivamente de las lluvias temporales, mientras que el 29% restante del agua de riego (SADER, 2021). Este alto volumen del cultivo de temporal, convierte a las regiones productoras de maíz en lugares vulnerables ante el cambio climático debido a las prolongadas sequías, que causan graves estragos en la producción agrícola. Esto tiene como consecuencia aumentos en los costos de la tortilla y otros productos derivados del maíz, que son fundamentales para la dieta de la población y de los animales.

El cambio climático también influye en los periodos de siembra que tradicionalmente se realizaban entre marzo y abril, razón por la cual los agricultores se ven obligados a retrasarla hasta mayo o junio, lo que aumenta la probabilidad de sufrir daños causados por heladas tempranas a finales del mes de septiembre o a comienzos del mes de octubre.

Este cambio en los ciclos de siembra, subraya la necesidad de adoptar nuevas tecnologías agrícolas y mejorar las prácticas de manejo para mitigar los efectos negativos del clima sobre la producción. De este modo, es fundamental evaluar y caracterizar nuevas variedades de maíz que se adapten a estas condiciones y, en particular, que tengan ciclos más cortos de crecimiento (precocidad).

El proceso de caracterización permitirá identificar aquellas variedades que puedan ser alternativas viables a las que actualmente se cultivan en Chalchicomula de Sesma y la región del Valle de Serdán, Puebla, reduciendo así el tiempo de maduración. Esto se desarrolla con la finalidad de reducir los impactos de las heladas tempranas que amenazan a los cultivos tardíos y, que por ende, ayudan a mejorar la estabilidad y la producción de maíz dado que México es uno de los principales consumidores y centro de origen del maíz. Es por esa razón que la selección de variedades precoces es clave para mantener la seguridad alimentaria y preservar la economía agrícola de los productores, debido a la reducción de costos de producción y daños causados por factores ambientales.

1.3 Objetivos: General y Específicos

1.3.1 Objetivo General

- Caracterizar agronómica y morfológicamente cuatro variedades de maíz de polinización libre y un híbrido comercial en dos localidades del municipio de Chalchicomula de Sesma, Puebla.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir la fase vegetativa, reproductiva y de cosecha en cinco variedades de maíz.
- Determinar los componentes del rendimiento de cinco variedades de maíz.
- Determinar que variedad(es) de maíz posee(n) un mayor índice de precocidad.

1.4 Hipótesis

Para el desarrollo de este proyecto se plantearon las siguientes hipótesis.

1.4.1 Hipótesis nula

Las variedades de maíz y el híbrido comercial en dos localidades de Chalchicomula de Sesma, no muestran diferencias significativas en sus etapas de cultivo, prolificidad ni componentes de rendimiento.

1.4.2 Hipótesis alterna

Por lo menos, una variedad de maíz es diferente en las etapas de cultivo, prolificidad y componentes de rendimiento.

1.5 Justificación

En 2022, el maíz fue el principal cultivo anual en el estado de Puebla, con una superficie sembrada de 512,656 hectáreas, representando el 53.8% del total sembrado y una producción de 512,143 toneladas (INEGI, 2023). Debido a esto, la caracterización agro-morfológica de las variedades de maíz resulta esencial, no solo en el municipio de Chalchicomula de Sesma, sino también en la región del Valle de Serdán, que alberga dos de los distritos rurales líderes en la producción estatal de maíz: Libres y Tecamachalco (Flores-Cruz, *et al.*, 2014); razón por la cual, es necesario identificar variedades de maíz más productivas, resistentes al cambio climático y con mayores rendimientos.

En este contexto, es imperativo que la producción de maíz se vuelva más sustentable, optimizando el uso de los recursos hídricos y edáficos, especialmente durante los periodos de lluvias temporales, que son fundamentales para el desarrollo de este cultivo en muchas regiones del país.

Para lograrlo, es necesario mejorar tanto los sistemas de producción agrícola como los materiales genéticos empleados, seleccionando aquellos que presenten los descriptores morfológicos más adecuados, confiables y discriminantes para evaluar la variabilidad genética entre las diferentes variedades e híbridos de maíz. Esta información es clave para identificar las variedades más resistentes y adaptables a las condiciones locales y a los efectos del cambio climático.

La caracterización agro-morfológica permitirá obtener información valiosa sobre el comportamiento de diferentes variedades de maíz bajo condiciones particulares, como altitud elevada, variabilidad en las precipitaciones y fenómenos climáticos adversos, tales como sequías y heladas. Es por ello que resulta prioritario sembrar variedades más resistentes, con características que optimicen la producción, maximizando el uso de recursos como el agua y el tiempo.

De igual forma, en los últimos años la producción de maíz ha dejado de ser rentable para muchos agricultores, ya que con sus ingresos apenas y cubren los costos de producción, exacerbados por un precio que no puede competir con el maíz importado, el cual es destinado para cubrir la demanda interna y compensar la baja producción nacional causada principalmente por las sequías. Por ello, un conocimiento detallado de los caracteres agronómicos y morfológicos de las variedades sembradas facilitará la identificación de los componentes clave que aumenten el rendimiento, lo que podría traducirse en mayores ingresos y reducción de costos innecesarios.

En conclusión, es fundamental priorizar la siembra de variedades de maíz e híbridos resistentes y de alto rendimiento, especialmente en los valles altos, donde las condiciones climáticas son más extremas. Estas acciones contribuirán a una producción más eficiente y sostenible, mejorando así la viabilidad económica del cultivo.

1.6 Alcances y limitaciones

1.6.1 Alcances

La caracterización agro-morfológica de variedades de maíz en el municipio de Chalchicomula de Sesma, tiene alcances significativos a nivel local, regional y académico. En el ámbito local, se espera que los resultados del proyecto contribuyan directamente a la mejora de los rendimientos agrícolas, al identificar las variedades de maíz que mejor se adapten a las condiciones edafoclimáticas específicas de la región. Esto no solo permitirá a los agricultores optimizar sus cosechas, sino también incrementar su productividad impactando positivamente en la economía local.

A nivel regional, los hallazgos podrán extenderse a otras áreas del Valle de Serdán, donde se comparten condiciones ambientales similares. Esto podría fomentar una producción de maíz más eficiente y resiliente en toda la región, mejorando la sostenibilidad de la agricultura en distritos clave como Libres y Tecamachalco. La implementación de variedades mejor adaptadas ayudará a mitigar los efectos del cambio climático y de fenómenos meteorológicos extremos, como las sequías y heladas, que afectan la producción de maíz en los valles altos.

En el plano académico y científico, el proyecto ofrecerá información valiosa que podrá ser utilizada como base para investigaciones futuras en genética, agronomía y mejoramiento de cultivos. Además, sus resultados servirán para educar y capacitar a agricultores y técnicos en el manejo de variedades de maíz, promoviendo una agricultura más informada, sostenible y tecnológicamente avanzada.

El conocimiento generado no solo contribuirá al desarrollo de nuevas estrategias agrícolas, sino que también fortalecerá la colaboración entre la academia, los productores y las instituciones de investigación.

En resumen, los alcances de este proyecto tienen el potencial de impactar de manera significativa la producción agrícola, la economía local y regional, así como un precedente sobre la investigación del maíz en la región. A través de este esfuerzo, se busca fomentar una agricultura más productiva, resiliente y sostenible en Chalchicomula de Sesma y la región del Valle de Serdán.

1.6.2 Limitaciones

El proyecto de caracterización agro-morfológica de variedades de maíz enfrenta varias limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, la variabilidad genética dentro de las mismas variedades de maíz representa un desafío, ya que puede influir en los resultados obtenidos. Se consideran también riesgos ambientales, como sequías, heladas u otros fenómenos meteorológicos imprevistos, que pueden alterar significativamente el comportamiento de las plantas a lo largo del ciclo agrícola, afectando la precisión de los datos obtenidos. Por esta razón, sería recomendable realizar evaluaciones a lo largo de varias temporadas para obtener resultados más robustos y representativos, considerando que la caracterización se lleva a cabo bajo condiciones de lluvia de temporal.

Otra limitación importante es la heterogeneidad del suelo en la región de Chalchicomula de Sesma. Las variaciones en la calidad y tipo de suelo, junto con el desarrollo de microclimas locales, dificultan la estandarización de los resultados, ya que el comportamiento de las variedades puede variar dependiendo de las características específicas de cada parcela. Debido a esta diversidad edáfica y climática, los resultados obtenidos en este estudio pueden no ser fácilmente replicables en otras regiones con diferentes condiciones, lo que limita la aplicabilidad directa de los hallazgos a otras zonas agrícolas.

En resumen, la variabilidad genética, los riesgos climáticos y la heterogeneidad del suelo son factores que pueden influir en los resultados del proyecto. A pesar de estas limitaciones, los datos obtenidos proporcionarán una valiosa base para comprender mejor el comportamiento de las variedades de maíz en condiciones específicas, aunque se recomienda un enfoque a largo plazo y con mayor cobertura geográfica para generar conclusiones más sólidas y transferibles.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen y evolución del maíz

2.1.1 Historia del maíz

Kato *et al.* (2009), en el libro “Origen y diversificación de maíz, una revisión analítica”, cita a algunos autores y hace mención de los hallazgos de maíz más antiguos en México, los cuales fueron encontrados en la cueva de Guila Naquitz en Oaxaca, cuya antigüedad es de 7,000 años aproximadamente.

De igual manera, se hace mención de las teorías más acertadas sobre el origen del maíz, de entre las cuales se destaca que el teocintle es el ancestro de este grano, el cual fue originado mediante el proceso de domesticación realizada por intervención humana; y aunque esta teoría es la más aceptada, aun se cuestiona el como una planta con pocos granos, pudo dar origen a una planta con inflorescencias de mayores proporciones debido a que las diferencias genéticas entre el maíz y el teocintle, son más complejas de lo que se piensa.

Kato *et al.* (2009) menciona que el maíz es el resultado de la hibridación del *Tripsacum* con *Zea diploperennis* (Teoría *Tripsacum-diploperennis*). Y aunque ambos taxones son perennes, no existe maíz con esa característica, a excepción del modificado genéticamente (*Zea perennis*).

2.1.2 Clasificación y distribución de maíces en México

Rosado y Villasante (2021) en su libro “Los herederos del maíz”, mencionan que en México existen diversas razas de maíz que se agrupan y clasifican en función de sus características morfológicas, su distribución geográfica y otros factores agronómicos. Los grupos de maíces que destacan son los siguientes:

- **Grupo cónico:** Este grupo se caracteriza por presentar mazorcas de forma cónica o piramidal. Su distribución geográfica abarca principalmente los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca y Veracruz.

Entre las variedades que pertenecen a este grupo se encuentran: Arrocillo, Cacahuacintle, Chalqueño, Cónico, Cónico Norteño, Dulce, Mixteco, Mushito, Muchito de Michoacán, Negrito, Palomero de Jalisco, Palomeño Toluqueño, Urupeño y Palomero de Chihuahua.

- **Grupo Sierra de Chihuahua:** Este grupo se distingue por sus mazorcas largas y delgadas, con granos redondos de textura dura o harinosa. Los maíces de este grupo se encuentran principalmente en los estados de Chihuahua, Durango, Sonora, Sinaloa y Jalisco. Las variedades que pertenecen a este grupo incluyen: Apachito, Azul, Complejo Serrano de Jalisco, Cristalino de Chihuahua, Gordo y Mountain Yellow.
- **Grupo de Ocho Hileras:** Los maíces de este grupo tienen como particularidad entre 8 y 12 hileras de granos (excepto la variedad Bolita). Su distribución se extiende por los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Baja California y Baja California Sur. Las variedades que componen este grupo son: Blandos, Onaveño, Harinoso de Ocho, Tabloncillo, Tabloncito Perla, Bofo, Elotes Occidentales, Tablilla de Ocho, Jala, Zamorano Amarillo, Ancho y Bolita.
- **Grupo Chapalote:** Este grupo se distribuye principalmente en los estados de Nayarit, Sonora, Sinaloa, Guerrero, Michoacán y la Sierra Madre Occidental. Las variedades más representativas son: Chapalote, Dulcillo del Noreste, Elotero de Sinaloa y Reventador.
- **Grupo Tropical Precoz:** Los maíces tropicales precoces se encuentran en regiones como Yucatán, el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Nuevo León y Tamaulipas. Se caracterizan por mazorcas semicilíndricas con granos cristalinos, semidentados o dentados, en colores blanco, amarillo y azul. Las principales variedades de este grupo son: Conejo, Nal-Tel, Ratón y Zapalote Chico.
- **Grupo Dentado Tropical:** Los maíces dentados tropicales están distribuidos principalmente en los estados de Jalisco, Michoacán, Coahuila, Tamaulipas, Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Tabasco, Morelos y Zacatecas. Se distinguen por mazorcas medianas a largas, cilíndricas, con 12 o 16 hileras de granos dentados.

Las variedades incluidas en este grupo son: Celaya, Tepecintle, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Vandeño, Zapalote Grande, Nal-Tel de Altura, Pepitilla, Chiquito, Choapaneco y Cubano Amarillo.

- **Grupo de Maduración Tardía:** Este grupo está conformado por maíces que maduran de manera tardía y se distribuyen principalmente en Chiapas, Oaxaca y Yucatán. Se caracterizan por mazorcas largas con 12 a 14 hileras de granos. Las variedades más representativas son: Dzit-Bacá, Comiteco, Coscomatepec, Motozinteco, Olotillo, Olotón, Tehua, Negro de Chimaltenango, Quicheño, Serrano, Mixeño y Serrano Mixe.

2.1.3 Importancia cultural y económica

En diferentes estados de la República Mexicana, las hojas del maíz también conocidas como totomoxtle, son usadas para la elaboración de artesanías y tamales. Además, los olotes que son el corazón de la mazorca, suelen ser usados como combustible, alimentos para animales, tapones, como herramienta para desgranar mazorcas, pulidor de madera y múltiples usos tradicionales que cambian según la región del país.

Económicamente hablando, destaca por sus usos industriales entre los cuales se encuentra su uso como forraje en la alimentación de grandes hatos, así como la obtención de compuestos químicos que son comercializados en alimentos, medicinas y cosméticos, tales como: miel de maíz, azúcar de maíz, dextrosa, almidón, aceite, color caramelo, dextrina, malto dextrina, ácido láctico, sorbitol y etanol (usado como combustible para automóviles) (Esteva, 2003., citado por Rosado y Villasante, 2021).

2.2 Características botánicas

La planta es de un porte robusto y de acuerdo al CONAHCYT (2019), la planta de maíz es anual, robusta y de fácil desarrollo:

2.2.1 Raíz

Sus raíces son fasciculadas, aportan anclaje y en algunos casos llegan a sobresalir del nivel del suelo (SIAP, 2023).

- **Radícula:** Es un indicador de germinación y aparece entre 2 y 3 días después de romper la cubierta del pericarpio, dando inicio a su crecimiento.
- **Raíces seminales:** Es fundamental hasta que la planta alcanza tres hojas, debido a qué durante esta etapa, las raíces son escasas, posteriormente pierden importancia y se pierden gradualmente.
- **Raíces principales:** Se forman en la corona, la cual se ubica en el segundo subnudo el cual se ubica 1 o 2 cm bajo el nivel del suelo y comienzan a desarrollarse durante el estado de dos hojas V2, pero no es hasta la etapa V3 y V4 que la planta desarrolla pelos radicales en las raíces principales. Cuando la planta desarrolla seis hojas. Para que el sistema radicular se establezca en el suelo sin limitaciones, las raíces deben alcanzar una profundidad promedio de 45 cm y una extensión a lo ancho de 35 cm. Cuando las temperaturas aumentan y las plantas presentan alrededor de 10 hojas, las raíces crecen en cuanto a profundidad y en condiciones óptimas como suelos descompactados y con buen drenaje, pueden alcanzar hasta los 2 m.
- **Raíces adventicias:** Son las últimas en desarrollarse y aparecen cuando la planta presenta 10 hojas. Cabe mencionar que estas se originan en los primeros nudos aéreos y desde el subnudo más cercano a la superficie del suelo. Se caracterizan por ser raíces gruesas, carnosas y vigorosas, que cumplen la función de sostén, permitiendo un mejor anclaje (UC Chile, 2024).

2.2.2 Tallo

El tallo es simple (Figura 2.1), alcanza los 4 metros de altura, es robusto, sin ramificaciones, similar a una caña, presenta entrenudos y medula esponjosa (SIAP, 2023).

Adicionalmente a lo antes mencionado, y de acuerdo a la Pontificia Universidad Católica de Chile (UC Chile, 2024) el tallo aparece cuando la planta desarrolla la quinta hoja y su crecimiento es notorio debido a la elongación de los entrenudos. Así mismo, durante la etapa V8, es posible apreciar el extremo apical del tallo, así como inicios de la panoja y dependiendo de la precocidad pueden alcanzar 12 y hasta 24 nudos aéreos.

Contrariamente a las demás especies de poaceas, el maíz posee un tallo macizo conformado por las siguientes estructuras:

- **Epidermis:** Es una capa impermeable y transparente que protege al tallo contra el ataque de insectos y enfermedades.
- **Pared:** Es una capa leñosa, dura y maciza que corresponde a un conjunto de haces vasculares por donde circulan las sustancias alimenticias.
- **Medula:** Es un tejido blando y esponjoso que llena la parte central del tallo, en ella se almacenan las reservas alimenticias.



Figura 2.1 Tallo de planta de maíz

A partir de los subnudos, se pueden generar tallos secundarios o hijuelos, los cuales no presentan un gran crecimiento. Así mismo, dependiendo del cultivar, cada planta es capaz de producir desde cero hasta dos hijuelos, lo cual se determina a partir de las etapas V5 o V6.

2.2.3 Hojas

De acuerdo al CONAHCYT (2019) las hojas de la planta de maíz se caracterizan por encontrarse abrazadas al tallo, ser largas, lanceoladas, con extremos afilados, alternas, de gran tamaño y paralelinervias, además se encuentran abrazadas al tallo y por esa razón no presentan vellosidades. Cabe mencionar que este órgano es de suma importancia debido a que es fotosintéticamente activo y sus funciones cambian dependiendo de su ubicación. Las hojas que se desarrollan bajo la mazorca, contribuyen al crecimiento de la planta, mientras que las hojas superiores al jilote, contribuyen al crecimiento y llenado de grano (UC Chile, 2024).

De acuerdo a la UC Chile (2024), la planta desarrolla de siete a ocho brotes de mazorca cuando tiene 10 hojas, los cuales pueden visualizarse si se desprenden las hojas; pese a ese potencial productivo, a las 12 o 14 hojas, se determina el potencial de granos en cada mazorca. Cabe resaltar, que el número de hojas varía dependiendo de la variedad, oscilando entre 12 y 24 hojas, las cuales están compuestas por vaina, lámina y lígula. La vaina envuelve al tallo y se origina a partir de un nudo, en cuanto a la lámina, esta se origina de la vaina, posee una vena central y un conjunto de venas paralelas a estas; por último, la lígula es una lengüeta membranosa y transparente que se sitúa en la parte terminal de la vaina, justo donde comienza la lámina (Figura 2.2).

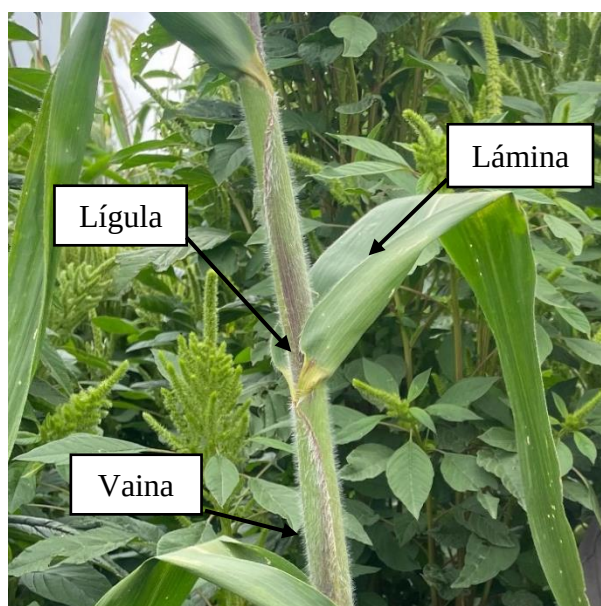


Figura 2.2 Componentes de una hoja de maíz

2.2.4 Inflorescencia

La planta posee inflorescencias monoicas; es decir, dentro de la misma planta hay inflorescencias masculinas y femeninas (CONAHCYT, 2019).

- **Inflorescencia masculina o panoja:** Es impulsada por los internudos y visible entre las últimas hojas de la planta 7 o 10 días antes de la aparición de los estilos en la inflorescencia femenina. Se compone por un eje central, que corresponde a una prolongación del tallo de la planta; en los tercios superiores de dicho eje se desarrolla una espiga, bajo la cual se originan varias ramas finas de aspecto plumoso que corresponden a las espigas laterales y que a su vez, están formadas por espiguillas (Figura 2.3), las cuales se producen en pares siendo una pedicelada y otra sésil (UC Chile, 2024)



Figura 2.3 Componentes de la inflorescencia masculina

Cada espiguilla, a su vez, produce dos flores, las que presentan tres estambres largamente filamentados y un pistilo; este último normalmente degenera, permitiendo que las flores sean funcionalmente masculinas. Rodeando las dos flores contenidas en cada espiguilla, se presentan dos glumas; al interior de ellas, cada flor se presenta encerrada entre dos estructuras: la lemma o glumela inferior, ubicada de forma adyacente a una de las glumas y la palea o glumea superior, que se sitúa entre las dos flores. La estructura que comprende la lemma, la palea y la flor se denomina antecio, existiendo dos antecios en cada espiguilla (UC Chile, 2024).

- **Inflorescencia femenina o jilote:** Su eje también es conocido como raquis, es grueso, de forma cilíndrica, y la flor que es el jilote, está cubierta de brácteas u hojas envolventes que en México, son conocidas como totomoxtle.

Cada planta produce siete u ocho brotes de mazorca, aunque por lo general, solo uno llega a desarrollarse de acuerdo a las condiciones de luminosidad, humedad o concentración de nutrientes, llegando a expresar una segunda mazorca productiva, mientras que el resto solo alcanzan un estado rudimentario.

En la mazorca apical, el número de óvulos se determina 15 o 20 días antes de la emisión de estilos, los cuales para ese momento deberían tener una longitud de 1 a 2 cm, así pues, cabe mencionar que cada mazorca poseerá una cantidad de granos que puede oscilar entre los 500 y 1000, así como una cantidad de hileras que oscile entre 16 y 20, con 30 o 50 óvulos.

La inflorescencia femenina está formada por espiguillas, las cuales se ubican en forma individual en cada una de las cavidades de la coronta; cada espiguilla, a su vez, contiene dos flores, de las cuales solo una logra emitir su estilo; la otra aborta, originándose, por lo tanto, un solo grano por cavidad. Cada flor funcional tiene un ovario simple, el cual genera un estilo que se elonga y emerge a través de las brácteas en el extremo superior de la mazorca; los estilos originados por cada flor femenina, conforman una característica cabellera en forma de mazorca (UC Chile, 2024).

2.2.5 Grano

El grano es una cariósida de forma aplastada que es envuelta por el pericarpio que constituye alrededor de 5 a 6% del peso total del grano y que se sitúa por sobre la testa de la semilla. Esta última, está conformada internamente por el endospermo y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleotipo y cotiledón. Su alto contenido en carbohidratos y proteínas lo hacen ideal para todos los días (SIAP, 2023).

2.3 Crecimiento y desarrollo del maíz

2.3.1 Etapa vegetativa

- **Emergencia (VE):** Ocurre cuando las primeras hojas llamadas coleótilos aparecen sobre la superficie del suelo, así como la radícula, la cual emerge cerca de la punta del grano; y para que esto ocurra, la semilla debe absorber oxígeno y un aproximado del 30% de su peso en agua.

El coleóptilo emerge del lado del embrión del grano y es empujado hacia la superficie del suelo por elongación del mesocótilo. El mesocótilo encierra las hojas de la plúmula, el cual se abre a medida que esta estructura se acerca a la superficie del suelo.

- **Primera hoja (V1):** La punta de la primera hoja en maíz es redonda y a partir de ese momento hasta la floración (R1), los estadios vegetativos son definidos por la hoja con lígula visible localizada en la parte superior de la planta.
- **Segunda hoja (V2):** En esta etapa, las raíces nodales comienzan a emerger de por debajo del suelo. Así mismo, las raíces seminales comienzan a senescer y la probabilidad de que las heladas dañen a las plántulas es baja, a excepción de condiciones de frío extremo o siembras poco profundas.
- **Cuarta hoja (V4):** En esta etapa, las raíces nodales ya son dominantes y ocupan un mayor volumen en el suelo a comparación de las raíces seminales y las hojas aún se desarrollan en el meristemo apical.
- **Sexta hoja (V6):** Para esta etapa, la primera hoja con punta redonda ya habrá senescido y todas sus partes habrían iniciado su crecimiento. Es a partir de este momento hasta la etapa V10, que se determina el número potencial (máximo) de hileras en la mazorca, el cual también es afectado por factores genéticos y ambientales tales como condiciones de estrés hídrico. Adicionalmente, la planta incrementa su altura debido a la elongación del tallo y las raíces nodales son establecidas en los nudos inferiores ubicados bajo la superficie del suelo.
- **Diez hojas (V10):** Durante esta etapa, las raíces adventicias (o de anclaje) comienzan a desarrollarse en los nudos localizados en la parte inferior de la planta y por encima del suelo. Hasta este momento, la tasa de desarrollo foliar es aproximadamente de 2 a 3 días por hoja.
- **Catorce hojas (V14):** Ocurre aproximadamente dos semanas antes de la floración, el crecimiento es relativamente rápido y se caracteriza por la alta sensibilidad a estrés térmico e hídrico.

- **Espigado (VT):** Esta etapa, define el número potencial de granos por hilera, así como el número final de granos y el tamaño potencial de la mazorca. Adicionalmente, la última rama de la espiga es visible en el extremo de la planta y los estigmas en el jilote, pueden o no haber emergido (Kansas State University, 2016).

2.3.2 Etapa de polinización

De acuerdo a la Pontificia Universidad Católica de Chile (UC Chile, 2024), el polen es producido por las inflorescencias masculinas y transportado por el viento, para ser depositado sobre los estilos, los cuales son receptivos a todo su largo y por ser de carácter mucilaginoso (húmedo pegajoso) capturan mejor el polen, el cual después de germinar, penetra al interior a través del tubo polínico hasta alcanzar el ovulo y fecundarlo.

La germinación de un grano de polen ocurre minutos después de entrar en contacto con el estilo, transcurriendo entre 12 y 24 horas. La liberación de polen comienza normalmente en las espiguillas de la mitad superior de la espiga central de la panoja y termina en el extremo apical de las espigas laterales más bajas; en cada planta, la etapa de liberación de polen puede durar entre 7 y 10 días, con un máximo derramamiento de 3 a 4 días después de la antesis en las primeras flores; bajo condiciones favorables, un grano de polen, puede permanecer viable entre 18 y 24 horas.

En una mazorca, los primeros estilos que emergen a través de las brácteas o envolturas son los ubicados en la base. La aparición de los estilos en una planta se inicia entre 1 y 2 días después de que las flores masculinas empiezan a liberar polen. El proceso completo de emisión de estilos en una mazorca suele tardar entre 4 y 5 días, con un crecimiento diario de 2.5 a 3 cm.

Aunque la cantidad de polen generado generalmente es suficiente para fertilizar todos los óvulos, a menudo se presentan fallas en la formación de granos, especialmente en la parte superior de las mazorcas.

Factores como la falta de agua, aspectos genéticos y condiciones ambientales pueden afectar la polinización. En climas secos o cálidos, o ante déficit hídrico, los estilos pueden deshidratarse hasta el punto de perder suficiente humedad para que el polen germine o el tubo polínico crezca adecuadamente.

Además, dentro de un cultivo, las plantas suelen mostrar poca uniformidad en la emisión de estilos, extendiéndose este proceso a lo largo de unos 10 días o más. En este contexto, las mazorcas que inician más tarde la emisión de estilos pueden ver reducida su eficacia de polinización. Durante este periodo, también ocurre el desarrollo completo de las raíces adventicias y el máximo crecimiento del sistema de raíces principal (UC Chile, 2024).

2.3.3 Etapa de llenado de granos y reproductiva

El llenado comienza después de la fecundación y termina una vez que se alcanza la madurez fisiológica. El llenado atraviesa las siguientes etapas:

- **Floración R1:** Ocurre cuando los estigmas asociados a granos potenciales, son visibles fuera de las hojas que cubren el jilote (brácteas); así mismo, permanecen activos hasta que el polen caiga fertilizando al ovulo, el cual genera un nuevo embrión, dando lugar a un número potencial de granos, después de haber alcanzado su máxima altura (Kansas State University, 2016).
- **Estado de ampolla:** Ocurre entre 3 y 4 días después de la fecundación de los primeros óvulos, razón por la cual es posible apreciar granos iniciando su crecimiento. Al término del estado de ampolla, habrá un cambio de coloración y un contenido de humedad del 85%; estos cambios se deben a la acumulación progresiva de almidón, el cual comienza a formarse en las dos semanas posteriores a la fecundación (UC Chile, 2024). Adicionalmente a lo antes mencionado, los estigmas se oscurecen y secan pasando 12 días desde la floración, los granos contienen un fluido claro y debido a que la división celular está completa, comienza el llenado de grano (Kansas State University, 2016).

- **Estado lechoso:** Durante este estado, el fluido interno de los granos es de color blanco lechoso, presentando un contenido de humedad que oscila entre 71 y 74%, al mismo tiempo que alcanzan su coloración final.
- **Estado de masa blanda (R4):** El fluido interno de la semilla, alcanza una consistencia pastosa de 26 a 30 días después de la floración (Kansas State University, 2016) debido a la acumulación de almidón en el endospermo, acumulando cerca de la mitad de su peso seco y un 60% de humedad.
- **Estado dentado o de masa dura (R5):** Durante este estado, la mayoría de los granos se comienzan a secar, muestran hendiduras en la parte apical, alcanzan una humedad del 55% y presentan la denominada línea de leche, que marca la transición de almidón duro y sólido; a medida que avanza la madurez, desaparece cuando esta se alcanza por completo.
- **Estado de madurez fisiológica (R6):** La madurez fisiológica, se alcanza cuando los granos han acumulado la mayor cantidad de materia seca posible, asegurando un rendimiento óptimo. La capa de almidón llega hasta el punto de unión entre el grano y coronta, lo que provoca la desaparición de la línea de leche y detiene el crecimiento. Para este punto, el contenido de humedad promedio es de 37% y en el área en donde se inserta el grano en la coronta, se puede observar un punto negro (UC Chile, 2024).

2.4 Caracterización agro-morfológica

La caracterización agro-morfológica, es el proceso de medir y conocer la variabilidad de una población vegetal, a fin de diferenciar taxonómicamente las plantas. Fuentes (2008), agrupa los caracteres o descriptores de maíz de acuerdo a las diferentes fases del cultivo, que son vegetativa, reproductiva y cosecha, la cual determina los componentes de rendimiento.

2.4.1 Tipos de expresión

Para el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, SNICS (2022) los caracteres se expresan en tres tipos:

- **Cualitativos (QL):** Estos caracteres, se expresan en niveles discontinuos, se explican por sí mismos, poseen un significado independiente y son influenciados por el medio ambiente; siendo el color de grano, forma de grano, tipo de mazorca, color de espiga, color de bráctea, posición de la mazorca y tipo de planta (compacta o extendida), algunos de los caracteres que se expresan de forma cualitativa.
- **Cuantitativos (QN):** La expresión puede inscribirse en una escala unidimensional lineal, continua o discontinua. Por lo tanto, puede dividirse en varios niveles según la finalidad de la expresión, que es proporcionar una distribución equilibrada. Algunos de los caracteres son: altura de planta, altura de inserción de mazorca, longitud de mazorca, número de hileras con grano por mazorca, número de granos por hilera, peso de 100 granos, número de mazorcas por planta, índice de área foliar, rendimiento de grano por hectárea, días a floración masculina y femenina, peso de mazorca y tasa de crecimiento.
- **Pseudocualitativos (PQ):** Son continuos, varían en más de una dimensión y no pueden describirse adecuadamente. Cada nivel de expresión tiene que ser determinado para describir adecuadamente la gama del carácter y algunos de estos ejemplos, son: textura de grano, coloración de tallo, curvatura de mazorca, pubescencia de hoja, posición de la hoja, color de estigma, forma de grano, compactación de mazorca, angulación de hoja y porte de la planta.

2.4.2 Tipos de observación

- **MG:** Medición única de un grupo de plantas o partes de plantas.
- **MS:** Medición de varias plantas o partes de plantas individuales.
- **VS:** Evaluación visual de un grupo de plantas o partes de plantas individuales.
- **VG:** Evaluación visual mediante una única observación de un grupo de plantas o partes de plantas (SNICS, 2022).

2.4.3 Caracterización de la fase vegetativa

De acuerdo a Fuentes (2008), la medición de las plantas se realiza de forma manual, desde la base de la planta hasta la base del pedúnculo, y debe llevarse a cabo después de la floración masculina, momento en el cual la planta ha alcanzado un desarrollo estructural completo. Por su parte, el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas SNICS (2022), establece que a altura de la planta, debe medirse desde la superficie del suelo hasta el ápice de la espiga en 40 plantas, usando como herramienta un estadal para registrar la altura en centímetros.

Respecto al registro de hojas, se recomienda marcar con pintura, listón la quinta hoja y posteriormente la décima cuando esta aparezca, para tener un referente al momento de registrar el número total de hojas expuestas al momento de floración. En cuanto al número de hojas situadas arriba y abajo de la mazorca, estas deben contabilizarse al momento de la antesis, considerando las hojas arriba de mazorca (incluyendo la hoja de inserción) presentes al momento de floración, así como las situadas abajo de la mazorca. A partir de estas observaciones, se obtiene un promedio general por variedad evaluada (SNICS, 2022).

2.4.4 Caracterización de fase reproductiva

De acuerdo a Semillas Valle (2022), la caracterización de la fase reproductiva de la planta de maíz, se realiza a partir de la aparición de las anteras en las espiguillas de la flor masculina, que también es conocida como espiga. Fuentes (2008), menciona las variables que se miden en esta fase son: días a floración masculina, días a floración femenina, asincronía floral, altura de mazorca, determinación de prolificidad y adicionalmente la longitud de espiga.

Se considera que la planta se encuentra en floración cuando el 50% de las espigas entre un grupo de muestras, se encuentran con las anteras expuestas y liberando polen. En el caso de las flores femeninas, estas deben presentar sus estigmas (cabellitos) expuestos y receptivos (con un cm de longitud) en cada flor femenina o jilote (SNICS, 2022).

La forma correcta de tomar la altura de la mazorca, que es la longitud desde la base del tallo hasta el nudo en que se inserta la mazorca, es con la ayuda de un estadal, el cual se coloca paralelo al tallo y permite obtener una medida más precisa.

Así mismo, Fuentes (2008) menciona la metodología para determinar el porcentaje de prolificidad, que consiste en contar aquellas plantas que tengan más de una mazorca, las cuales se convierten en porcentaje en relación con la población en general por repetición.

De acuerdo a SNICS (2022), los días a floración masculina, son la cantidad de días que requiere la planta a partir de la siembra, para el apareamiento del polen en la espiga. El proceso de floración masculina, se desarrolla en diferentes fases, inicialmente se observa la hoja bandera, posteriormente a ello aparecen las espigas que conforme avanzan los días comienzan a madurar hasta lograr la producción de polen, el cual es un polvillo fino que cae desde los estambres ubicados en las espigas, hasta los estigmas. Dependiendo de la variedad, el proceso de polinización puede variar, prolongándose hasta 10 días.

En cuanto a la floración femenina, son los días después de la siembra, que la planta necesita para la producción de la flor femenina, la cual es fertilizada con el polen, dando lugar al crecimiento y desarrollo del grano.

La altura de la mazorca, se mide desde la base del suelo, hasta la base de la mazorca, en muchos casos esta se encuentra arriba de la mitad de altura de planta, lo que puede provocar el acame (SNICS, 2022).

SNICS (2022) menciona que la longitud total de espiga, se toma en el eje central desde la base del pedúnculo hasta el ápice de la espiga y se mide en cm. Mientras que Rocandio-Rodríguez. M., *et al* (2014) indica que la longitud de espiga, debe registrarse en cm, y tomarse desde el nudo superior hasta la punta.

2.4.5 Determinación de los componentes del rendimiento

Debido a que el rendimiento del maíz es determinado por el número de granos, las hileras o carreras son de suma importancia y por esa razón es necesario contarlas, así como la cantidad de granos por hileras (en hileras regulares) y el peso de 100 semillas desgranadas de la parte media de las mazorcas, lo cual puede contribuir a identificar las variedades de maíz más productivas. Otro factor determinante en el rendimiento, es la longitud y el diámetro de la mazorca debido a que está relacionada directamente con el número de granos, lo cual podría contribuir a ajustar prácticas de cultivo como densidad de siembra; este carácter se mide con una regla graduada desde la base hasta la punta expresando el resultado en cm (Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010).

Para determinar el largo, ancho y espesor del grano, que se escoge en una hilera, a la cual se le desgrana la punta y la base, de tal forma que solo queden 10 granos adheridos al olote, para después medir el espesor usando una regla. Estos mismo, se desgranar y colocan de forma horizontal y vertical sobre una regla graduada a fin de medir la longitud y promediar el ancho y largo de los granos de maíz (SNICS, 2022).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción del proyecto

El experimento se estableció en los módulos de generación, validación y transferencia tecnológica del paraje “La Capulinera” en el ejido de Ciudad Serdán y del área de campo del ITSCS. La siembra se hizo de forma manual con pala y se depositaron de dos a tres semillas por golpe a una distancia aproximada de 50 cm. La fertilización se realizó con la formula 135N-50P-50K, la cual se dividió en 2 aplicaciones: la mitad del N, todo el P y K en la primera labor, mientras que el resto del N en la segunda labor. La evaluación de las variedades se realizó en condiciones de temporal durante todo el ciclo del cultivo.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con cinco tratamientos o unidades experimentales (variedades de maíz de polinización libre: 1) Maíz Libres Blanco, 2) Maíz Nopalucan Ultraprecoz, Maíz Sintético LHM Azul y Maíz Rojo; Maíz Híbrido Estratus variedad de maíz comercial como testigo) con tres repeticiones, las cuales fueron seleccionadas al azar entre los surcos y consistieron en 10 metros lineales de surco, las cuales fueron medidos con ayuda de una cinta métrica y marcadas con sus respectivas etiquetas distintivas, tal como se muestra en la Figura 3.1



Figura 3.1 Selección de repeticiones

Las unidades de evaluación consistieron en surcos de 90 m de largo y 0.7 m de ancho que varían en cantidad según la variedad de maíz establecido a fin de caracterizar morfológicamente las distintas variedades de maíz establecidas. Las tablas 3.1 y 3.2 muestran a detalle la cantidad de surcos por cada variedad de maíz (tratamiento) en los dos módulos de validación y transferencia tecnológica; así como su posición, ubicación de repeticiones y número de plantas por repetición.

Tabla 3.1 Registro de datos para "La Capulinera"

Surcos	Variedad	Repetición	N° plantas
10	Rojo	R1-Surco 3	26
		R2-Surco 5	38
		R3-Surco 7	33
40	Libres Blanco	R1-Surco 10	21
		R2-Surco 20	31
		R3-Surco 30	28
13	Nopalucan Ultraprecoz	R1-Surco 4	33
		R2-Surco 7	43
		R3-Surco 10	20
15	Hibrido Estratus	R1-Surco 4	20
		R2-Surco 8	25
		R3-Surco 12	30
15	Sintético LHHA Azul	R1-Surco 3	40
		R2-Surco 6	37
		R3-Surco 9	32

Tabla 3.2 Registro de datos área de campo del ITSCS

Surcos	Variedad	Repetición	N° plantas
10	Libres Blanco	R1-Surco 3	33
		R2-Surco 5	31
		R3-Surco 8	32
8	Nopalucan Ultraprecoz	R1-Surco 3	18
		R2-Surco 5	36
		R3-Surco 6	24
8	Hibrido Estratus	R1-Surco 4	26
		R2-Surco 5	33
		R3-Surco 6	23
10	Sintético LHHA Azul	R1-Surco 3	22
		R2-Surco 5	32
		R3-Surco 6	35
10	Maíz Rojo	R1-Surco 4	29
		R2-Surco 5	25
		R3-Surco 8	27

Sumado a lo anterior, se determinaron las variables a medir a fin de cumplir con los objetivos establecidos, las cuales fueron divididas en tres grupos acorde al cronograma de actividades:

- Caracteres medidos en la fase vegetativa: Número de hojas totales, número de hojas arriba de la mazorca, número de hojas debajo de la mazorca, altura a hoja bandera y altura total de la planta.
- Caracteres medidos en la fase reproductiva: Días a floración masculina, días a floración femenina, asincronía floral, altura de mazorca, índice de prolificidad y longitud de espiga.
- Caracteres medidos en la determinación de componentes de rendimiento: Numero de hileras por mazorca (carreras), granos por hilera, diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca, espesor de grano, longitud de grano, ancho de grano, peso de cien semillas, peso de mazorca, peso de olote, diámetro de olote y peso de semilla desgranada.

3.2 Registro de datos de floración

Para determinar los días al 50% de floración masculina y femenina, los datos se registraron dos veces por semana (lunes y jueves), comenzando el lunes 12 de agosto de 2024 y durante un periodo de cuatro semanas, como se detalla en las tablas de los Anexos 1 y 2. Las primeras variables medidas fueron los días a floración masculina y femenina, mediante el conteo del total de plantas por muestra en las cuatro variedades de maíz de polinización libre y el híbrido comercial.

Para la floración masculina, se contabilizó y registró el número de espigas con anteras expuestas que liberaron polen tal como se muestra en la Figura 3.2; se dejó de realizar el conteo una vez que el 50% de las plantas alcanzaron la floración. En el caso de la floración femenina, se registró el número de plantas con estigmas (cabellitos) expuestos y receptivos (de al menos 1 cm de longitud), deteniéndose el registro cuando el 50% de las plantas llegaron a la floración femenina.



Figura 3.2 Floración del maíz

Al alcanzarse el 50% de la floración tanto masculina como femenina, se calculó la precocidad en relación con la fecha de siembra: 30 de abril del 2024 en el módulo de “La Capulinera” y 8 de mayo del 2024 en el módulo del ITSCS, con una resiembra realizada el 17 de mayo del mismo año en “La Capulinera”. La precocidad se determinó contando los días transcurridos desde la siembra hasta la floración media de cada variedad. Para obtener la asincronía floral, se obtuvo la diferencia de los días a floración femenina, menos los días a floración masculina.

3.3 Registro de caracteres vegetativos y reproductivos

De igual manera, en los dos módulos de investigación, se seleccionaron 10 plantas al azar (sujetos de estudio) en cada repetición, a las cuales se les quitó la espiga justo después de haber soltado todo el polen (desde la base del pedúnculo), con el fin de diferenciarlas del resto, medirla por separado (con un flexómetro Figura 3.3) y medir la altura con ayuda de un estadal. La medida que se tomó, fue la longitud desde la base del tallo (a nivel del suelo) hasta la base del pedúnculo de la espiga tal como se muestra en la Figura 4.4, en donde se aprecia claramente que la medida fue tomada hasta la hoja bandera, posteriormente se registraron y promediaron los valores obtenidos.

Para obtener la altura total de la planta, se sumó la altura a hoja bandera más la longitud de espiga.



Figura 3.3 Medición de longitud de espiga

También, se midió la altura de la mazorca, desde la base del tallo hasta la base de la mazorca (Figura 3.4), que es el punto donde esta se inserta. En plantas con dos o más mazorcas, se tomó como referencia la mazorca superior. La medición se realizó con un estadal colocado paralelo al tallo, lo que permitió obtener una lectura más precisa.



Figura 3.4 Medición de altura de planta y mazorca con el uso de un estadal

En las mismas plantas seleccionadas se contabilizó el número total de hojas por planta, para lo cual se contaron primero las hojas inferiores que son las primeras en

emerger y que se encuentran por debajo de la mazorca (incluyendo la del lugar de inserción); posteriormente, se contabilizaron las hojas superiores que son las últimas en emerger y que, además, se encuentran sobre el nivel de la mazorca. Los datos de hojas abajo y arriba fueron registrados por separado, para obtener el número total de hojas en la planta, se sumaron y promediaron.

Posteriormente, se determinó prolificidad en cada repetición; la metodología consistió en contar aquellas plantas con más de una mazorca, teniendo en cuenta que se considera como mazorca cuando posee cuando menos, un grano de maíz viable (Figura 3.5) y el resultado se expresó en porcentaje en función del número total de plantas.



Figura 3.5 Determinación de prolificidad

3.4 Determinación de componentes de rendimiento

Para recolectar las muestras de mazorcas, se realizó una visita a los módulos de generación, validación y transferencia tecnológica; se usaron 10 costales los cuales fueron rotulados previamente con el nombre de la variedad de maíz y la parcela de donde fue recolectada la muestra (ITSCS, La Capulinera), así como 3 bolsas transparentes de plástico por cada variedad de maíz, las cuales fueron rotuladas según el número de repetición, variedad de maíz y modulo (Figura 3.6).



Figura 3.6 Rotulación de muestras

Se recolectaron diez muestras de mazorca por cada repetición en cada variedad de los dos módulos de generación, validación y transferencia tecnológica. Las muestras fueron recolectadas de aquellas plantas a las que se retiró la espiga, y con ayuda de unas tijeras de poda, se cortaron las mazorcas desde la base del pedúnculo (Figura 3.7) sin retirar hojas, para posteriormente ser numeradas (según el número de muestra) con un pedazo de cinta masking rotulado y depositadas en su respectiva bolsa y costal.



Figura 3.7 Muestreo de mazorcas

Para su secado, se recurrió a una técnica ancestral usada por los adultos mayores, que consistió en colgar mazorcas. Para ello, se buscó un espacio abierto, libre de humedad y con ventilación, para colocar un tendedero de alambre y colgar las mazorcas, a las cuales se les retiró su envoltura (totomoxtle) y estigmas (cabellitos), dejando unas cuantas hojas para poder colgarlas y sus respectivas etiquetas de numeración. Las mazorcas fueron agrupadas en racimos por variedad, y se colocaron en dos tendederos a fin de evitar cualquier confusión, tal como se muestra en la Figura 3.8, en donde también se observa su respectiva etiqueta distintiva.

Las muestras fueron colocadas por una semana, hasta eliminar cualquier rastro de humedad.



Figura 3.8 Colgado de mazorcas

Para obtener valores de mazorcas, se midió el número de hileras o carreras por muestra de mazorca, las cuales son 10 por cada repetición; el proceso fue sencillo y se basó en observar las hileras en la parte media o en algún punto en donde se pudiesen distinguir correctamente y se seleccionó una carrera de granos como punto de referencia, para evitar cualquier confusión. Se contabilizó cada fila con granos y los datos se registraron en tablas como la del Anexo 3.

De igual forma, se contabilizaron los granos por hilera de cada mazorca, para lo cual se observó y buscó una fila completa de granos; es decir, una hilera que estuviese completa desde la base hasta la punta, sin interrupción alguna, la cual no necesariamente tenía que ser recta o perfecta, simplemente continua.

Con ayuda de un vernier digital, se midió el ancho de la mazorca, considerando como medida la zona con mayor grosor de la mazorca, tal como se muestra en la Figura 3.9. De igual forma, se midió la longitud de las diferentes muestras de mazorca con ayuda de un flexómetro, para ello, se colocaron sobre una superficie rectangular y plana, de tal modo que esta funcionara como escuadra (Figura 3.9), a fin de obtener una medición más precisa.



Figura 3.9 Medición de largo y ancho de mazorca

Posteriormente, se desgranó la punta y la base de las mazorcas, a fin de conservar las semillas planas, las cuales fueron desgranadas dejando únicamente 10 semillas pegadas al olote, sin perder datos importantes como lo son el número de muestra, repetición a la que pertenece, variedad de maíz y módulo de donde fue extraído. Cabe mencionar, que las semillas desgranadas de las distintas muestras, fueron depositadas en 2 bolsas de plástico, separando granos planos de bola, para posteriormente seleccionar 100 semillas planas, las cuales fueron pesadas en una balanza electrónica tipo YP-2003 con capacidad de 200 g y sensibilidad de 0.001 g, tal como se muestra en la Figura 3.10. Para realizar la medición de peso correctamente, se usó una charola pequeña de aluminio, la cual fue colocada sobre la bandeja de la balanza y posteriormente tarada, para obtener únicamente el peso de las semillas (Figura 3.10).



Figura 3.10 Peso de 100 semillas de maíz

Con un Calibrador Vernier Digital con un rango de medición de 0-150mm y una resolución de 0.01mm, se midió el diámetro de los olotes (en la parte media inferior) y el espesor de las 10 semillas adheridas al olote (Figura 3.10) en cada una de las muestras en sus respectivas repeticiones y variedades, posteriormente, se desgranaron las semillas y fueron acomodadas a lo largo y ancho sobre una superficie plana para medir de la forma más precisa posible y solo en algunos casos, fue necesario utilizar una regla graduada, debido a que el vernier digital solo mide hasta 150mm (Figura 3.11).

Posteriormente de haber sido medidas las semillas, fueron depositadas en sus respectivas bolsas con muestras de semilla plana.



Figura 3.11 Medición de espesor, largo y ancho de granos de maíz

Por último, se pesó por separado cada parte de la mazorca (semillas planas, bolas grandes, bolas chicas y olote; véase Figura 3.12), considerando que algunas muestras que superaban la capacidad de peso de la balanza electrónica YP-2003 (200 g). Los datos se registraron en tablas como las del Anexo 3, incluyendo el número de muestra, variedad, módulo y repetición correspondiente.

Para obtener el peso de la mazorca, se sumaron los valores de semillas planas, bolas grandes, bolas chicas y olote. De manera similar, el peso de la semilla desgranada por mazorca, se obtuvo sumando los valores de las semillas planas, bolas chicas y bolas grandes.



Figura 3.12 Peso de olote y semilla desgranada

3.5 Pruebas estadísticas

La información recabada, fue cargada a hojas de cálculo de Excel versión 2301 y después al programa estadístico de Minitab, para someterse a un análisis de datos y determinar que variedades de maíz poseen mayor índice de precocidad y mejores rendimientos.

Para dicha actividad, se planteó un diseño experimental en donde las diferentes variedades de maíz, no fueron tratadas propiamente como bloques, sino que en su defecto como tratamientos debido a la uniformidad del material experimental y a que los tratamientos pueden repetirse en más de una ocasión. Dado el caso anterior, el modelo estadístico lineal dado, fue el siguiente:

$$Y_{ij}: \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : j – ésima observacion que se hizo en el tratamiento i

μ : Media global

τ_i : Efecto debido al tratamiento

ε_{ij} : Error atribuible a la medicion

$\varepsilon_{ij} \sim NI(0, \sigma^2)$ Donde la distribución de los errores es Normal e Independiente con media cero y varianza sigma cuadrada

Hipótesis:

$$H_0: \mu_i = \mu_j = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algun } i \neq j$$

Posteriormente, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA, para evaluar los diferentes caracteres en las diferentes variedades de maíz, así como comparación de medias con el método de Tukey y determinación de variables útiles con las correlaciones de Pearson.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El diseño de experimentos fue completamente al azar, porque se compararon cinco variedades de maíz, con tres repeticiones y dos fuentes de variabilidad: variedad de maíz y error aleatorio.

Se utilizó un análisis de varianza ANOVA, para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas en los diferentes caracteres agronómicos y morfológicos en las fases vegetativa, reproductiva y de cosecha, a fin de determinar los componentes de rendimiento y aquellas variedades con mayor índice de precocidad.

4.1 Tablas de caracteres

4.1.1 Caracteres de la etapa vegetativa

Tabla 4.1 Medias de caracteres de la etapa vegetativa en variedades de maíz

Caracter	Variedades de maíz				
	I	II	III	IV	V
HT (número)	14	14	12	12	14
HAb (número)	8	8	7	7	8
HAr (número)	5	5	6	5	5
AHB(m)	2.120	1.871	1.521	1.768	1.818
ATP (m)	2.562	2.286	1.979	2.160	2.228

HT: Número de hojas totales; Hab: Número de hojas debajo del jilote; HAr: Número de hojas arriba del jilote; AHB: Altura a hoja bandera; ATP: Altura total de planta. Variedades de maíz: Libres Blanco (1), Nopalucan Ultraprecoz (2), Híbrido Estratus (3), Sintético LHM Azul (4) Y Rojo (5).

4.1.2 Caracteres de la etapa reproductiva

Tabla 4.2 Medias de caracteres de la etapa reproductiva en variedades de maíz

Caracter	Variedades de maíz				
	I	II	III	IV	V
DFM (días)	110	98	111	99	107
DFF (días)	119	107	116	108	114
ADM (m)	1.24	1.24	0.87	1.12	1.44
ANF (días)	9	9	5	9	7
PDP (%)	13%	13%	17%	25%	17%
LDE (cm)	44.283	41.533	45.750	39.200	41.033

DFM: Días a floración masculina; DFF: Días a floración femenina; ADM: Altura de mazorca; ANF: Asincronía floral; PDP: Porcentaje de prolificidad, LDE: Longitud de espiga. Variedades de maíz: Libres Blanco (1), Nopalucan Ultraprecoz (2), Híbrido Estratus (3), Sintético LHM Azul (4) Y Rojo (5).

4.1.3 Componentes de rendimiento

Tabla 4.3 Medias de caracteres de componentes de rendimiento en variedades de maíz

Caracter	Variedades de maíz				
	I	II	III	IV	V
NDH (numero)	14	13	14	15	14
GPH (numero)	25	24	28	22	26
DDM (mm)	48.349	43.721	44.378	43.310	47.744
LDM (cm)	14.908	13.428	16.145	11.443	15.860
EDG (mm)	4.300	4.408	4.452	4.445	4.719
LDG (mm)	14.017	13.663	11.306	12.654	12.680
ADG (mm)	7.843	7.976	7.781	7.774	8.100
PDCS (g)	30.972	31.553	24.929	24.812	27.910
PDM (g)	122.535	101.019	104.946	79.332	107.098
PDO (g)	15.439	11.570	20.429	9.600	17.488
DDO (mm)	26.3	21.3	26.0	21.0	27.1
PDS (g)	107.097	89.448	84.517	69.731	89.610

NDH: Número de hileras; GPH: Granos por hileras; DDM: Diámetro de mazorca; LDM: Longitud de mazorca; EDG: Espesor de grano; LDG: Longitud de grano; ADG: Ancho de grano; PDCS: Peso de cien semillas; PDM: Peso de mazorca; PDO: Peso de olote; DDO: Diámetro de olote; PDS: Peso de semilla. Variedades de Maíz: Libres Blanco (1), Nopalucan Ultraprecoz (2), Híbrido Estratus (3), Sintético LHM Azul (4) Y Rojo (5).

4.1.4 Comparación visual de mazorcas

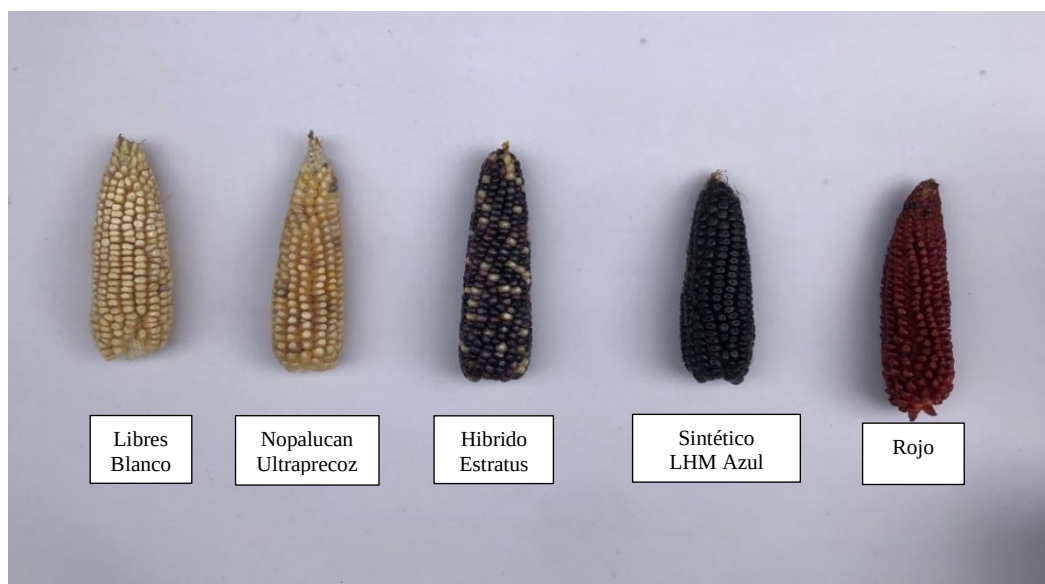


Figura 4.1 Mazorcas del Módulo de generación validación y transferencia tecnológica del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán



Figura 4.2 Mazorcas del Módulo de generación validación y transferencia tecnológica “La Capulinera”

4.2 Análisis de datos obtenidos

4.2.1 Variables por variedad de maíz

El Análisis de Varianza (ANOVA) (Tabla 4.4), arroja diferencias significativas entre las variedades de maíz medidas.

Tabla 4.4 Análisis de varianza de variables por variedad de maíz

Variedad	Hojas totales		Longitud de espiga		Hojas abajo		Asincronía floral		Altura de mazorca	
	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo
Libres Blanco	13.467	A	44.300	A B	8.417	A	9.000	A	1.236	A B
Nopalucan Ultraprecoz	12.633	A B	41.500	A B	7.917	A	9.000	A	1.245	A B
Hibrido Estratus	12.250	B	45.800	A	6.75	B	5.000	B	0.866	B
Azul Sintético LHA	11.933	B	39.200	B	7.467	A B	9.000	A	1.123	A B
Rojo	13.450	A	41.000	A B	8.133	A	7.170	A B	1.442	A

Variedad	Diámetro de mazorca		Longitud de mazorca		Peso de 100 semillas		Peso de mazorca		Peso de semilla	
	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo
Libres Blanco	48.350	A	14.908	A	30.970	A	122.500	A	107.100	A
Nopalucan Ultraprecoz	43.720	A B	13.428	A B	31.550	A	101.020	A B	89.450	A B
Hibrido Estratus	39.440	B	14.698	A	24.310	B	104.950	A B	75.470	B
Azul Sintético LHA	43.310	A B	11.443	B	24.812	B	79.330	B	69.730	B
Rojo	43.930	A B	14.327	A	28.470	A B	107.100	A B	88.490	A B

Variedad	Altura a hoja bandera		Hojas arriba		Altura de planta		Longitud de grano		Peso de olote	
	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo
Libres Blanco	2.120	A	5.300	A B	2.562	A	14.017	A	15.440	B C
Nopalucan Ultraprecoz	1.871	B	4.717	B C	2.286	B	13.663	A	11.570	C D
Hibrido Estratus	1.521	C	5.550	A	1.979	C	9.957	C	20.429	A
Azul Sintético LHA	1.768	B	4.583	C	2.160	B C	12.654	A B	9.600	D
Rojo	1.818	B	5.383	A	2.228	B	12.012	B	17.488	A B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El análisis de varianza de las variables, permitió identificar relaciones o diferencias entre variedades de maíz:

El maíz Libres Blanco, es una variedad que se distingue por poseer el mayor número de hojas totales, así como la mayor altura a hoja bandera y las plantas de mayor altura, lo cual se debe a las numerosas hojas debajo de la mazorca, lo que puede contribuir a un elevado consumo energético reflejado en las floraciones masculinas y femeninas, que son tardías. A diferencia de las demás variedades, posee las mazorcas de mayor diámetro, de mayor longitud, de mayor peso, el grano de mejor volumen y mejor rendimiento de acuerdo al muestreo realizado y a los análisis estadísticos.

El maíz Nopalucan Ultraprecoz no solo destaca por ser una variedad temprana en floración masculina y femenina, sino que también, por su baja asincronía floral, aspectos que son valiosos en zonas donde la temporada de lluvias se retrasa, o hay riesgo de heladas. Además, posee el grano de mejor calidad, y olotes de menor peso, lo cual puede ser una ventaja si se busca eficiencia en la relación grano/mazorca.

Por su parte, el maíz Híbrido Estratus, es un maíz con plantas de baja altura, debido a que posee pocas hojas abajo de la mazorca. Destacó también, por sus numerosas hojas arriba de la mazorca y con espigas de buena longitud, que incidieron de forma positiva y significativa en el número de granos por hilera y en la longitud de mazorca. Del mismo modo, es la variedad de maíz menos precoz, pese a que estadísticamente todas las variedades de maíz poseen el mismo índice de precocidad, la de menor asincronía floral, de menor altura de mazorca y por ende la de menor índice de acame. También se diferencia del resto de variedades, por poseer el menor diámetro de mazorca, la menor longitud de grano, la menor calidad de grano (peso de 100 semillas) y el mayor peso de olate.

La variedad de maíz Azul Sintético LHA mostró un desempeño bajo en la mayoría de las variables medidas, siendo la que presentó el menor número de hojas, las espigas de menor tamaño, el menor peso de semilla, el menor peso y diámetro de olote, así como la menor longitud y peso de mazorca lo cual podría atribuirse a que posee el menor número de hojas arriba las cuales son importantes para los componentes de rendimiento.

De igual forma, es la segunda variedad de maíz más precoz y con menor índice de días a floración femenina. También es la variedad más prolífica pese a que estadísticamente es igual al resto y no hay diferencias significativas.

Finalmente, la variedad de maíz rojo, es la segunda variedad con mayor número de hojas totales, es la segunda variedad con mayor número de hojas arriba, es la planta con mayor altura de mazorca. Así mismo, posee la segunda mejor asincronía floral, el grano más ancho y con mayor espesor pese a que estadísticamente es igual a las demás variedades.

4.2.2 Variables por módulo de validación y transferencia tecnológica

Tabla 4.5 Análisis de varianza de variables por módulo de generación, validación y transferencia tecnológica

Variables	ITSCS		La Capulinera	
	Media	Grupo	Media	Grupo
Días a floración masculina	112.47	A	97.67	B
Días a floración femenina	119.87	A	105.93	B
Peso de cien semillas	25.98	B	30.07	A
Peso de mazorca	91.17	B	114.8	A
Peso de olote	23.44	A	25.2	A
Peso de semilla	76.77	B	95.33	A
Altura de mazorca	1.061	A	1.304	A
Índice de prolificidad	6%	B	28%	A
Carreras	14.587	A	13.52	B
Granos por hilera	23.52	B	25.813	A
Espesor de grano	4.36	A	4.55	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Pese a que se evaluaron diferentes variedades de maíz, existen variaciones entre módulos de generación y validación tecnológica, debido a la variación entre zonas tanto en microclimas, suelo y precipitación. En el Tecnológico de Serdán, las mazorcas tuvieron el mayor número de carreras. En contraste, en el módulo de la Capulinera, las variedades de maíz alcanzaron rápidamente su desarrollo reproductivo. De igual forma, hubo más prolificidad, las plantas alcanzaron una altura superior, hubo más granos por hileras, mazorcas con mayor longitud, granos más espesos y densos, así como mazorcas, olotes y semillas más pesadas.

4.3 Correlaciones en parejas de Pearson

Tabla 4.6 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables hojas totales, hojas abajo, hojas arriba y altura a hoja bandera en cinco variedades de maíz

Variable	Hojas totales		Hojas abajo		Hojas arriba		Altura a hoja bandera	
	Correlación	Valor p	Correlación	Valor p	Correlación	Valor p	Correlación	Valor p
Hab	0.867	0						
HAr	0.308	0.098	-0.108	0.571				
AHB	0.553	0.002	0.706	0	-0.117	0.536		
LDE	0.024	0.901	-0.21	0.266	0.547	0.002	0.084	0.658
ATP	0.486	0.006	0.618	0	-0.161	0.394	0.887	0
DFM	-0.034	0.857	-0.226	0.23	0.225	0.231	-0.165	0.383
DFF	-0.013	0.944	-0.155	0.412	0.158	0.405	-0.051	0.789
ANF	0.083	0.663	0.309	0.097	-0.297	0.111	0.446	0.013
ADM	0.553	0.002	0.537	0.002	-0.054	0.776	0.417	0.022
IDP	0.066	0.728	0.16	0.398	0.015	0.938	-0.034	0.858
NDH	-0.027	0.888	0	0.998	0.038	0.841	0.107	0.574
GPH	0.294	0.115	0.122	0.52	0.505	0.004	0.101	0.595
DDM	0.356	0.053	0.532	0.002	-0.088	0.642	0.67	0
LDM	0.465	0.01	0.233	0.216	0.537	0.002	0.207	0.273
EDG	0.092	0.628	0.039	0.839	-0.072	0.705	-0.131	0.49
ADG	0.195	0.303	0.241	0.2	-0.032	0.867	0.086	0.65
LDG	0.209	0.267	0.512	0.004	-0.399	0.029	0.733	0
PDCS	0.281	0.133	0.365	0.048	-0.001	0.995	0.513	0.004
PDM	0.361	0.05	0.252	0.179	0.388	0.034	0.409	0.025
PDO	0.229	0.224	-0.117	0.539	0.68	0	-0.186	0.324
DDO	0.491	0.006	0.266	0.155	0.405	0.027	-0.037	0.847
PDS	0.377	0.04	0.4	0.028	0.187	0.323	0.618	0

Valor de r: correlación negativa fuerte (-1.00 a -0.70), correlación negativa moderada (-0.69 a -0.30), correlación negativa débil (-0.29 a -0.10), sin correlación o muy débil (-0.09 a 0.09), correlación positiva débil (0.10 a 0.29), correlación positiva moderada (0.30 a 0.69); Valor p: < 0.05 correlación significativa (confianza > 95%), < 0.01 Muy significativa (confianza > 99%), ≥ 0.05 no significativa (no hay evidencia de correlación). Variables: Número de hojas totales (HT), Número de hojas debajo del jilote (HAb), Número de hojas arriba del jilote (HAr), Altura a hoja bandera (AHB), Altura total de planta (ATP), Días a floración masculina (DFM), Días a floración femenina (DFF), Altura de mazorca (ADM), Asincronía floral (ANF), índice de prolificidad (IDP), Longitud de espiga (LDE), Número de hileras (NDH), Granos por hileras (GPH), Diámetro de mazorca (DDM), Longitud de mazorca (LDM), Espesor de grano (EDG), Longitud de grano (LDG), Ancho de grano (ADG), Peso de cien semillas (PDCS), Peso de mazorca (PDM), Peso de olote (PDO), Peso de semilla (PDS), Diámetro de olote (DDO).

El análisis de correlación en parejas de Pearson, permitió identificar relaciones lineales significativas entre distintas variables agronómicas y morfológicas, como se muestra en la Tabla 4.6.

Se observó una fuerte correlación positiva entre el número de hojas totales y el número de hojas abajo ($r=0.867$, $p<0.001$), lo que indica que un mayor número de hojas totales en las plantas, se debe principalmente al número de hojas abajo de la mazorca. Esta relación también se reflejó con la altura de planta ($r=0.486$, $p=0.010$) y con la altura a la hoja bandera ($r=0.553$, $p=0.006$), sugiriendo que plantas con mayor desarrollo foliar tienden a alcanzar mayores alturas.

Por otro lado, el número de hojas abajo, presentó una correlación significativa y positiva con varias características de la planta, incluyendo la altura de planta ($r = 0.618$, $p < 0.001$), la altura de la mazorca ($r = 0.537$, $p = 0.002$) y el diámetro de la mazorca ($r = 0.532$, $p = 0.002$). Esto podría indicar que un mayor desarrollo vegetativo basal favorece también al desarrollo reproductivo, especialmente en cuanto al tamaño de la mazorca.

En el caso de las hojas arriba, se encontraron correlaciones significativas con la longitud de espiga ($r = 0.547$, $p = 0.002$), la longitud de mazorca ($r = 0.537$, $p = 0.002$) y, de forma destacada, con el ancho de grano ($r = 0.867$, $p = 0.006$). Esto sugiere que un mayor número de hojas por encima de la mazorca podría estar asociado con una mejor actividad fotosintética hacia la parte superior de la planta, lo que a su vez favorecería el llenado de grano.

En cuanto a la altura a hoja bandera, la correlación mostrada fue muy fuerte con la altura de planta ($r = 0.887$, $p < 0.001$), lo cual es de esperarse, dado que esta medida es una estimación directa de la altura vegetal. También presentó relación significativa con la altura de la mazorca ($r = 0.417$, $p = 0.022$), lo que puede ser útil como indicador indirecto de esta última en estudios donde se quiera reducir el número de variables medidas.

Tabla 4.7 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de longitud de espiga, altura de planta, días a floración masculina y días a floración femenina en cinco variedades de maíz

Variable	Longitud de espiga		Altura de planta		Días a floración masculina		Días a floración femenina	
	Valor		Valor				Valor	
	Correlación	p	Correlación	p	Correlación	Valor p	Correlación	p
ATP	-0.026	0.892						
DFM	-0.014	0.942	0.058	0.762				
DFF	-0.029	0.879	0.181	0.338	0.965	0		
ANF	-0.05	0.794	0.42	0.021	-0.384	0.036	-0.129	0.497
ADM	-0.268	0.152	0.331	0.074	-0.305	0.101	-0.292	0.118
IDP	0.125	0.511	-0.19	0.314	-0.456	0.011	-0.493	0.006
NDH	0.129	0.497	-0.198	0.294	-0.305	0.101	-0.35	0.058
GPH	0.486	0.007	-0.139	0.464	-0.121	0.523	-0.17	0.37
DDM	-0.078	0.682	0.527	0.003	-0.15	0.429	-0.099	0.603
LDM	0.474	0.008	0.061	0.75	0.063	0.74	0.016	0.935
EDG	-0.152	0.422	-0.225	0.232	-0.12	0.529	-0.193	0.308
ADG	-0.027	0.888	-0.095	0.617	-0.325	0.08	-0.367	0.046
LDG	-0.161	0.394	0.626	0	-0.359	0.051	-0.267	0.154
PDCS	0.203	0.281	0.361	0.05	-0.455	0.011	-0.445	0.014
PDM	0.547	0.002	0.197	0.296	-0.226	0.231	-0.261	0.164
PDO	0.563	0.001	-0.301	0.106	0.153	0.419	0.047	0.804
DDO	0.1	0.599	-0.018	0.925	0.232	0.218	0.244	0.194
PDS	0.398	0.029	0.397	0.03	-0.328	0.077	-0.323	0.082

Valor de r: correlación negativa fuerte (-1.00 a -0.70), correlación negativa moderada (-0.69 a -0.30), correlación negativa débil (-0.29 a -0.10), sin correlación o muy débil (-0.09 a 0.09), correlación positiva débil (0.10 a 0.29), correlación positiva moderada (0.30 a 0.69); Valor p: < 0.05 correlación significativa (confianza > 95%), < 0.01 Muy significativa (confianza > 99%), ≥ 0.05 no significativa (no hay evidencia de correlación). Variables: Altura total de planta (ATP), Días a floración masculina (DFM), Días a floración femenina (DFF), Altura de mazorca (ADM), Asincronía floral (ANF), Porcentaje de prolificidad (IDP), Número de hileras (NDH), Granos por hileras (GPH), Diámetro de mazorca (DDM), Longitud de mazorca (LDM), Espesor de grano (EDG), Longitud de grano (LDG), Ancho de grano (ADG), Peso de cien semillas (PDCS), Peso de semilla (PDS) Peso de mazorca (PDM), Peso de olote (PDO) Diámetro de olote (DDO).

La longitud de espiga presentó correlaciones positivas y estadísticamente significativas con variables relacionadas con el rendimiento. Específicamente, se observó una fuerte asociación con el peso de mazorca ($r=0.547$, $p=0.002$), el peso de olote ($r=0.563$, $p=0.001$), el número de granos por hilera ($r=0.486$, $p=0.007$) y el peso de semilla ($r=0.398$, $p=0.029$). Estas relaciones sugieren que una mayor longitud de espiga se asocia con una mayor capacidad de producción, siendo un rasgo potencialmente útil como indicador indirecto del rendimiento (Tabla 4.7).

La altura de planta no mostró correlaciones estadísticamente significativas con la mayoría de las variables evaluadas, salvo una asociación moderada con el peso de semilla ($r=0.397$, $p=0.030$). Esto indica que, si bien las plantas más altas podrían generar semillas más pesadas, en general la altura no representa un factor determinante en el resto de las variables de rendimiento evaluadas en este estudio.

Ambos tipos de floración mostraron correlaciones negativas con variables reproductivas clave. Los días a floración masculina se correlacionaron negativamente con la asincronía floral ($r=-0.384$, $p=0.036$), la prolificidad ($r=-0.456$, $p=0.011$) y el peso de 100 semillas ($r=-0.455$, $p=0.011$). De forma similar, los días a floración femenina también se relacionaron de manera negativa y significativa con la prolificidad ($r=-0.493$, $p=0.006$) y el peso de 100 semillas ($r=-0.445$, $p=0.014$). Estas relaciones sugieren que las plantas con floración más temprana tienden a tener mayor eficiencia reproductiva, manifestada en una mayor prolificidad y mejor llenado de grano. En consecuencia, la precocidad puede considerarse un rasgo favorable para la selección de materiales con mayor potencial de rendimiento.

Tabla 4.8 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de asincronía floral, altura de mazorca, prolificidad y carreras en cinco variedades de maíz

Variable	Asincronía floral		Altura de mazorca		Prolificidad		Carreras	
	Valor		Valor				Valor	
	Correlación	p	Correlación	p	Correlación	Valor p	Correlación	p
ADM	0.127	0.503						
IDP	-0.009	0.962	0.032	0.866				
NDH	-0.078	0.683	0.151	0.427	0.339	0.067		
DPH	-0.14	0.461	0.056	0.768	0.18	0.342	0.401	0.028
DDM	0.219	0.246	0.412	0.024	0.059	0.755	0.297	0.111
LDM	-0.185	0.329	0.142	0.455	0.078	0.684	0.235	0.211
EDG	-0.226	0.229	0.571	0.001	0.041	0.829	0.185	0.327
ADG	-0.062	0.745	0.101	0.594	0.086	0.65	0.19	0.315
LDG	0.421	0.021	0.295	0.113	0.056	0.769	0.071	0.708
PDCS	0.154	0.418	0.411	0.024	0.197	0.296	0.144	0.448
PDM	-0.066	0.729	0.183	0.334	0.204	0.28	0.454	0.012
PDO	-0.414	0.023	0	1	0.122	0.519	0.367	0.046
DDO	-0.017	0.929	0.202	0.284	0.014	0.943	0.016	0.933
PDS	0.104	0.586	0.25	0.182	0.192	0.308	0.452	0.012

Valor de r: correlación negativa fuerte (-1.00 a -0.70), correlación negativa moderada (-0.69 a -0.30), correlación negativa débil (-0.29 a -0.10), sin correlación o muy débil (-0.09 a 0.09), correlación positiva débil (0.10 a 0.29), correlación positiva moderada (0.30 a 0.69); Valor p: < 0.05 correlación significativa (confianza > 95%), < 0.01 Muy significativa (confianza > 99%), ≥ 0.05 no significativa (no hay evidencia de correlación). Variables: Altura de mazorca (ADM), Porcentaje de prolificidad (IDP), Número de hileras (NDH), Granos por hileras (GPH), Diámetro de mazorca (DDM), Longitud de mazorca (LDM), Espesor de grano (EDG), Longitud de grano (LDG), Ancho de grano (ADG), Peso de cien semillas (PDCS), Peso de mazorca (PDM), Peso de olote (PDO), Peso de semilla (PDS), Diámetro de olote (DDO).

La asincronía floral mostró una correlación positiva y significativa con la longitud de grano ($r=0.421$, $p=0.021$), lo que sugiere que plantas con mayor desfase entre la floración masculina y femenina podrían desarrollar granos más largos. En contraste, se observó una correlación negativa y significativa con el peso de olote ($r=-0.414$, $p=0.023$), indicando que una mayor asincronía podría estar asociada con menor desarrollo del olote (Tabla 4.8).

La altura de mazorca se relacionó de manera positiva y significativa con el diámetro de mazorca ($r=0.412$, $p=0.024$) y peso de olote ($r=0.294$, $p=0.014$). Esto sugiere que una mayor posición de la mazorca en la planta puede estar vinculada a un mayor desarrollo de la estructura del olote y un diámetro más amplio de la mazorca, lo cual puede incidir en el rendimiento.

La prolificidad (número de mazorcas por planta) no mostró correlaciones significativas con ninguna variable (todos los valores $p>0.05$), aunque se observaron tendencias positivas con carreras ($r=0.427$, $p=0.067$) y peso de olote ($r=0.122$, $p=0.519$), sin alcanzar significancia estadística. Esto indica que la prolificidad no está fuertemente influenciada por las variables medidas, al menos en esta población o conjunto de datos. La variable carreras (número de hileras de grano) sí presentó correlaciones significativas, destacando:

- Con granos por hilera ($r=0.401$, $p=0.028$), lo que indica que un mayor número de hileras puede estar asociado con más granos por hilera, un factor directamente relacionado con el rendimiento.
- Con peso de semilla ($r=0.452$, $p=0.012$), lo cual señala que mazorcas con más hileras tienden a tener semillas más pesadas.
- También se observa una relación significativa con el peso de olote ($r=0.367$, $p=0.046$), posiblemente por el aumento en tamaño de la estructura que sostiene más hileras.

Tabla 4.9 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de granos por hilera, diámetro de mazorca, longitud de mazorca y espesor de grano en cinco variedades de maíz

Variable	Diámetro de							
	Granos por hilera		mazorca		Longitud de mazorca		Espesor de grano	
	Valor		Valor		Valor		Valor	
	Correlación	p	Correlación	p	Correlación	p	Correlación	p
DDM	0.324	0.081						
LDM	0.824	0	0.42	0.021				
EDG	0.105	0.58	0.152	0.422	0.001	0.994		
ADG	0.28	0.133	0.151	0.427	0.151	0.424	0.272	0.147
LDG	0.017	0.93	0.726	0	0.117	0.538	-0.178	0.346
PDCS	0.241	0.2	0.541	0.002	0.339	0.067	0.178	0.347
PDM	0.689	0	0.437	0.016	0.763	0	0.042	0.825
PDO	0.724	0	0.008	0.965	0.717	0	0.29	0.12
DDO	0.382	0.037	-0.047	0.804	0.396	0.03	0.121	0.523
PDS	0.599	0	0.613	0	0.669	0	-0.071	0.709

Valor de r: correlación negativa fuerte (-1.00 a -0.70), correlación negativa moderada (-0.69 a -0.30), correlación negativa débil (-0.29 a -0.10), sin correlación o muy débil (-0.09 a 0.09), correlación positiva débil (0.10 a 0.29), correlación positiva moderada (0.30 a 0.69); Valor p: < 0.05 correlación significativa (confianza > 95%), < 0.01 Muy significativa (confianza > 99%), ≥ 0.05 no significativa (no hay evidencia de correlación). Variables: Diámetro de mazorca (DDM), Longitud de mazorca (LDM), Espesor de grano (EDG), Longitud de grano (LDG), Ancho de grano (ADG), Peso de cien semillas (PDCS), Peso de mazorca (PDM), Peso de olote (PDO) Diámetro de olote (DDO), Peso de semilla (PDS).

Así mismo, el número de granos por hilera mostró correlaciones positivas con varias variables (Tabla 4.9), aunque solo algunas fueron estadísticamente significativas:

- Longitud de mazorca (r=0.824, p=0.000): asociación muy fuerte y significativa, lo que indica que mazorcas más largas tienden a tener mayor número de granos por hilera.
- Peso de mazorca (r=0.689, p=0.000): también significativa, mostrando que más granos por hilera se traduce en mayor masa de la mazorca.
- Peso de olote (r=0.724, p=0.000): sugiere que un olote más desarrollado puede sostener más granos.

- Peso de semilla ($r=0.599$, $p=0.000$): más granos por hilera también implican, posiblemente, semillas más pesadas.
- Diámetro de olote ($r=0.382$, $p=0.037$): relación moderada y significativa.

Estas correlaciones reflejan que el número de granos por hilera es un componente clave en el rendimiento, fuertemente vinculado con el tamaño, peso de la mazorca y de grano.

El diámetro de mazorca tuvo correlaciones positivas y significativas con la longitud de mazorca ($r=0.020$, $p=0.021$), peso de 100 semillas ($r=0.541$, $p=0.002$), peso de mazorca ($r=0.437$, $p=0.006$) y peso de olote ($r=0.0965$, $p=0.000$), lo que sugiere que un mayor diámetro de mazorca está estrechamente ligado a un mayor desarrollo general de la mazorca y sus componentes, contribuyendo directamente al rendimiento.

La longitud de mazorca correlacionó significativamente con las variables granos por hilera ($r=0.824$, $p=0.000$) y diámetro de olote ($r=0.396$, $p=0.030$), aunque otras variables como peso de 100 semillas presentaron correlaciones moderadas ($r=0.339$ y $r=0.117$, respectivamente), sus valores ($p>0.05$) indican que no son estadísticamente significativas.

En cuanto al espesor de grano, no mostró correlaciones significativas con ninguna de las variables analizadas (todas con $p>0.1$). Esto sugiere que, en esta población o conjunto de datos, el espesor del grano no está directamente relacionado con las características estructurales de la mazorca ni con el rendimiento.

Tabla 4.10 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de ancho de grano, longitud de grano, peso de 100 semillas y peso de mazorca en cinco variedades de maíz

Variable	Ancho de grano		Longitud de grano		Peso de 100 semillas		Peso de mazorca	
	Valor		Valor				Valor	
	Correlación	p	Correlación	p	Correlación	Valor p	Correlación	p
LDG	0.3	0.107						
PDCS	0.473	0.008	0.665	0				
PDM	0.302	0.104	0.316	0.089	0.688	0		
PDO	0.153	0.42	-0.426	0.019	0.117	0.537	0.658	0
DDO	- 0.005	0.981	-0.236	0.21	-0.051	0.789	0.246	0.19
PDS	0.337	0.069	0.612	0	0.766	0	0.919	0

Valor de r: correlación negativa fuerte (-1.00 a -0.70), correlación negativa moderada (-0.69 a -0.30), correlación negativa débil (-0.29 a -0.10), sin correlación o muy débil (-0.09 a 0.09), correlación positiva débil (0.10 a 0.29), correlación positiva moderada (0.30 a 0.69); Valor p: < 0.05 correlación significativa (confianza > 95%), < 0.01 Muy significativa (confianza > 99%), ≥ 0.05 no significativa (no hay evidencia de correlación). Variables: Longitud de grano (LDG), Peso de cien semillas (PDCS), Peso de mazorca (PDM), Peso de olote (PDO) Diámetro de olote (DDO), Peso de semilla (PDS).

En la tabla 4.10 se observa una serie de correlaciones entre variables asociadas a características del grano y del rendimiento del maíz. De manera destacada, la longitud de grano muestra una correlación positiva y significativa con el peso de 100 semillas ($r=0.665$, $p=0.000$) y con el peso de semilla ($r=0.612$, $p=0.000$), lo cual sugiere que granos más largos tienden a tener mayor peso individual y en conjunto. Esta relación es importante desde el punto de vista del mejoramiento genético, ya que puede facilitar la selección de materiales con mejor rendimiento en peso.

De igual forma, el peso de 100 semillas se correlaciona significativamente con el peso de mazorca ($r=0.688$, $p=0.000$) y con el peso de semilla ($r=0.766$, $p=0.000$), lo que indica que este parámetro es un buen predictor del rendimiento total de grano. También se observa una correlación moderada entre el ancho de grano y el peso de 100 semillas ($r=0.473$, $p=0.008$), lo que refuerza la idea de que el tamaño del grano está vinculado al rendimiento.

En contraste, variables como el diámetro del olote no muestran correlaciones significativas con las variables de peso, lo que sugiere que su influencia sobre el rendimiento es limitada o indirecta.

Tabla 4.11 Correlaciones en parejas de Pearson para las variables de peso de olote y diámetro de olote en cinco variedades de maíz

Variable	Peso de olote		Diámetro de olote	
	Correlación	Valor p	Correlación	Valor p
DDO	0.483	0.007		
PDS	0.369	0.045	0.102	0.592

Valor de r: correlación negativa fuerte (-1.00 a -0.70), correlación negativa moderada (-0.69 a -0.30), correlación negativa débil (-0.29 a -0.10), sin correlación o muy débil (-0.09 a 0.09), correlación positiva débil (0.10 a 0.29), correlación positiva moderada (0.30 a 0.69); Valor p: < 0.05 correlación significativa (confianza > 95%), < 0.01 Muy significativa (confianza > 99%), ≥ 0.05 no significativa (no hay evidencia de correlación). Variables: Diámetro de olote (DDO), Peso de semilla (PDS).

En esta Tabla 4.11 se observa que el diámetro del olote presenta una correlación positiva y significativa con el peso del olote ($r=0.483$, $p=0.007$), lo cual es esperado, ya que un mayor diámetro está asociado naturalmente a un mayor volumen y, por tanto, a mayor peso.

Asimismo, el peso del olote muestra una correlación positiva y significativa con el peso de la semilla ($r=0.369$, $p=0.045$), lo que sugiere que un olote más pesado podría estar vinculado a una mayor cantidad o tamaño de semillas. Sin embargo, el diámetro del olote no mostró una relación significativa con el peso de la semilla ($r=0.102$, $p=0.592$), lo que indica que el grosor del olote por sí solo no predice el peso de la semilla.

Estos resultados resaltan que, aunque el tamaño del olote influye en su propio peso, su relación con características productivas como el peso de la semilla puede depender de otros factores adicionales.

4.4 Discusión

El análisis de correlaciones de Pearson y la prueba de comparación de medias de Tukey, permitieron identificar relaciones significativas entre variables agro-morfológicas que inciden directamente en el rendimiento del cultivo de maíz, aportando información valiosa para la selección de caracteres útiles y variedades de maíces superiores de importancia, para posibles futuros programas de mejoramiento genético, para esto, se realizaron múltiples comparaciones de medias para clasificar las variables de acuerdo a su desempeño, agrupándolas en: estadísticamente iguales (grupo A) y con diferencias significativas (grupos AB, ABC, entre otros).

Las variables que mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre variedades y que ofrecen una visión completa sobre el comportamiento morfológico y productivo de las variedades, son: número de hojas totales, longitud de espiga, número de hojas abajo de la mazorca, número de hojas arriba de la mazorca, altura total de planta, altura a hoja bandera, asincronía floral, altura de mazorca, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, peso de 100 semillas, peso de mazorca, peso de semilla desgranada y peso de olote. Estas variables ofrecen una visión completa sobre el comportamiento morfológico y productivo de las variedades.

En cambio, las variables que no mostraron diferencias significativas entre las variedades de maíz, fueron: los días a floración masculina y femenina, prolificidad, número de carreras, granos por hilera, espesor de grano, ancho de grano y diámetro de olote. Estas variables se analizaron mediante una prueba ANOVA considerando los módulos de “La Capulinera” e ITSCS como factores, y posteriormente se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias obteniendo resultados que sugieren que estas características podrían estar influenciadas principalmente por las condiciones edafoclimáticas, dado que la diversidad genética entre las variedades responde de manera diferente en ambientes contrastantes, según la disponibilidad de agua durante el periodo de floración femenina que es la etapa más sensible a la disponibilidad de agua, tal como lo señalado por Ángeles-Gaspar *et al.* (2010).

Entre las localidades evaluadas, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$). En el módulo del Tecnológico de Serdán los ciclos fenológicos fueron más cortos que en la Capulinera, con un promedio de 97.67 días después de siembra para la floración masculina (DFM) y 105.93 para la femenina (DFF). Asimismo, mostró un índice de prolificidad del 28%, un promedio de 25.813 granos por hilera, un peso de 30.07 g por cada 100 semillas, 114.8 g en peso de mazorca, 95.33 g en peso de semilla y mayor número de carreras (14.587).

No obstante, aunque se observaron diferencias numéricas, estas no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$) para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere una estabilidad genética de estas características ante variaciones ambientales para las variables de altura de mazorca, longitud de mazorca, espesor de grano y peso de olote, el cual contribuye al peso de mazorca.

La relación entre peso de olote y peso de mazorca, resulta particularmente relevante: en el Tecnológico de Serdán, esta relación fue del 25.71%, mientras que, en La Capulinera, la relación fue del 21.95%. Esto sugiere que un menor peso de olote, podría estar asociado a mayor peso de semilla, aunque no siempre es lineal debido a las variaciones entre zonas, precipitaciones y microclimas, lo cual explicaría las diferencias encontradas entre los módulos, debido a que el rendimiento por mazorca en la Capulinera (95.33 g), fue superior al encontrado en el Tecnológico de Serdán (76.77 g).

A diferencia del observado entre los módulos, las variedades de maíz mostraron comportamientos diferenciados. En particular, la variedad de maíz Libres Blanco, destacó por la altura a hoja bandera (2.11 m), altura total de planta (2.32 m) y en número total de hojas (13.46), constituidas principalmente por aquellas situadas abajo de la mazorca (8.41), dado que contribuyen al desarrollo, diámetro (48.45 mm) y longitud de mazorca (14.908 cm), de acuerdo a UC Chile (2024).

Asimismo, el desarrollo de la mazorca en esta variedad, está ligado a un mayor peso de semilla (107.1g) debido al incremento en el peso de la mazorca (122.5 g) y del volumen de la semilla (14.01 mm de largo). No obstante, a pesar de los atributos antes mencionados, el maíz Libres Blanco posee la floración femenina más tardía que es de 118.83 días y el menor índice de prolificidad (13%), lo cual es bastante predecible, puesto que, a diferencia de las floraciones femeninas tempranas, las tardías tienden a tener menor eficiencia reproductiva, lo cual se manifiesta en la prolificidad y llenado de grano tal como lo sugiere UC Chile (2024).

En cambio, el maíz Nopalucan Ultraprecoz, se distinguió por poseer la floración de ciclo más corto, pese a que las variedades de maíz poseen el mismo índice de precocidad ($p>0.05$) o floración masculina (98.17 días), así como floración femenina (107.17 días), lo cual se manifiesta en la eficiencia reproductiva en vista de que posee el grano de mejor calidad (31.55 g DMS) y plantas con bastantes hojas (13.45) las cuales influyen en el llenado y desarrollo del grano tal como lo sostiene la UC Chile (2024), que también coincide con Ángeles-Gaspar *et al.*, (2010), quien observó que en las variedades de maíz con mayor índice de precocidad, las mazorcas tienen menos carreras, granos gruesos y anchos, características que también fueron encontradas en la variedad de maíz Nopalucan Ultraprecoz.

Asimismo, el maíz Híbrido Estratus destacó entre las variedades, por poseer el mayor número de hojas por encima de la mazorca (5.55), lo cual favorece al llenado de grano y actividad fotosintética tal como lo sustenta UC Chile (2024), dado que posee el menor número de hojas debajo de la mazorca (6.75), lo cual favorece en aspectos relacionados con el crecimiento de la planta, tales como altura de mazorca (0.86 m), altura a hoja bandera (1.521) y altura total de la planta (1.996), dado que una arquitectura más compacta, reduce el riesgo de acame.

Pese a los atributos mencionados, el maíz híbrido Estratus, presentó el menor índice de precocidad con ciclo tardío de 111.33 DFM, que correlacionan negativamente con la asincronía floral, prolificidad y peso de 100 semillas, lo cual coincide con Ángeles-Gaspar *et al.*, (2010) debido a que las variedades de ciclo tardío, poseen mayor número de hojas arriba, olotes gruesos y mazorcas de buena longitud.

De igual modo, esta variedad de maíz, presentó espigas largas (47.5 cm), que de acuerdo a Kansas State University (2016) están asociadas a una mayor capacidad productiva y a un mayor rendimiento ya que determinan el número de granos por hilera, número final de granos y tamaño potencial de grano. Pese a lo antes mencionado, la densidad del grano fue de 24.31g por cada 100 semillas, la longitud del grano fue de 9.57 mm, el diámetro de la mazorca de 39.44 mm y el peso de los olotes de 20.429 g, dado que el índice de precocidad fue de 111.33 días a floración masculina y la asincronía floral de 5 días.

La variedad Azul Sintético LHA, fue la variedad con menor número de hojas arriba de la mazorca (4.58), menor longitud de espiga (39 cm) y mayor asincronía floral (9 días), que de acuerdo a UC Chile (2024) es un factor que influye directamente en la eficiencia reproductiva teniendo en cuenta que el periodo de liberación de polen se prolonga entre 7 a 10 días, periodo dentro del cual se debe dar la emisión de estilos.

Otras de las variables que nos dan una visión de la eficiencia reproductiva incluye longitud de mazorca (11.44 cm), peso de olote (9.6 g), diámetro de olote (20.95 mm), peso de semilla (69.73 g) y peso de mazorca (79.33 g) resultando en bajos rendimientos a comparación del resto de variedades de maíz. Un atributo destacable de esta variedad es el índice de prolificidad (25%), el cual es propio de la variedad.

A diferencia del resto de las variedades de maíz, el maíz rojo posee las plantas de mayor altura a mazorca (1.44 m), dado que el número de hojas abajo de la mazorca 8.13) contribuyen directamente al crecimiento. Asimismo, esta variedad posee el mayor número de carreras en sus mazorcas (14.6), olotes con diámetro de 27.09 mm y el grano con 4.69 mm de espesor y 8.09 mm de ancho, pese a que estadísticamente es igual a las demás variedades ($p>0.05$). Dichos resultados podrían atribuirse directamente a el número de hojas arriba (5.38) y a la asincronía floral (7.17), que de acuerdo a UC Chile (2024), favorecen a la eficiencia reproductiva.

En conjunto, los resultados del estudio señalan que las variables determinantes para alcanzar los objetivos planteados, fueron los días a floración masculina, peso de 100 semillas y peso de semilla desgranada, que permitieron diferenciar el comportamiento de las variedades evaluadas, destacando especialmente Libres Blanco y Nopalucan Ultraprecoz, las cuales superaron en rendimiento a la variedad comercial Híbrido Estratus.

La variedad Libres Blanco, presentó un rendimiento de 107 g por mazorca, equivalente a un 29.53% más que el híbrido, mientras que el Nopalucan Ultraprecoz destacó con 89.45 g que representa un 15.62%. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ángeles-Gaspar et al (2010), quien sostiene que los genotipos nativos presentan mejor adaptación a condiciones edafoclimáticas, pudiendo alcanzar hasta un 24% en rendimiento en comparación con materiales mejorados.

Además, el maíz Nopalucan Ultraprecoz se distinguió por poseer el grano de mejor densidad, con un peso de 31.55 g por cada 100 semillas y el mejor índice de precocidad (98.17 dfm) pese a que estadísticamente no hay diferencias significativas entre las variedades ($p>0.05$), lo que respalda la idea de Ángeles-Gaspar et al (2010), respecto a la ventaja de las variedades precoces para evadir los periodos de estrés hídrico.

Finalmente, se debe destacar la importancia de otras variables que influyen en el desarrollo y reproducción del cultivo, como el número de hojas arriba de la mazorca, la longitud de espiga, la altura de mazorca y el número total de hojas, que en la variedad de maíz blanco, originaria de Libres destacó con 13.467. En cuanto a las demás variables de interés, el maíz Híbrido Estratus destacó por el número de hojas arriba (5.55), la longitud de espiga (45.8 cm) y la altura de la mazorca (86.6 cm) que le confiere menor susceptibilidad al acame. Estas características, junto con las ya mencionadas, constituyen una base sólida para orientar futuros programas de evaluación y mejoramiento genético en maíz.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se caracterizaron agronómica y morfológicamente cuatro variedades de maíz de polinización libre y un híbrido, evaluando sus fases vegetativas y reproductivas, con especial atención en el índice de precocidad y los componentes de rendimiento. Los resultados indicaron que las variedades evaluadas mostraron comportamientos diferenciados en cada etapa, destacando diferencias significativas en características vegetativas, reproductivas y de cosecha. Las pruebas de análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) revelaron que las variedades de maíz Rojo e Híbrido Estratus presentaron diferencias significativas, siendo el maíz Rojo el de mayor altura de mazorca y el híbrido Estratus el de menor tanto en las variables de altura a hoja bandera como altura de mazorca.

Aunque la variedad de maíz Nopalucan Ultraprecoz, registró la menor cantidad de días a floración masculina (98.17 días) y femenina, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, lo que sugiere una estabilidad genética de estas características ante variaciones ambientales. No obstante, se identificaron diferencias claras entre los componentes de rendimiento: el maíz Rojo presentó el grano más ancho y el mayor número de carreras; el híbrido Estratus, la menor asincronía floral y el mayor número de granos por hilera; Libres Blanco destacó por el diámetro de mazorca, longitud de mazorca, peso de semilla y de mazorca. Estos resultados sugieren que cada variedad tiene características únicas que las hacen aptas para distintos propósitos, dependiendo de las necesidades del productor o las condiciones ambientales.

En resumen, las variables más relevantes para alcanzar los objetivos de estudio fueron los días a floración masculina, peso de 100 semillas (DMS) y peso de semilla desgranada, que destacaron en las variedades de maíz Libres Blanco y Nopalucan Ultraprecoz, en donde el maíz Libres Blanco, obtuvo un rendimiento promedio por mazorca de 107.1 g, mientras que la variedad Nopalucan Ultraprecoz, destacó por sus 31.550 g de peso por cada 100 semillas que refleja una buena calidad.

También se identificó la influencia directa en el crecimiento y la reproducción, del número de hojas arriba de la mazorca, la longitud de espiga, la altura de mazorca y el número total de hojas, características en las que sobresalió la variedad de maíz blanco originaria de Libres. En cuanto a las demás variables de interés, el maíz Híbrido Estratus destacó por el número de hojas arriba de la mazorca, la longitud de espiga y la altura de la mazorca que le confiere llenado de grano y menor susceptibilidad al acame.

La combinación de características como índice de precocidad, peso de 100 granos, peso de grano por mazorca y el número de hojas, sugiere un gran potencial en variedades como Libres Blanco y Nopalucan Ultraprecoz, que son potenciales bases genéticas para explorar cruces entre ellas en futuros programas de mejoramiento. Sin embargo, se recomienda realizar evaluaciones en más ciclos agrícolas y en diferentes condiciones ambientales para obtener datos más representativos y robustos que permitan confirmar estas tendencias.

La información obtenida aporta una base importante para futuros estudios y programas de mejoramiento genético o estrategias de manejo agronómico. Esto es relevante en el contexto del siglo XXI, dada la necesidad de aumentar la producción agrícola con recursos limitados, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles.

REFERENCIAS

Ángeles-Gaspar. E., Torres-Ortiz. E., López, P. A y López-Romero. G. (2010). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000400006

ASERCA. (2018). Maíz grano cultivo representativo de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico>

CONAHCYT. (2019). Maíz.

<https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/maiz#:~:text=El%20tallo%20es%20simple%20e recto,se%20realiza%20un%20corte%20transversal.>

El Economista. (2023). Perspectivas del maíz en el mercado mundial. Recuperado de <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Perspectivas-del-maiz-en-el-mercado-mundial-2023-20230419-0111.html>

Flores-Cruz, L. A, García-Salazar, J.A, Mora-Flores, J. S & Pérez, S. F. (2014). Producción de maíz (*Zea más L.*) en el Estado de Puebla: un enfoque de equilibrio espacial para identificar las zonas productoras más competitivas. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722014000200006&script=sci_abstract

Fuentes, L. M. R. (2008). Programa de fitomejoramiento participativo en Mesoamérica. Recuperado de <https://www.asocuch.com/wp-content/uploads/2020/06/Descriptores-de-Maiz.pdf>

INEGI. 2023. Resultados definitivos del censo agropecuario 2022 en el estado de Puebla.https://en.www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_Def/C_A_Def2022_Pue.pdf

Kansas State University. (2016). Crecimiento y desarrollo de maíz. [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/F8402FFA808151620325816000706EF9/\\$FILE/Poster%20-%20CyD%20MAIZ%20-%20KSU.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/F8402FFA808151620325816000706EF9/$FILE/Poster%20-%20CyD%20MAIZ%20-%20KSU.pdf)

Kato, Y. T. A., Mapes, S. C., Mera, O. L. M., Serratos, H. J. A. y Bye, B. R. A. (2009). rigen y diversificación del maíz, una revisión analítica. UNAM.

Rocandio-Rodríguez. M., Santacruz-Valera. A., Córdoba-Téllez. L., *et al.* (2014). Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000400008 a

Rosado, O. A. y Villasante, S. B. A. (2021). Los herederos del maíz. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/658352/Libro-Los-herederos-del-maiz-INPI.pdf>

SADER. (2021). Rubén Santos, productor de maíz es nuestro héroe de la alimentación. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/ruben-santos-productor-de-maiz-es-nuestro-heroe-de-la-alimentacion>

SAGARPA. 2016. Maíz

Blanco. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf

Semillas Valle. (2022). Fenología y fisiología en cultivo de maíz. Recuperado de <https://semillasvalle.com/site/blog/fenologia-y-fisiologia-en-cultivos-de-maiz/>

SIAP. (2023). Panorama agroalimentario 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

SNICS. (2022). Guía para la descripción de variedades nativas. México: secretaria de agricultura.

UC Chile (2024). Maíz. https://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/maiz.htm

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Agronómico: Características que influyen en el rendimiento, calidad y capacidad de resistir enfermedades o plagas.

Anteras: Unidades que se encuentran en los estambres, producen y almacenan polen.

Correlaciones de Pearson: Herramienta estadística utilizada para cuantificar fuerza y dirección de la relación lineal entre dos variables cuantitativas continuas.

Estadal: Regla graduada utilizada para medir niveles o desniveles.

Estigmas: Son los pelos de la mazorca.

Flexómetro: Instrumento de medición, es una cinta flexible graduada.

Jilote: Flor femenina o mazorca.

Maíz híbrido: Cruza intencional de dos variedades de maíz de línea pura con características deseables y específicas.

Morfológico: Descripción y análisis de características externas de la planta.
Tratamiento: Variedad de maíz.

Pedúnculo: Es similar al peciolo, conecta a la mazorca con el tallo.

Polinización libre: Proceso natural donde una planta es polinizada por agentes naturales sin intervención humana.

Prueba Tukey: Procedimiento para la comparación múltiple de medias de grupos que son significativamente diferentes.

Repetición: 10 metros lineales de surco (son 3 repeticiones por variedad).

Vernier: Instrumento de medición que permite medir dimensiones internas, externas y profundidades de objetos.

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

ANOVA: Análisis de Varianza.

CONAHCYT: Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

SADER: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SNICS: Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.

ANEXOS

Anexo 1 Tablas de registro de floración masculina

Floración masculina "La Capulinera"											
				SEMANA 1 (Floración)		SEMANA 2 (Floración)		SEMANA 3 (Floración)		SEMANA 4 (Floración)	
Surcos	Variedad	Muestras	N° plantas	12-ago	15-ago	19-ago	22-ago	26-ago	29-ago	02-sep	05-sep
10	Maíz Rojo	M1-Surco 3	26								
		M2-Surco 5	38								
		M3-Surco 7	33								
40	Maíz Libres Blanco	M1-Surco 10	21								
		M2-Surco 20	31								
		M3-Surco 30	28								
13	Maíz Nopalucan Ultraprecoz	M1-Surco 4	33								
		M2-Surco 7	43								
		M3-Surco 10	20								
15	Maíz Hibrido Estratus	M1-Surco 4	20								
		M2-Surco 8	25								
		M3-Surco 12	30								
15	Maíz Sintetico LHHA Azul	M1-Surco 3	40								
		M2-Surco 6	37								
		M3-Surco 9	32								

Floración masculina ITSCS Cd. Serdán											
				SEMANA 1 (Floración)		SEMANA 2 (Floración)		SEMANA 3 (Floración)		SEMANA 4 (Floración)	
Surcos	Variedad	Muestras	N° plantas	12-ago	15-ago	19-ago	22-ago	26-ago	29-ago	02-sep	05-sep
10	Maíz Libres Blanco	M1- Surco 3	33								
		M2- Surco 5	31								
		M3- Surco 8	32								
8	Maíz Nopalucan Ultraprecoz	M1- Surco 3	18								
		M2- Surco 5	36								
		M3- Surco 6	24								
8	Maíz Hibrido Estratus	M1- Surco 4	26								
		M2- Surco 5	33								
		M3- Surco 6	23								
10	Maíz Sintetico	M1- Surco 3	22								

	LHHA Azul	M2- Surco 5	32								
		M3- Surco 6	35								
10	Maíz Rojo	M1- Surco 4	29								
		M2- Surco 5	25								
		M3- Surco 8	27								

Anexo 2 Tabla de registro de floración femenina

Floración femenina "La Capulinera"											
Surcos	Variedad	Muestras	N° plantas	SEMANA 1 (Floración)		SEMANA 2 (Floración)		SEMANA 3 (Floración)		SEMANA 4 (Floración)	
				12-ago	15-ago	19-ago	22-ago	26-ago	29-ago	02-sep	05-sep
10	Maíz Rojo	M1-Surco 3	26								
		M2-Surco 5	38								
		M3-Surco 7	33								
40	Maíz Libres Blanco	M1-Surco 10	21								
		M2-Surco 20	31								
		M3-Surco 30	28								
13	Maíz Nopalucan Ultraprecoz	M1-Surco 4	33								
		M2-Surco 7	43								
		M3-Surco 10	20								

15	Maíz Híbrido Estratus	M1-Surco 4	20								
		M2-Surco 8	25								
		M3-Surco 12	30								
15	Maíz Sintético LHHA Azul	M1-Surco 3	40								
		M2-Surco 6	37								
		M3-Surco 9	32								

Floración femenina ITSCS Cd. Serdán											
				SEMANA 1 (Floración)		SEMANA 2 (Floración)		SEMANA 3 (Floración)		SEMANA 4 (Floración)	
Surcos	Variedad	Muestras	N° plantas	12-ago	15-ago	19-ago	22-ago	26-ago	29-ago	02-sep	05-sep
10	Maíz Libres Blanco	M1-Surco 3	33								
		M2-Surco 5	31								
		M3-Surco 8	32								
8	Maíz Nopalucan Ultraprecoz	M1-Surco 3	18								
		M2-Surco 5	36								
		M3-Surco 6	24								
8	Maíz Híbrido Estratus	M1-Surco 4	26								
		M2-Surco 5	33								
		M3-Surco 6	23								
10	Maíz Sintético	M1-Surco 3	22								

	LHHA Azul	M2-Surco 5	32								
		M3-Surco 6	35								
	Maíz Rojo	M1-Surco 4	29								
		M2-Surco 5	25								
		M3-Surco 8	27								
10											

Anexo 3 Tabla de registro

Caracter:				Caracter:			
Maíz:				Maíz:			
Modulo:				Modulo:			
Planta	Repetición			Planta	Repetición		
	1	2	3		1	2	3
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			