Tecnológico Nacional de México
Dirección de Educación Tecnológica del Estado
De Veracruz

Instituto Tecnológico Superior de Zongolica

TESIS

# TÍTULO:
# EVALUACIÓN NUTRIMENTAL Y DE BIOMASA EN AGROECOSISTEMAS CON RAZAS DE MAÍZ NATIVAS EN LAS ALTAS MONTAÑAS DE VERACRUZ, MÉXICO

PRESENTA:

CARLOS GONZALEZ BARCENAS

CARRERA Y ESPECIALIDAD
INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE CON ESPECIALIDAD EN MANEJO SOSTENIBLE DE SUELOS

Asesor(es)

DR. GREGORIO HERNÁNDEZ SALINAS (Director de Tesis)
M. C. LUIS ALFREDO HERNÁNDEZ VÁSQUEZ (Co-Director de Tesis)
M.C. CRISTAL ARANY GUERRERO ORTIZ (Asesora)

[Tezonapa], Veracruz, [junio 2024]

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico Superior de Zongolica
Subdirección de Vinculación
Departamento de Residencias Profesionales y Servicio Social

**ANEXO XXXIII. LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL**

Zongolica, Ver., 10 de junio de 2024.
ASUNTO: Liberación de Proyecto para la Titulación integral.

**M.A.F.O. ADELINA XOCUA GONZÁLEZ**
**JEFA DE DEPARTAMENTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES Y SERVICIO SOCIAL**
**P R E S E N T E.**

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

| | |
|---|---|
| **a) Nombre del Egresado:** | González Bárcenas Carlos |
| **b) Carrera:** | INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE |
| **c) No. de Control** | 196W0070 |
| **d) Nombre del proyecto** | EVALUACIÓN NUTRIMENTAL Y DE BIOMASA EN AGROECOSISTEMAS CON RAZAS DE MAÍZ NATIVAS EN LAS ALTAS MONTAÑAS DE VERACRUZ, MÉXICO |
| **d) Producto** | TESIS |

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

**A T E N T A M E N T E**
M. C. JORGE ARMIDA LOZANO

**JEFE DE DIVISIÓN DE CARRERA DE LA INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

EDUCACIÓN
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ZONGOLICA
JEFATURA DE DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

| | | |
|---|---|---|
| DR. GREGORIO HERNÁNDEZ SALINAS | MC. LUIS ALFREDO HERNÁNDEZ VÁSQUEZ | M.C. CRISTAL ARANY GUERRERO ORTIZ |



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ZONGOLICA
Km 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa, Zongolica, Ver. C.P. 95005
Tel. 2787326716 WhatsApp: 272 123 4274. zongolica.tecnm.mx
2024 Felipe Carrillo PUERTO

# AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gregorio Hernández Salinas: agradezco la confianza depositada en mí, por sus horas dedicadas, comentarios, sugerencias en las revisiones para mejorar esta investigación y por su apoyo incondicional para llevar a cabo los recorridos de campo ¡Gracias!

Al M en C. Luis Alfredo Hernández Vázquez por el apoyo brindado en el laboratorio.

A la M en C. Cristal Arany Guerrero Ortiz: gracias por compartirme sus conocimientos y ser mi guía en el proceso de la presentación de tesis.

Gracias a Dios y a mi S.M. por permitirme cumplir una meta más, gracias a mi madre por apoyarme en cada decisión y proyectos de vida.

Gracias al productor Alfonso Romero por acompañarnos en las visitas a los agroecosistemas.

Gracias a mis profesores de la carrera de IIAS por el apoyo brindado.

Al Dr. Rafael Ortega Paczka, Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Chapingo por haber clasificado racialmente los materiales genéticos analizados en esta tesis.

Finalmente, mi más sincero agradecimiento a todos los productores de maíz nativo de Xoxocotla así como a los asesores técnicos de la región 17 de la SADER-Zongolica, por participar y proporcionar información valiosa para concluir exitosamente esta investigación.

# DEDICATORIA

A nuestro Padre Celestial por darme la vida, sabiduría y la oportunidad de seguir cumpliendo mis metas.
Dedico con mucho amor a mi madre que, con gran sacrificio, hicieron posible mi formación profesional.
A mi hermana, por brindarme su apoyo incondicional.
A todos los docentes que me brindaron de su conocimiento y su apoyo incondicional.

# RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal de mayor importancia a nivel mundial pero su productividad se ve afectada por el escaso manejo. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue comparar el contenido nutricional, la biomasa fresca y seca en cuatro agroecosistemas con razas de maíz nativas bajo manejo convencional y agroecológico, en el municipio de Xoxocotla, pertenecientes a la denominada región Las Altas Montañas, ubicada en la zona centro del estado de Veracruz, México. Mediante la ayuda de un fotómetro (marca HANNA®, HI83325) para análisis de nutrientes se llevó a cabo la evaluación de los nitratos y fosfatos a partir de la extracción de la savia del tallo de la planta de maíz durante la etapa fenológica R6 (madurez). Previo a ello, se hizo en el campo una selección de muestras aleatoriamente recolectando cuatro plantas de maíz por cada agroecosistema. También, se evaluó algunas variables tanto de biomasa seca como fresca. El agroecosistema 2 (raza Cónico) con un manejo convencional tuvo más nitratos ($P \leq 0.05$; 30.02 ppm) respecto al resto. Con respecto al fosfato, los agroecosistemas con maíz nativo no mostraron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$). De manera general, el agroecosistema 4 con la raza de maíz Cónico (Manejo Agroecológico; monocultivo) y Agroecosistema 1 con la raza Cónico X Chalqueño (Manejo Agroecológico; policultivo) tuvieron las mayores características morfológicas respecto al resto, pero con valores altos de nitratos en el Agroecosistema 1 que el 4. Se concluye que el manejo influye en la variación de N y P y en las características morfológicas de la planta de maíz, dado que las condiciones ecogeográficas son similares.

Palabras clave: Maíz nativo, diagnostico nutrimental, sistema de manejo, características morfológicas, sistemas de producción agrícola.

# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Deficiencia de Nitrógeno En La Planta De Maíz 24

**Figura 2.** Deficiencia De Fósforo En La Planta De Maíz 25

**Figura 3.** Deficiencia de Potasio En La Planta De Maíz 26

**Figura 4.** Deficiencia de Calcio En La Planta De Maíz 27

**Figura 5**. Relación General Entre El Crecimiento Y/O Rendimiento Y El Contenido De Nutrientes En Tejido Vegetal 34

**Figura 6.** Guía General Para El Criterio De Rangos: Niveles Críticos (Deficiencia), De Suficiencia, Y Tóxicos De Los Nutrientes Vegetales. Adaptado de Bennett (1993). 36

**Figura 7.** Rangos De Suficiencia De Nutrientes En Los Principales Cultivos Extensivos 38

**Figura 8.** Área de estudio de los agroecosistemas con maíz nativo en Las Altas Montañas de Veracruz, México. 39

**Figura 9.** Inspección del agroecosistema 1 en la localidad de Tepeyolulco. 62

**Figura 10.** Inspección del agroecosistema 2 en la localidad de Tlilcalco. 62

**Figura 11.** Inspección del agroecosistema 3 en la localidad de Llano Grande. 62

**Figura 12.** Inspección del agroecosistema 4 en la localidad de Llano Grande. 62

**Figura 13.** Reunión con los productores de Xoxocotla. 63

**Figura 14.** Recolección de muestras. 63

**Figura 15.** Determinación de la altura de la planta. 63

**Figura 16.** Etiquetando bolsas de plástico para guardar las muestras. 63

**Figura 17.** Agroecosistemas de maíz nativo. 64

**Figura 18.** Recorrido en campo de los agroecosistemas de maíz nativo. 64

**Figura 19.** Recolección de muestras en los agroecosistemas de maíz nativo. 64

**Figura 20.** Con el productor de maíz nativo Alfonso Romero. 64

**Figura 21.** Refrigerador del laboratorio ITSZ campus Tezonapa de la marca Torrey modelo chtc-75 D a 10º, para la conservación de las muestras. 65

**Figura 22.** Se cortaron los tallos en fragmentos pequeños y se maceraron en un mortero 65

**Figura 23.** Savia extraída del tallo de la planta de maíz. 65

**Figura 24.** Dilución por factor 10 y filtrado de la muestra a analizar. 65

**Figura 25.** Preparación de la muestra analizar con el equipo Nutrient Analysis Photometer (modelo HI83325, marca HANNA, fabricado en Limena, Italia, con las recomendaciones dadas por el fabricante. 65

**Figura 26.** Medición de los nutrientes en el laboratorio del ITSZ con el equipo Nutrient Analysis Photometer. 66

**Figura 27.** Resultado del análisis del fosfato con el equipo Nutrient Analysis Photometer. 66

**Figura 28.** Equipo de medición de nutrientes Nutrient Analysis Photometer, reactivos y agua destila. 66

**Figura 29.** Medición de biomasa fresca y el diámetro del tallo de la planta de maíz. 66

**Figura 30.** Medición de la biomasa seca de las plantas de maíz nativo. 67

## ÍNDICE DE CUADROS

**Cuadro 1.** Etapas de crecimiento de la planta de maíz. 17

**Cuadro 2.** Medias (± desviación estándar) de nutrientes entre cuatro agroecosistemas de maíz nativo bajo diferente manejo. 45

**Cuadro 3**. Medias (± desviación estándar) de variables morfológicas entre cuatro agroecosistemas de maíz nativo bajo diferente manejo. 46

**Cuadro 4.** Medias (± desviación estándar) de variables morfológicas entre cuatro agroecosistemas de maíz nativo bajo diferente manejo. 47

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
2. ANTECEDENTES 3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 10
4. JUSTIFICACIÓN 12
5. OBJETIVOS 13
5.1 Objetivo general 13
5.2 Objetivo especifico 13
6. HIPÓTESIS 14
7. MARCO TEÓRICO 15
7.1 Fenología y fisiología 17
7.2 Fases de nutrición 18
7.3 Clasificación de los nutrientes y su función en la planta 22
7.4 Deficiencias del cultivo de maíz 24
7.4.1 Deficiencia de nitrógeno (N) 24
7.4.2 Deficiencias de Fósforo (P) 25
7.4.3 deficiencia de potasio (K) 26
7.4.4 deficiencia de calcio (Ca) 26
7.5 Alternativas orgánicas para las correcciones de deficiencias en el cultivo 28
7.5.1 AGROECOSISTEMAS 31
7.6 Importancia de la biomasa en las plantas 32
7.7 Análisis vegetal como herramienta de diagnóstico 33
7.7.1 Muestra 33
7.7.2 Interpretación 34
8. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA O LUGAR DE ESTUDIO 39
9. METODOGÍA 40
9.1 Área de estudio 40
10. RESULTADOS 45
11. DISCUSIÓN 49

12. CONCLUSIÓN 51
13. RECOMENDACIONES 52
14. LITERATURA CITADA 53
15. ANEXOS 62

# 1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) se encuentra en los agroecosistemas tradicionales y es el cereal de mayor importancia en México, e inclusive, a nivel mundial. La planta tiene su origen en México, país que se considera centro de domesticación y diversificación, lugar donde ha coexistido junto con su pariente silvestre el teocintle (*Parviglumis* ssp.), ambas especies presentan una diversidad genética amplia que le ha permitido el desarrollo en diferentes regiones ecogeográficas (Galinat, 1995). La domesticación del maíz es discutida por diferentes teorías, pero se ha consensuado que los pueblos mesoamericanos fueron los que dieron los primeros indicios de su domesticación (Smith, 1994). La dispersión del maíz a partir de su centro de origen en México se hizo hacía varias regiones del mundo (Vargas, 2014).

En México existen 3.2 millones de productores de maíz y es el cultivo con más superficie cosechada (López-Torres *et al*., 2016). Donde los pequeños productores aportan alrededor de 60 % de la producción nacional, al unirse con los medianos productores (de hasta 10 t $ha^{-1}$), suman el 91 % de la superficie sembrada, lo que significa que juntos aportan alrededor del 75 % de la producción nacional de maíz (SADER, 2020). En 2021 su producción fue de más de 27 millones de toneladas, y México también destaca que a nivel mundial es el 7° productor de este grano (SADER, 2023). Pese a ello la mayoría de estos productores se encuentran en el sector rural, en condiciones de pobreza y desigualdad que no les permiten realizar buenas prácticas agrícolas que conlleven a aumentar el rendimiento del cultivo de maíz. Ante la necesidad de afrontar los desafíos del sector agroalimentario al productor se le manifiesta la innovación para desarrollar modos de supervivencia de economías y campesinas (López-Torres *et al*., 2016).

Una de estas tecnologías más usadas son los fertilizantes sintéticos químicos. El buen desempeño del maíz debe depender de la disponibilidad de nutrientes que son responsables de la producción de grano o materia seca, se consideran tres nutrientes esenciales para que la planta cumpla su vida, pues requieren de gran cantidad de ellos y son los que con más frecuencia se encuentra en deficiencia tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio(K) (Fernández, 1995). El fósforo es absorbido por la planta en forma de fosfatos y fosfitos (Mixquititla-Casbis y Villegas-Torres, 2016). Las concentraciones de nitratos están en función de las dosis de fertilización de Nitrógeno en plantas de tomate (Leyva et al., 2005).

Por las consideraciones anteriores, resalta la importancia del análisis de nutrientes foliar, que permite diagnosticar los elementos necesarios para promover su uso eficiente, maximizar la productividad del cultivo y conservar los recursos naturales como el suelo y los microorganismos (Flores-Sánchez *et al*., 2017). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación es comparar cuatro agroecosistemas con manejo convencional y agroecológico donde se evaluó el contenido nutricional, de biomasa fresca y seca con razas de maíz nativas durante la etapa R6 de Las Altas Montañas de Veracruz, México.

# 2. ANTECEDENTES

Por su parte Gonzalez-Aguilar *et al*. (2018) evaluaron la acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí – sorgo, utilizaron cuatro tratamientos que se basaron en dos arreglos espaciales que consistieron en una hilera de sorgo y dos de caupí; una hilera de sorgo y tres de caupí. Además, se evaluaron los respectivos monocultivos de caupí y sorgo. Para la determinación de la materia fresca y seca se cosechó de cada parcela y cultivo, una muestra de 15 plantas. Los autores mencionan la importancia del análisis del peso fresco en los cultivos radica en la determinación cuantitativa del contenido de agua presente. En el cual llego a la conclusión de los valores máximos de biomasa fresca y materia seca se observaron en los tratamientos de una hilera de sorgo por dos de caupí y el monocultivo de sorgo con 227 g, 47 g para el caupí y 241,4 g; 110 g para el sorgo respectivamente.

Eliana Andrea *et al.* (2023) realizaron un estudio en el municipio de Compostela del estado de Nayarit, México y cuantificaron el estado nutrimental del cultivo de guanábana, se analizó fertilidad del suelo y el contenido de macro y micronutrientes foliares en 16 huertos. El muestreo foliar se realizó en etapa vegetativa del árbol de guanábana; por cada hectárea de superficie se escogieron aleatoriamente siete árboles y de la rama se tomaron dos hojas completas (lámina y pecíolo) sin daños, maduras y activas fisiológicamente.
En resultado el análisis foliar indicó que la concentración nutrimental foliar de N, P, K, Ca, Mn y B están por debajo del estándar nutrimental; Fe y Mg presentan concentraciones adecuadas, y Zn y Cu están por encima del estándar nutrimental. Aunque el estado nutrimental es diferente en cada huerto, es necesario incrementar los niveles bajos y medios de nutrientes en los suelos y corregir los desbalances nutrimentales foliares que están por debajo del estándar.

Sánchez (2010) evaluó la calidad de lechuga (*Lactuca sativa* L.) respecto a su contenido de nitratos y materia seca en la ciudad de Toay, Provincia de La Pampa. Donde las muestras se tomaron en forma bimensual, tomándose al azar 8 plantas. Dichas muestras se tomaron a las 9 y 17 h y le determinó el peso fresco a cada planta y para la determinación de nitratos se realizó por método de Cataldo (Cataldo et al., 1975). Donde los resultados obtenidos se observan diferencias altamente significativas ($p<0.01$) para el porcentaje de nitratos expresados en materia seca entre las fechas de cosecha.

Carrasco-Gilda et al. (2006) efectuaron cuatro experimentos en un invernadero sin calefacción de la Estación Experimental Panguilemo, Universidad de Talca, Chile donde analizaron contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos que consistieron en la evaluación de tres cultivares de lechuga mantecosa (*Lactuca sativa* L. cv. capitata) "Loreto", "Floresta" y "Esmeralda". Cada unidad experimental contó con 28 plantas y la muestra fue de 4 plantas, a las cuales se evaluó la materia fresca y seca de hojas, el método utilizado para la determinación de nitrato se basa en la reducción que experimenta el nitrato a nitrito al pasar por una columna de cadmio cuperizada según métodos de la AOAC (1984) utilizando el método ISO (ISO/6635, 1984). Donde llegaron a la conclusión que los contenidos de nitratos en los cultivares de lechuga tipo mantecosa producidos en sistemas hidropónicos durante el período invernal no superaron el contenido de nitratos máximo exigido en los países miembros de la Comunidad Europea, lo que indicaría que serían inocuos para la salud humana.

Garbanzo-León *et al*. (2001) estudiaron la fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un Alfisol de Guanacaste, Costa Rica durante el periodo marzo – julio del 2018. Se cosecharon cinco plantas de cada unidad experimental, se cuantificó el peso seco y se determinó la concentración foliar de N, P, Ca, Mg, K, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B en el Laboratorio de Suelos y Foliar del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Dando como resultado que el mayor rendimiento y uso eficiente de nutrimentos se dio con la densidad de siembra de 57 143 plantas $ha^{-1}$, con la dosis de 100 kg de N $ha^{-1}$. Este mismo efecto se encontró con la misma densidad y con la dosis de 100 kg de K2 O $ha^{-1}$,

debido a que no existieron diferencias significativas al aumentar las dosis de aplicación de cada elemento en ambos experimentos.

Echeverria-He *et al*. (2001) realizaron dos experimentos en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce, Argentina. Donde analizaron el nitrato en la base del tallo del maíz y los cambios durante la estación de crecimiento donde utilizaron la medición de la concentración del nitrato en el tallo que puede realizarse sobre base seca (NBS) o a través del análisis de la savia (NS) con el diseño en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Las muestras fueron tomadas a la mañana (de 7 a 12 h) cortando de cada planta un trozo de tallo de aproximadamente 8 cm y se hizo una dilución de 1:20 en agua destilada, para posteriormente realizar las mediciones de nitrato de acuerdo a la metodología propuesta por INRA-ITCF-AGPM-Challenge Agriculture (1996). Los resultados de ambos experimentos muestran que los valores más elevados de NBS se observaron en estadios vegetativos y que la misma fue mayor cuando el nitrógeno fue aplicado al momento de la siembra, respecto de la fertilización en V6. El NS no mostró un patrón de evolución similar, observándose además una gran variación interanual para una misma dosis de nitrógeno.

Goldman *et al*. (2002) analizaron la incidencia de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de nutrientes en maíz estableciendo cuatro ensayos de fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.), durante el año 1997/98. Se realizaron muestreos de la hoja opuesta y por debajo de la espiga (15 hojas por parcela) para la determinación de la concentración de macro y micronutrientes. Se determinó fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre por digestión nitrica-perclórica (Shaw 1959) y manganeso, hierro, zinc y cobre por digestión nítrica (Miller W., comunicación personal). El Calcio, magnesio, manganeso, hierro, zinc y cobre se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica, fósforo mediante colorimetría, potasio por fotometría de llama (Walinga et al. 1995) y azufre por turbidimetría (San Martín et al. 1991). En síntesis, se determinó que la distinta oferta de nitrógeno incrementó la concentración de azufre y manganeso, en todas las localidades y de fósforo, potasio, hierro, zinc y cobre en la localidad de Balcarce la labranza convencional y labranza cero. Por el contrario, no modificó las concentraciones de calcio y magnesio. Según

la concentración de nutrientes en hojas de maíz en R1, en la región Pampeana Argentina el calcio, manganeso y hierro no serían limitantes para la obtención de rendimientos máximos del cultivo.

Roveda-Gabriel *et al*. (2007) realizaron experimentos en los laboratorios e invernaderos del Centro de Investigaciones Tibaitatá de Corpoica. Donde analizaron mecanismos de adaptación de maíz asociado a *Glomus* spp. En suelos con bajo fósforo disponible se realizaron dos muestreos destructivos a los 20 y 30 días después de la emergencia (DDE), para variables a nivel morfológico y bioquímico, los nutrientes analizados fueron: fósforo y nitrógeno, según la metodología de Calderón y Pavlova (2001). La cuantificación de fósforo se realizó por colorimetría y la concentración de nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl, teniendo en cuenta la metodología de AOAC. de acuerdo con los resultados experimentales, bajas concentraciones de fósforo inorgánico disponible en el suelo se relacionan con una disminución en el área foliar que afecta el crecimiento de plantas de maíz a los 20 y 30 DDE. Situación que se refleja en la reducción de materia seca, tanto en hojas como en raíz, posiblemente debido a la disminución en la concentración de fósforo inorgánico en hojas. Como mecanismos de compensación a las deficiencias de fósforo en el suelo, las plántulas de maíz traslocan carbohidratos a la raíz en detrimento de las hojas, cambiando el balance de la planta en la distribución de materia seca.

Reta-Sánchez *et al*. (2007) realizaron una evaluación del rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos en donde se realizaron dos experimentos en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Matamoros, Coahuila, México. En donde las láminas verdes de las hojas y la materia seca total de las plantas muestreadas se utilizaron para determinar el área foliar y la concentración de N, P y K, respectivamente donde N total se determinó con el método Kjeldhal; el P por colorimetría y el K por fotometría de flama (Chapman y Parker, 1986). El total de N, P, y K acumulado en la materia seca se calculó a partir del peso total de materia seca obtenido por unidad de superficie por la concentración

de nutrimentos determinado en la muestra. Llegando a la conclusión que el maíz forrajero en surcos sencillos a 38 cm y a 105 cm en doble hilera incrementa el rendimiento de materia seca en 15.5% y el mayor rendimiento de materia seca y acumulación de N y K observados en surcos estrechos en comparación con el testigo sugiere la necesidad de ajustar la dosis de fertilización incrementar la dosis de N entre 10 y 15 kg $ha^{-1}$.

Martínez-cruz *et al*. (2017) estudiaron el contenido de fósforo, potasio, zinc, hierro, sodio, calcio y magnesio, análisis de su variabilidad en accesiones cubanas de maíz, se realizaron tres prospecciones de maíz, recolectando de 0,5-1,0 kg de semilla por cada entrada. La primera prospección se ejecutó entre los meses de noviembre y diciembre de 1998, Posteriormente, del 15 al 21 de abril de 2002, se realizó la prospección en el municipio Contramaestre, provincia Santiago de Cuba y Por último, del 19 al 24 de abril de 2003. Para evaluar la calidad nutricional de la muestra se determinaron los caracteres: contenido de zinc (Zn), hierro (Fe), sodio (Na), calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg) y potasio (K). La determinación de zinc, hierro, sodio, calcio, fósforo, magnesio y potasio, tras la mineralización ácida, se procedió a la determinación espectrofotométrica del contenido de fósforo, determinación por fotometría de llama de sodio y potasio y determinación por absorción atómica de calcio, magnesio, hierro y zinc, llegando a la conclusión que debido a la diferencia entre genotipos y a la pluralidad de orígenes, manejo y condiciones ambientales en que se desarrolla este cultivo en Cuba y el contenido de fósforo y calcio fue alto, mientras que el contenido de magnesio, potasio y sodio fue bajo, siendo el de hierro y zinc intermedio entre los valores estándares para el cultivo.

Flores-Sánchez *et al*. (2017) diagnosticaron el manejo de la nutrición mineral y de residuos del sistema de cultivo de maíz, e identificaron oportunidades para su uso eficiente, en las comunidades de los municipios de Valle de Santiago se trabajó con 55 sistemas de cultivo de maíz y en Salvatierra con 13 sistemas del mismo tipo en Guanajuato, México. El muestreo del suelo en los sistemas de cultivo seleccionados se tomaron 10 submuestras de suelo por hectárea, a una profundidad de 0 a 20 cm posteriormente realizaron una muestra compuesta

para su análisis en laboratorio. Las propiedades analizadas fueron pH (1:2, suelo:agua), materia orgánica (método de Walkley-Black), nitrógeno total (método de Kjeldahl-N), fósforo (Olsen), potasio intercambiable (en acetato de amonio, pH 7.0 ) y contenido de carbono, estimado a partir del valor obtenido de materia orgánica, además se estimó la biomasa total del aérea, en cada sistema de cultivo se seleccionaron al azar tres áreas de muestreo (de 3 m lineales cada una) en las que se midió la densidad poblacional. En resolución de esta investigación se llegó a que se encontró gran variación en el rendimiento de grano (entre 7 300 y 15 800 $kg \cdot ha^{-1}$), sin asociación entre la disponibilidad de nutrientes y dicho rendimiento lo anterior cuestiona la existencia de una diversidad de factores limitantes (abióticos, bióticos y sus interacciones) que actúan en forma eventual sobre el crecimiento biológico para la producción de biomasa y el rendimiento.

Pacheco-Sangerman *et al*. (2022) desempeñaron en el municipio de Texcoco, Estado de México una evaluación de cinco dosis de fertilización tomando como base el diagnóstico de la fertilidad de suelos para que mediante tres metodologías de diagnóstico foliar determinar el balance nutrimental en cultivos de maíz utilizando dos variedades de maíz (estrella y celeste). Dando como resultado que el suelo es arcilloso, con un pH neutro, muy bajo en Cu, bajo en Fe y Mn y medio en N, Zn y CIC, alto de materia orgánica y muy alto de P, K, Ca, Mg y B. El diagnóstico realizado con las tres metodologías de interpretación demostró que los nutrimentos N y Zn fueron los más deficientes mientras que el Ca y B se presentaron en niveles altos. La concentración de nutrientes del suelo y el diagnóstico foliar (Kenworthy,1967), representó correlación directa para los elementos Cu y Mn; mientras que, el P, K Ca, Mg y B fueron determinados como medios y altos tanto en el suelo como en la planta.

Coraspe-Leon *et al. (*2009) constataron que el Nitrógeno (N) es constituyente estructural de proteínas, de muchos metabolitos relacionados con la síntesis y transferencia de energía y también de ácidos nucleícos. El N puede ser absorbido por las plantas en la forma de nitrato (NO3–) o amonio (NH4+). La absorción de nitrato y amonio varia conforme la especie, variedad, temperatura, pH e intensidad luminosa como puede ser constatado en diversos cultivos. Donde el objetivo de esta investigación fue determinar la forma preferencial de N (N-NH4+ o N-NO3–) absorbido por las plantas de papa en la producción de tubérculos-semilla, utilizando el isótopo 15N. El experimento se llevó a cabo en el invernadero del Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) / USP, Brasil, utilizando macetas plásticas de 2,3 l, con arcillas expandidas como sustrato. El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado con cinco tratamientos, correspondientes al momento de aplicación de NH4 o NO3 marcado (15NH4 o 15 NO3): 14, 28, 42, 56 y 70 días después del trasplante (DAT), y tres réplicas.

# 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Fernández-Suarez *et al.* (2013) señalan que México es el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (*Z. mays*), existen 59 razas de acuerdo con la clasificación más reciente basada en características morfológicas e isoenzimáticas. Esta diversidad es producto de milenarias prácticas agrícolas vinculadas al conocimiento tradicional de los pueblos indígenas.

El crecimiento, desarrollo y producción de las plantas requieren un suministro continuo y adecuado de nutrimentos minerales esenciales pero si este es limitado el crecimiento de la planta de maíz se retrasa como es el caso del nitrógeno, fosforo y potasio así mismo la carencia o exceso de estos se ven manifestados en la planta ocasionado la perdida de la calidad del cultivo, para el nitrógeno su ausencia genera una clorosis en las hojas o en toda la planta, tallos cortos y largos además cuando está en etapa de producción las mazorcas aparecen sin granos en las puntas, de igual forma la ausencia del fosforo propicia achaparramiento, tonos morados en hojas, tallos, peciolos, madurez tardía y bajo rendimiento de grano, por otra parte algunos de los síntomas presentes también pueden ser propiciados por condiciones climáticas dado a que en la zonas altas existen gran diversidad de climas esto puedo generar alguna confusión para dictaminar sin un previo análisis si está en deficiencia o presenta deficiencia no visibles “hambre oculta” con lo cual genere afectaciones al sustento de miles de familiar en las comunidades rurales.

Se debe tener en cuenta que las variedades de maíz requieren diferentes requerimientos nutricionales para poder desarrollarse en condiciones óptimas, y además esto implica el manejo agronómico y el uso continuo de insumos agrícolas que pueden ser de origen orgánico o sintético. Ahora bien, el análisis de savia permite determinar el contenido nutricional de la planta, permitiéndoles determinar la cantidad nutriente disponibles en el suelo y en qué cantidad es absorbido por la planta así de esta manera poder predecir las deficiencias en próximos ciclos del cultivo.

Es por tal importancia de conocer el estado nutricional de maíces nativo del municipio de Xoxocotla, perteneciente a la denominada región Las Altas Montañas, ubicada en la zona centro del estado de Veracruz, México. Es evidentemente que al aplicar insumos agrícolas necesarios se evitaría la inmovilización y la volatilización de nutrientes y cambios fisicoquímicos en el suelo, el deterioro de la seguridad alimentaria y el incremento paulatino de la pérdida de variedades nativas del maíz.

Si bien es sabido que con las mejoras en el ámbito técnico productivo en el manejo y balanceado de la fertilización la cantidad de nutrientes asimilables por la planta de maíz se mejora a su vez se le considera un factor con gran relevancia en el manejo de las plantas, pues es un punto clave para prevenir y predecir deficiencias o toxicidades al igual que es fundamental para obtener rendimientos adecuados y sostenidos, que conlleven a una alta rentabilidad del cultivo el cual estrechamente relacionado con la raza de maíz, clima, sistema de manejo, también la disponibilidad de nutrientes en suelo de forma natural para poder de esta manera garantizar la seguridad alimentaria de las familias de los agricultores del medio rural.

# 4. JUSTIFICACIÓN

En la región de Las Altas Montañas de Veracruz existen diferentes agroecosistemas tradicionales donde están dominados por razas nativas de maíz y asociados a otros cultivos estratégicos como haba (*Vicia faba* L.), calabaza (*Cucurbita* spp.), pero que estos agroecosistemas no son evaluados nutricionalmente mediante métodos de examen de savia que permitirían predecir desórdenes nutricionales en las plantas; asimismo, la escasa disponibilidad de datos cuantitativos acerca del peso de la biomasa en fresco y seco de la planta de maíz en las razas nativas, por lo que existe una clara necesidad de trabajar con los agricultores para proponer un manejo adecuado de fertilizantes en el cultivo de maíz y de esta forma generar prácticas agrícolas sustentables sobre el uso eficiente de insumos (sintéticos u orgánicos) para garantizar la seguridad alimentaria, el desarrollo rural sostenible y la protección de los cultivos nativos como lo es el maíz.

# 5. OBJETIVOS

## 5.1 Objetivo general

- Comparar el sistema de manejo en el estado nutricional y de biomasa en cuatro agroecosistemas con razas de maíz nativas durante la etapa R6 en Las Altas Montañas de Veracruz, México.

## 5.2 Objetivo especifico

- Comparar el peso fresco y seco de la biomasa en las razas de maíz nativas entre agroecosistemas con manejo convencional y agroecológico.
- Cuantificar y comparar los macronutrientes (nitratos, fosfatos) entre agroecosistemas con razas de maíz nativas bajo manejo convencional y agroecológico.

# 6. HIPÓTESIS

- El peso fresco y seco de la biomasa en las razas de maíz nativas es mayor en agroecosistemas con manejo convencional que el agroecológico.

- Los niveles de macronutrientes (nitratos, fosfatos) son altos en agroecosistemas con razas de maíz nativas bajo manejo convencional que el agroecológico

# 7. MARCO TEÓRICO

Conforme a la CONABIO (2020) el maíz (*Zea mays* L.) es un pasto de la familia botánica Poaceae o Gramineae, al igual que el trigo, el arroz, la cebada, el centeno y la avena. Este cultivo se originó mediante el proceso de domesticación que llevaron a cabo los antiguos habitantes de Mesoamérica, a partir de los "teocintles", gramíneas muy similares al maíz, que crecen de manera natural principalmente en México y Centroamérica. Se considera que las poblaciones de teocintle del centro del México (Kato 1984) o los que crecen en el trópico seco de la Cuenca del Balsas (Matsuoka *et al.,* 2002), pudieron ser los ancestros de los cuales se domesticó el maíz cultivado.

El proceso de domesticación del maíz inició hace aproximadamente 10,000 años, muy asociada a la invención y desarrollo independiente de la agricultura en Mesoamérica, y continua en el presente con el manejo, cultivo y selección que hacen año con año los agricultores y sus familias de sus variantes de maíces nativos (o criollos), asimismo con la interacción de este cultivo con sus parientes silvestres, los teocintles, en las regiones donde coinciden de manera natural (CONABIO, 2020).

Es por ello Cruz (2013) sostiene que el maíz es un cultivo de crecimiento rápido (3-5 meses), aunque depende del genotipo, que proporciona un mayor rendimiento con temperaturas moderadas y un suministro adecuado de agua.

- **Clima**

La planta de maíz requiere una temperatura de entre 24.4 y 35.6ºC., siendo una media de 32 °C la temperatura ideal para lograr una óptima producción. Requiere bastante cantidad de luz solar (Cruz, 2013).

- **Riego**

El agua en forma de lluvia es necesaria y benéfica ya que en ciertas ocasiones existe un control de plagas en forma natural, sobre todo cuando la planta está en el período de crecimiento, requiere aproximadamente de 600 a 700 mm de agua durante su ciclo vegetativo (Cruz, 2013).

- **Suelo**

Los suelos más apropiados para la producción de maíz son los suelos francos o francos arcillosos con buen drenaje. Los factores físicos, químicos y ambientales son los que determinan la capacidad de producción de estos suelos (Cruz, 2013).

### 7.1 Fenología y fisiología

El CONACYT (2019) en el Cuadro 1 detalla las etapas de crecimiento del maíz que se dividen en dos grandes categorías:

- Vegetativa (V)
- Reproductiva (R)

Además, las etapas de crecimiento se pueden agrupar en cuatro grandes períodos:

- Crecimiento de las plántulas (etapas VE y V1)
- Crecimiento vegetativo (etapas V2, V3... Vn)
- Floración y la fecundación (etapas VT, R0, y R1)
- Llenado de grano y la madurez (etapas R2 a R6)

**Cuadro 1. Etapas de crecimiento de la planta de maíz.**

| Etapa | Días | Características |
|---|---|---|
| VE | 5 | El coleoptilo emerge de la superficie del suelo. |
| V1 | 9 | Es visible el cuello de la primera hoja. |
| V2 | 12 | Es visible el cuello de la segunda hoja. |
| Vn | | Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.) |
| VT | 55 | Es completamente visible la última rama de la panícula. |
| RO | 57 | Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar. |
| R1 | 59 | Son visibles los estigmas. |
| R2 | 71 | Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión. |
| R3 | 80 | Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco. |
| R4 | 90 | Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano. |
| R5 | 102 | Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado. |
| R6 | 112 | Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano.<br>La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35% |

## 7.2 Fases de nutrición

La función de la nutrición es el proceso por el cual los seres vivos obtienen la materia y la energía que necesitan para formar sus propias estructuras y realizar sus funciones vitales. Lynn-Margulis *et al.* (2013) argumentan que el proceso que una planta debe realizar para poder obtener su nutrición necesaria para su desarrollo y crecimiento y poder cumplir con su ciclo de vida las cuales se dividen en:

A. Absorción y transporte de agua y sales minerales desde la raíz hasta el xilema.
B. Transporte del agua y sales minerales por el xilema.
C. Intercambio de gases en las hojas.
D. Fotosíntesis.
E. Transporte de materia orgánica por el floema.
F. Respiración celular.
G. Excreción de los productos de desecho del metabolismo

**Absorción y transporte de agua y sales minerales desde la raíz hasta el xilema.**

Lynn-Margulis *et al.* (2013) explican que el suelo está constituido por pequeñas partículas de roca y materia orgánica que albergan espacios rellenos de aire y de agua. Del suelo, las plantas van a extraer agua y sales minerales. Solamente los minerales que están disueltos en agua pueden entrar en la raíz.

Después, los nutrientes tienen que atravesar los distintos tejidos de la raíz hasta llegar al xilema que, a su vez, los conducirá hasta el aparato fotosintético de la planta.

El movimiento del agua y de las sales desde la epidermis de la raíz hasta el xilema del cilindro vascular puede seguir dos vías:

1. Una vía transcelular o simplástica, es decir, pasando de célula a célula a través de los plasmodesmos, a través de unas proteínas transportadoras que se encuentran en las membranas celulares y supone un coste energético (ATP).

2. Una vía extracelular o apoplástica, es decir, aprovechando los grandes espacios intercelulares existentes entre las células parenquimáticas del córtex de la raíz. Es probable que la mayor parte de agua y sales minerales aprovechen esta vía, sin embargo, al llegar a la endodermis (la capa interna del córtex), ambos caminos convergen, debido a que esta capa resulta infranqueable por la vía extracelular.

**Transporte de agua y sales minerales por el xilema.**

Las sales minerales y el agua forman la savia bruta, que tiene que recorrer grandes distancias a lo largo del xilema hasta llegar a las hojas, donde se realiza la fotosíntesis

El movimiento de la savia bruta puede explicarse bien porque se produce una presión positiva que la empuja a ascender desde abajo (teoría de la presión radicular), o bien porque existe una fuerza succionadora que, desde arriba, «tira» del agua y de las sales minerales (teoría de la cohesión-tensión) (Lynn-Margulis *et al.,* 2013).

**El intercambio de gases**

Las plantas intercambian con la atmósfera oxígeno y dióxido de carbono. Aunque no disponen de aparato respiratorio como los animales, poseen unas estructuras especializadas en el intercambio gaseoso, situadas en su superficie: las estomas y las lenticelas.

Las estomas son estructuras especializadas de la epidermis formadas por dos células, generalmente de forma arriñonada, las células oclusivas, que delimitan un espacio entre ellas, el ostiolo, Después de entrar por el ostiolo, el dióxido de carbono, necesario para la fotosíntesis, se difunde por los espacios intercelulares de los tejidos del vegetal, entra en las células y, por último, en los cloroplastos. El oxígeno, que se produce durante la fotosíntesis, sale por el ostiolo y realiza el camino inverso (Lynn-Margulis *et al.,* 2013).

**La fotosíntesis**

Lynn-Margulis *et al.* (2013) definen que la fotosíntesis es un proceso anabólico cuya función es convertir la energía luminosa en energía química, que se emplea para sintetizar moléculas orgánicas a partir de compuestos inorgánicos. Como subproducto, se desprende oxígeno.

La fotosíntesis se produce en dos fases: la fase luminosa y la fase oscura:

1. Durante la fase luminosa, que tiene lugar en la membrana de los tilacoides del cloroplasto, los rayos solares, al colisionar con las moléculas de clorofila de la foto-sistemas, desplazan algunos electrones de su órbita, aumentando su nivel de energía.
2. Durante la fase oscura, que tiene lugar en el estroma del cloroplasto, se producen un conjunto de reacciones químicas denominadas ciclo de Calvin, que conducen a la síntesis de glucosa a partir de dióxido de carbono y agua.

**Distribución de la savia elaborada por el floema**

Los productos que se han sintetizado en las hojas durante la fotosíntesis se denominan savia elaborada, mezcla de azúcares (principalmente sacarosa), aminoácidos, sales y agua.

El transporte de la savia elaborada desde las zonas de producción, o fuentes, hacia las zonas de consumo, o sumideros, se realiza por el floema. Las principales fuentes de la planta son las hojas, donde se lleva a cabo la fotosíntesis, mientras que los sumideros son los órganos en crecimiento, como los meristemos de tallos y raíces, o los tejidos de almacenamiento, como frutos, semillas y raíces (Lynn-Margulis *et al.,*2013).

**La respiración**

La respiración celular es un proceso catabólico que requiere oxígeno y cuya función consiste en la degradación de la materia orgánica para extraer la energía que encierran sus enlaces. Tiene lugar en las mitocondrias (Lynn-Margulis *et al.,* 2013).

**Eliminación de los productos de desecho.**

Lynn-Margulis *et al.* (2013) deducen que las plantas no tienen aparatos o sistemas especializados en esta función, porque las principales sustancias de desecho que se forman durante el catabolismo (dióxido de carbono, agua, y productos nitrogenados) son reutilizadas en la fotosíntesis.

Por tanto, la función excretora de las plantas queda reducida a un número muy limitado de actividades como son la eliminación por difusión del dióxido de carbono sobrante, la acumulación en las vacuolas de cristales de oxalato cálcico (residuo metabólico de las células vegetales), o la eliminación del exceso de sal en plantas que viven en ambientes salobres. En este último caso, la excreción se realiza a través de unos conductos asociados a unas glándulas de la sal, presentes en las hojas.

Pero seguro que recuerdas que las plantas también expulsan otras sustancias, como resinas, aceites esenciales, etc. Por eso es importante que diferencies entre excreción y secreción.

### 7.3 Clasificación de los nutrientes y su función en la planta

Perez-Leal (2017) postula que en una clasificación de los nutrientes un tanto arbitraria, el nitrógeno, fósforo y potasio considerados como macronutrientes, se les denomina nutrientes primarios, mientras que el magnesio, calcio y azufre también macronutrientes, se les llama nutrientes secundarios y otros investigadores han propuesto que los elementos esenciales deberían clasificarse conforme a sus funciones bioquímicas y fisiológicas Estos investigadores, clasifican los elementos esenciales en cuatro grupos básicos:

- **Grupo 1**

Nutrientes que forman parte de compuestos orgánicos: N y S El N forma parte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas, hexosaminas .
El S forma parte de la cisteína, cistina, metionina, coenzima A, tiamina, glutatión, biotina, 5-adenosil sulfato, 3-fosfoadenosina, etc.
Las plantas asimilan estos nutrientes mediante reacciones químicas redox (de oxidación y reducción) para formar enlaces covalentes con el carbono (C) y crear compuestos orgánicos.

- **Grupo 2**

Nutrientes importantes en el almacenamiento de energía o en la integridad estructural: P, Si, B El P forma parte de los azúcares fosfato, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas, fosfolípidos, etc.
Tiene una importante función que implica al ATP (principal molécula de almacenamiento y transferencia de energía en la célula).
El Si se almacena como silicato en la pared celular de las plantas, contribuyendo a las propiedades mecánicas de las mismas, incluyendo la rigidez y la elasticidad. El B forma complejos con el manitol, mananos oligosacáridos y ácido poligalacturónico y con otros componentes de la pared celular. Está implicado en la elongación celular y en el metabolismo de los ácidos nucleicos.

- **Grupo 3**

Nutrientes que aparecen en forma iónica: K, Ca, Mg, Cl, Mn, Na El K es requerido como cofactor por más de 40 enzimas.

Es el principal catión implicado en mantener la turgencia celular y la neutralidad eléctrica.

El Ca forma parte de la pared celular vegetal, es requerido como cofactor para algunas enzimas implicadas en la hidrólisis del ATP y de los fosfolípidos. Actúa como segundo mensajero en los procesos de regulación metabólica.

El Mg es requerido por muchas enzimas implicadas en la transferencia de grupos fosfato. Forma parte de la molécula de clorofila.

En Cl es requerido en las reacciones fotosintéticas implicadas en la evolución del oxígeno molecular (O2).

El Mn es requerido para la actividad de algunas deshidrogenasas, descarboxilasas, kinasas, oxidasas (como la Mn-SOD), peroxidasas. También está involucrada en la evolución fotosintética del O2. El Na está implicado en la regeneración del fosfoenolpiruvato en plantas que presentan fotosíntesis tipo C4 y CAM. Puede sustituir al K en alguna de sus funciones.

- **Grupo 4**

Nutrientes implicados en reacciones Redox: Fe, Zn, Cu, Ni, Mo El Fe forma parte de los citocromos, y de proteínas no héticas implicadas en fotosíntesis, fijación de N y respiración.

El Zn forma parte de las enzimas alcohol deshidrogenasa, glutámico deshidrogenasa, anhidrasa carbónica.

El Cu forma parte de las enzimas ascorbato oxidasa, tirosinasa, monoamino oxidasa, uricasa, citocromo oxidasa, fenolasa, lacasa y de la plastocianina.

El Ni es constituyente de la enzima uricasa. En las bacterias fijadoras de nitrógeno forma parte de las hidrogenasas.

El Mo forma parte de las enzimas nitrogenada, nitrato reductasa y xantina deshidrogenasa.

### 7.4 Deficiencias del cultivo de maíz

#### 7.4.1 Deficiencia de nitrógeno (N)

Kumar-sharma *et al.* (2017) describen el manejo e identificación de deficiencias de maíz *(Zea mays L.)*

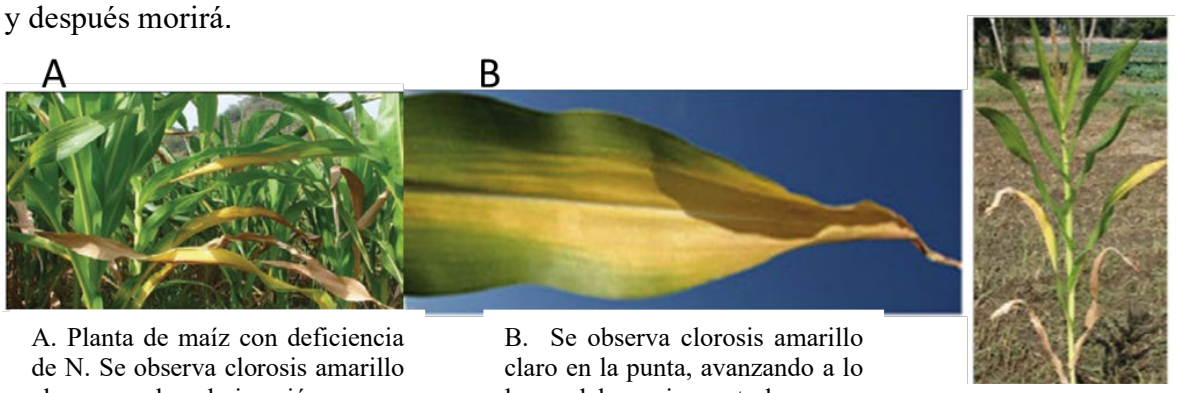
7.4.1 deficiencias de nitrógeno (N)

**Síntomas**

- El maíz es muy sensible a la deficiencia de nitrógeno. Cuando ésta se presenta, las plantas se retrasan en el crecimiento y forman mazorcas pequeñas. A su vez, las mazorcas afectadas tienen granos pequeños y en bajas cantidades. Se ha observado que el crecimiento de las plantas jóvenes se reduce drásticamente, aun con deficiencias leves de este nutriente.

**Etapas de desarrollo**

- Etapa I. En caso de que la deficiencia sea leve, toda la planta será color verde claro uniforme.
- Etapa II. Si la deficiencia es severa, las hojas más viejas presentarán una clorosis color amarillo claro en la punta. La clorosis avanzará hacia la base de las hojas a lo largo de la nervadura central con un patrón en forma de "V"
- Etapa III. En condiciones de deficiencia grave, la hoja se volverá primero café claro y después morirá.




A. Planta de maíz con deficiencia de N. Se observa clorosis amarillo claro en las hojas jóvenes y necrosis café en la punta de las hojas viejas.

B. Se observa clorosis amarillo claro en la punta, avanzando a lo largo del nervio central con un patrón en forma de "V".

C. Se observa clorosis amarillo claro en la punta, avanzando a lo largo del nervio central con un patrón en forma de "V".

**Figura 1.** Deficiencia de Nitrógeno En La Planta De Maíz. Obtenido de: https://idp.cimmyt.org/publicacion/guia-para-la-identificacion-y-manejo-de-la-deficiencia-de-nutrientes-y-cereales/.

### 7.4.2 Deficiencias de Fósforo (P)

**Síntomas**

- Las plantas deficientes en fósforo presentan achaparramiento, tallos largos y delgados, madurez tardía y bajo rendimiento de grano.
- Cuando la deficiencia es severa, las hojas verdes azuladas se vuelven color café rojizo o morado.

**Etapas de desarrollo**

- Etapa I. En la etapa temprana de la deficiencia, la planta tendrá un color morado oscuro en los márgenes de las hojas más viejas. Los síntomas generalmente comienzan en la punta y avanzan hacia la base de las hojas.
- Etapa II. Si la deficiencia es severa, la hoja entera se volverá de café rojizo a morado.
- Etapa III. En caso de deficiencia grave, se desarrollará en la punta de la hoja una necrosis café que avanzará a lo largo de los márgenes hacia la base.

A. Se observa una coloración morada que avanza a lo largo de los márgenes de las hojas.

B. Se observa coloración de café rojiza a morada en toda la hoja.

C. Se observa coloración morada y necrosis café a lo largo de los márgenes.

**Figura 2.** Deficiencia De Fósforo En La Planta De Maíz. Obtenido de: https://idp.cimmyt.org/publicacion/guia-para-la-identificacion-y-manejo-de-la-deficiencia-de-nutrientes-y-cereales/.

### 7.4.3 Deficiencia de Potasio (K)

**Síntomas**

- La deficiencia de potasio provoca acortamiento de los entrenudos del tallo, achaparramiento de la planta y una pérdida generalizada del color verde oscuro saludable del follaje.
- Los síntomas comienzan con una clorosis amarillo claro en las hojas viejas, seguida de una necrosis café claro. Ambos síntomas se desarrollan primero en la punta de las hojas y avanzan a lo largo de los márgenes, hacia la base.

**Etapas de desarrollo**

- Etapa I. En condiciones de deficiencia leve, la planta presentará retraso en su crecimiento, tallos delgados y hojas verde claro.
- Etapa II. Si la deficiencia es severa, se desarrollará una clorosis marginal en la punta de las hojas más viejas.
- Etapa III. A medida que la deficiencia se agrave, se desarrollará una necrosis café claro. Tanto clorosis como necrosis avanzan a lo largo de los márgenes hacia la base de las hojas, dejando la vena central y el tejido circundante color verde claro.

A. Se observa clorosis marginal en las hojas viejas.

B. Se observa clorosis marginal y necrosis en la punta de la hoja.

C. Se observan clorosis y necrosis avanzando a lo largo de los márgenes hacia la base de la hoja. La vena central y el tejido circundante no cambian de color.

**Figura 3.** Deficiencia de Potasio En La Planta De Maíz. Obtenido de: https://idp.cimmyt.org/publicacion/guia-para-la-identificacion-y-manejo-de-la-deficiencia-de-nutrientes-y-cereales/

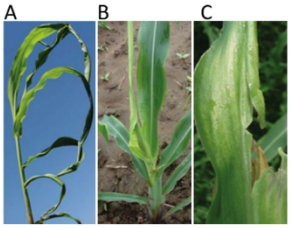
**Síntomas**

• Las plantas deficientes de calcio presentan retraso en su crecimiento; tallos cortos y robustos; y rendimiento de grano muy bajo.

- Los síntomas de la deficiencia son más graves en las hojas jóvenes, donde aparecen primero, mientras que las hojas más viejas, por lo general, no se ven afectadas y mantienen su color oscuro.
- Las hojas nuevas crecen mal formadas y desgarradas, lo que le da a la planta una apariencia "harapienta".
- En condiciones de deficiencia muy severa, las puntas de las hojas más jóvenes permanecen unidas entre sí y no se separan de la espiral. Esto le da a la planta una apariencia de escalera.

**Etapas de desarrollo**

- Etapa I. En la primera etapa de la deficiencia, las hojas jóvenes tendrán un color verde claro y desarrollarán lesiones amarillo blanquecinas en el tejido intervenal.
- Etapa II. En condiciones de deficiencia severa, las hojas jóvenes se mantendrán enrolladas y con las puntas pegadas.
- Etapa III. Si la deficiencia es grave, las lesiones amarillo blanquecinas aumentarán su tamaño y la lámina de la hoja se desgarrará en la zona lesionada.
- Etapa IV. En caso de deficiencia muy grave, las hojas nuevas morirán en cuanto aparezcan.




A. Planta de maíz con deficiencia de Ca severa. Se observan las puntas de las hojas pegadas entre sí. La planta tiene apariencia de escalera.

B. Planta de maíz con deficiencia de Ca. Se observa que las hojas jóvenes están enrolladas y con las puntas unidas.

C. Hoja joven de maíz con deficiencia de Ca. Se observan lesiones amarillo blanquecinas en los tejidos intervenales. La lámina de la hoja se desgarra fácilmente en las zonas lesionadas.

**Figura 4.** Deficiencia de Calcio En La Planta De Maíz. Obtenido de: https://idp.cimmyt.org/publicacion/guia-para-la-identificacion-y-manejo-de-la-deficiencia-de-nutrientes-y-cereales/

### 7.5 Alternativas orgánicas para las correcciones de deficiencias en el cultivo

Escalona-Aguilar *et al*. (2017) declaran que uno de los principales problemas que enfrentan los agricultores es el alto costo de los insumos externos como los fertilizantes sintéticos y que además causan graves problemas de contaminación ambiental y degradación del suelo, por lo que recomiendan utilizar fertilizantes orgánicos:

- **Bocashi**

Es un abono orgánico que se obtiene a través de un proceso de fermentación de diferentes insumos orgánicos gracias a la actividad de microorganismos que proporcionan nutrientes y microorganismos al suelo. La palabra bocashi es del idioma japonés que significa materia orgánica fermentada.

**Ventajas:**

- Se elabora rápidamente y es económico.
- Mejora la estructura y textura del suelo.
- Aporta microorganismos y minerales al suelo.
- Aporta materia orgánica que funciona como amortiguador y regenerador del suelo

- **Lombricomposta**

Material similar a la tierra, producido a partir de la digestión natural de las lombrices, que utiliza la acción conjunta de microorganismos para procesar material orgánico en nutrientes, el cual es utilizado comúnmente como mejorador de suelos o sustituto de fertilizantes de origen químico.

- **Composta de hojarasca**

  Es un abono orgánico que proviene de reunir en forma armónica hojas secas de diferentes procedencias, como fuente de carbono, colocadas en un contenedor, a las cuales se les adiciona una fuente de nitrógeno, como puede ser orina, para llevarse a cabo la degradación de la materia orgánica a través del tiempo por los microorganismos, a lo que llamamos descomposición biológica. El abono resultante varía, en su contenido, según el tipo y cantidad de materiales utilizados para su obtención

  **Beneficios**:

  - Mejora las propiedades físicas del suelo, facilitando el manejo del suelo para las labores de siembra.
  - Aumenta la capacidad de retención de humedad por el suelo y por consiguiente a regular la temperatura del mismo.
  - Aporta nutrientes mejorando la capacidad de intercambio catiónico. Así también, mejora la actividad microbiológica, para la transformación de los materiales orgánicos a inorgánicos, para que las plantas lo utilicen, este último, como alimento

- **Microorganismos de montaña**

  Escalona-Aguilar *et al*. (2017) mencionan que son hongos, y otros microorganismos benéficos, que viven y se encuentran en el suelo de bosques, lugares sombreados, montañas, y se desarrollan en un ambiente natural. Se pueden reconocer fácilmente en el suelo por la formación de micelios blancos (hilitos blancos) y por su olor a humedad. Con el objetivo de incrementar la cantidad de microorganismos para aplicarlos en el suelo y en las plantas, su función es acelerar la descomposición de la materia orgánica para formar humus y proteger a los cultivos.

- **Té de compost**

  Es un extracto acuoso de composta y/o lombricomposta, que permite que los microorganismos benéficos crezcan mucho. Al agregar aire en la mezcla nos aseguramos de que esos microorganismos (bacterias y hongos) no solamente continúen vivos y se mezclen con el agua, sino que, debido a la presencia de aire, aumentan su número y concentración.

  **Beneficios:**

  - Aumentar la cantidad de microorganismos benéficos
  - Mejorar la estructura del suelo y reducir enfermedades.
  - Aumentar la profundidad de enraizamiento de las plantas, incrementando la disponibilidad de nutrientes a los que la planta puede acceder.
  - Las plantas absorben nutrientes en el té necesario para permitirles resistir infecciones más rápidamente.

- **Purín**

  Es un abono líquido que se obtiene a través de la fermentación de hierbas, restos vegetales y/o estiércol que contiene microorganismos y bacterias fijadoras de nitrógeno del suelo.

- **Súper magro**

  El súper-magro es un abono líquido que sirve para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas y al mismo tiempo estimular la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades

### 7.5.1 AGROECOSISTEMAS

La biodiversidad, es decir, la variedad y variabilidad de los animales, plantas y microorganismos a nivel de genes, de especies y de ecosistemas, es necesaria para mantener las funciones clave de los ecosistemas, su estructura y sus procesos (FAO, 2023).

López Baez *et al.* (2006) señalan que un agroecosistema puede definirse desde el enfoque de sistemas como: La unidad física donde se desarrolla la actividad agrícola, pecuaria, forestal, acuícola o su combinación e inciden los factores económicos, sociales y ecológicos para la obtención de alimentos y otros satisfactores que la sociedad demanda a través del tiempo y que la agroecología permite ver el agroecosistema integralmente con su genética, agronomía, edafología, para lograr un entendimiento de los niveles de evolución ecológica y social, su estructura y función.

Los agroecosistemas pueden ser considerados como ecosistemas modificados para producir alimento y fibra que satisfaga las necesidades humanas (Hernández Xolocotzi, 1977). Los ecosistemas agrícolas son ecosistemas manejados con al menos una población vegetal (Hart, 1985). Sin embargo, la diversidad de especies es generalmente reducida, las especies vegetales o animales son seleccionadas artificialmente, y es aplicado un control externo por los humanos en lugar de que sea a través de los mecanismos naturales de retroalimentación (López Baez *et al.,* 2006).

El mantenimiento de la biodiversidad en un agroecosistema es necesario para garantizar la provisión de bienes y servicios como, el sustento biológico a la producción (sustento proporcionado por los organismos que constituyen la diversidad biológica de los agroecosistemas). Por ejemplo, la fauna del suelo y los microorganismos, junto con las raíces de las plantas y de los árboles, aseguran los ciclos nutritivos además de funciones ecológicas más amplias (procesos ecológicos valiosos que resultan de las interacciones entre especies, así como entre éstas y el medio, como el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la calidad del agua y la regulación del clima) (FAO, 2023).

### 7.6 Importancia de la biomasa en las plantas

Pérez-Leal (2017) manifiesta que el estudio de la nutrición mineral se puede alcanzar utilizando el análisis elemental y el análisis inmediato, así mismo refiere que es recomendable saber las proporciones de humedad y de materia seca en los órganos de la planta.

La determinación del peso seco es indispensable, ya que el contenido de agua de los órganos vegetales está entre 6 y 90%; aunque para un órgano determinado puede variar también dependiendo de su estado de desarrollo.

Como promedio el protoplasma contiene 85 a 90% de agua, e inclusive los organelos celulares con un alto contenido en lípidos, como cloroplastos y mitocondrias tienen 50% de agua. El contenido de agua de las raíces expresado en peso fresco varia de 71 a 93%, el de los tallos de 48-94%, las hojas de 77 a 98%, los frutos tienen un alto contenido entre 84-94%. Las semillas de 5 a 11%, aunque las de maíz fresco comestible pueden tener un contenido de agua elevado del 85%. La madera fresca recién cortada contiene cerca de 50% de agua.

En las plantas el agua cumple múltiples funciones. Las células deben tener contacto directo o indirecto con el agua, ya que casi todas las reacciones químicas celulares tienen lugar en un medio acuoso.

Para que un tejido funcione normalmente requiere estar saturado con agua, manteniendo las células turgentes. Todas las sustancias que penetran en las células vegetales deben estar disueltas, ya que en las soluciones se efectúa el intercambio de sustancias nutritivas entre células, órganos y tejidos.

El agua como componente del citoplasma vivo, participa en el metabolismo y en todos los procesos bioquímicos. Una disminución del contenido hídrico va acompañada por una pérdida de turgencia, marchitamiento y una disminución del alargamiento celular, se cierran las estomas, se reduce la fotosíntesis, la respiración y se interfieren varios procesos metabólicos básicos. La deshidratación continuada ocasiona la desorganización del protoplasma y la muerte de muchos organismos (Pérez-Leal, 2017).

### 7.7 Análisis vegetal como herramienta de diagnóstico

Correndo *et al.* (2012) indican cuales son las utilidades, muestra e interpretación del análisis vegetal:

- Verificar síntomas de deficiencias nutricionales.
- Identificar deficiencias asintomáticas ("hambre oculta").
- Indicar interacciones entre nutrientes.
- Localizar zonas del lote que se comportan en forma diferente.
- Evaluar el manejo nutricional de los cultivos.

Así, utilizando el análisis de planta para realizar un seguimiento y registro en etapas tempranas del ciclo de los cultivos, el agricultor puede determinar si se requiere o no de tratamientos correctivos de fertilización.

#### 7.7.1 Muestra

Es importante considerar que el diagnóstico foliar exige un rigor de muestreo mayor que el del análisis de suelos, debido a que la especie, edad, tipo de tejido (planta entera, vainas, hojas completas, láminas, etc.).

Para obtener muestras vegetales representativas y comparables, en primer lugar es necesario determinar en qué momento y cuáles son los tejidos vegetales a recolectar. Si bien es cierto que generalmente el tejido foliar es el que mejor refleja el estado nutricional, no se trata de cualquier hoja de la planta: como regla general debemos tomar muestras correspondientes a tejidos similares y en el mismo estado fisiológico a los definidos por la referencia con la cual se compararan los resultados del análisis, es decir siguiendo las instrucciones correspondientes al método de interpretación que se utilizará.

Para el caso del maíz, normalmente se toman muestras en el estado fenológico de antesis (R1, Ritchie et al., 1996). Los valores de referencia utilizados en la interpretación con fines de diagnóstico basados en el nivel crítico para maíz en el período reproductivo, pueden tener en cuenta a distintas hojas: la hoja opuesta e inferior de la espiga (Malavolta et al., 1997), la hoja de la espiga (Voss, 1993; Jones, 1998; Campbell y Plank, 2000b) y la última hoja completamente desarrollada debajo del verticilo en la parte superior de la planta (Jones, 1991), con un número de muestras por hectárea es de 15-30.

Por otra parte, es necesario dejar en claro un criterio de segregación a la hora del muestreo (Jones, 1998). Así, se debería evitar muestrear plantas bajo las siguientes condiciones:

- Largos períodos de estrés climático o nutricional.
- Con daño mecánico o por insectos.
- Afectadas por enfermedad.
- Cubiertas por productos foliares que no pueden ser removidos con facilidad.
- Borduras u hojas sombreadas dentro del canopeo.
- Tejido vegetal muerto.

### 7.7.2 Interpretación

Existen varias metodologías para la interpretación de los resultados de los análisis vegetales. De manera general, se establecen diferentes categorías de contenido de nutrientes en tejido vegetal.

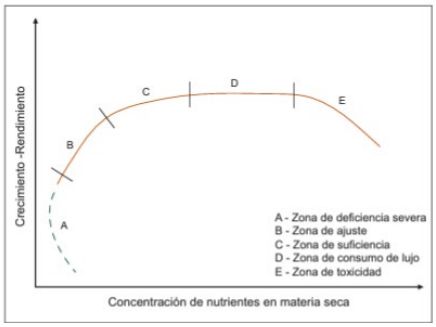



**Figura 5**. Relación General Entre El Crecimiento Y/O Rendimiento Y El Contenido De Nutrientes En Tejido Vegetal. Adaptado De Jones **(1998)**. Obtenido de: Chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/DDBAEC0992C903

**A-Zona de deficiencia severa**, la curva en "C" donde la producción aumenta, pero el nivel de nutrientes en tejido disminuye, se denomina efecto de Steenjberg (Steenjberg, 1954). Esto ocurre cuando la tasa de producción de materia seca es mayor que la velocidad de absorción o de transporte del elemento hacia el tejido foliar, causando su dilución.

**B-Zona de ajuste**, solo en esta parte de la curva se observa la relación entre el nivel foliar y el crecimiento o la producción. A menudo existe una relación lineal entre el aumento de la concentración foliar y la producción.

**C-Zona de suficiencia**, generalmente es una banda estrecha debajo de la cual la producción decrece fuertemente debido a la falta de un nutriente. Aquí se encuentra el llamado "nivel crítico inferior" o simplemente nivel crítico, que corresponde generalmente a tenores de nutrientes asociados con una intensidad máxima de procesos fisiológicos definidos, tales como la actividad fotosintética (Malavolta *et al.,* 1997).

**D-Zona de consumo de lujo**, es más ancha en el caso de los macronutrientes como K, y mucho más estrecha en otros casos, como con B. El nivel foliar aumenta, mientras que la producción permanece constante, por lo que hay un desperdicio de nutrientes. E) Zona de toxicidad, el nivel del nutriente aumenta aún más y la producción disminuye, ya sea como consecuencia de un efecto tóxico del elemento o como resultado del desbalance entre los elementos (Walworth y Sumner, 1987).

Los análisis que detectan valores en los rangos de bajo a deficiente, pueden estar asociados a síntomas visibles de deficiencias y/o rendimientos reducidos. Por el contrario, análisis foliares en los rangos altos o de exceso, se asocian a consumos de lujo o a situaciones de toxicidad que conducen potencialmente a bajos rendimientos o mala calidad de los productos cosechados (Melgar *et al.,* 2011).

Correndo *et al.* (2012) sostienen que el diagnóstico foliar basado en el nivel crítico es uno de los criterios más difundidos de interpretación del análisis de plantas y requiere que la concentración de nutrientes sea comparada con valores estándares para un determinado nutrimento, estado fenológico y órgano establecido (Bates, 1971). Las calibraciones de niveles críticos consideran como tal a la concentración mínima del nutriente con la que se logra 90-95% del rendimiento máximo. Una de las desventajas del criterio de niveles críticos radica en que estos valores pueden variar entre un 25% o más en función de diferentes condiciones.

| | N | P | K | S | Ca | Mg | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | | | | | mg kg$^{-1}$ | | | | | |
| Nivel crítico | < 2.0 | < 0.2 | < 1.0 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 10 | < 3-5 | < 50 | < 10-20 | < 0.1 | < 15-20 |
| Suficiencia | 2.0-5.0 | 0.2-0.5 | 1.0-5.0 | 0.1-0.3 | 0.1-1.0 | 0.1-0.4 | 10-100 | 5-20 | 50-250 | 20-300 | 0.1-0.5 | 20-100 |
| Toxicidad | No tox. | No tox. | No tox. | No tox. | No tox. | No tox. | > 100 | > 20 | No tox. | > 300 | > 0.5 | > 400 |

[a] *Los niveles de nutrientes para ciertos cultivos pueden variar hacia niveles más altos, sin toxicidad. Por ejemplo, para crucíferas, el rango de suficiencia para S es de 3 a 5 veces mayor que para cultivos de granos y legumbres.*

[b] *Los nutrientes listados como no tóxicos (No tox.), cuando se encuentran en exceso, pueden causar desbalances y ser perjudiciales para el crecimiento, pero rara vez son tóxicos.*

**Figura 6.** Guía General Para El Criterio De Rangos: Niveles Críticos (Deficiencia), De Suficiencia, Y Tóxicos De Los Nutrientes Vegetales. Adaptado de Bennett (1993). Obtenido de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/DDBAEC0992C9039F852579B3005ACE5D/$FILE/AA%2014.pdf

Correndo *et al.* (2012) proponen una alternativa al nivel crítico es el criterio de "suficiencia o rangos de suficiencia", que es el más popular y se pretende que los valores foliares no sean inferiores a un nivel considerado como crítico o se sitúen dentro de un rango de suficiencia (Figuras 6 y 7). La alternativa de utilizar "rangos" en lugar de niveles críticos se basa en que estos últimos no son valores estrictos de inflexión, y los rangos otorgan ventajas sobre todo en la identificación de deficiencias asintomáticas, que muchas veces pueden encontrarse por encima del nivel crítico (Campbel y Plank, 2000a).

De este modo explica Correndo *et al.* (2012) los rangos de suficiencia indicados en la (figura 7), a modo de guía específica por cultivo, los criterios anteriores, nivel crítico y rangos de suficiencia, dependen del estado fisiológico del muestreo y, por otra parte, no consideran interacciones entre los nutrientes. Una alternativa consiste en la llamada metodología DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System), que se basa en establecer relaciones empíricas de cada nutriente con los demás, independientemente del estado fenológico, comparando con una población de referencia a través de un índice (Beaufils, 1973; Elwali *et al.,* 1985). A nivel local existen diversas experiencias en los cultivos de maíz y trigo utilizando este criterio (Ratto de Miguez et al., 1991; Valenzuela y Ariño, 2000b; Landriscini et al., 2001; Hisse *et al.,* 2011a y 2011b).

| | Trigo | | Cebada | Arroz | Maíz | | | Sorgo | | | Soja | | Colza | Girasol | Alfalfa | Algodón | Papa | | Caña de azúcar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Referencias** | *1, 2, 3, 4* | | *1, 2, 4* | *1, 2, 5* | *1, 2, 3, 6, 7* | | | *1, 2, 8, 9* | | | *1, 2, 3, 10* | | *11* | *1, 2, 12* | *1, 3, 13* | *1, 2, 14* | *1, 15, 16* | | *2, 17, 18* |
| **Momento** | Em-Mac | Enc-Flo | Esp | Mac-Pan | Veg | Flo (*) | Flo(**) | Mac | Veg-Pan | Flo | Veg | Flo | Flo | Flo | 1° Flo | 1° Flo | 30 cm | *LIT* | 4 meses Brot |
| **Macronutrientes, %** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **N** | 4.0-5.0 | 1.75-3.3 | 1.2-1.7 | 2.6-4.8 | 3.0-5.0 | 2.75-3.25 | 2.7-4.0 | 1.3-1.5 | 3.0-4.0 | 2.5-4.0 | 3.5-5.5 | 3.25-5.5 | 4.0-6.4 | 3.0-5.0 | 3.0-5.0 | 3.5-4.5 | 3.0-4.0 | ¶1.5-2.0 | 1.9-2.6 |
| **P** | 0.2-0.5 | 0.2-0.5 | 0.2-0.5 | 0.1-0.4 | 0.3-0.8 | 0.25-0.35 | 0.20-0.50 | 0.4-0.8 | 0.2-0.4 | 0.2-0.35 | 0.30-0.60 | 0.26-0.60 | 0.42-0.69 | 0.3-0.7 | 0.25-0.70 | 0.20-0.65 | 0.25-1.25 | 0.2-2.0 | 0.20-0.30 |
| **K** | 2.5-5.0 | 1.5-3.0 | 1.5-3.0 | 1.0-3.5 | 2.0-5.0 | 1.75-2.25 | 1.7-3.0 | 2.5-3.0 | 2 | 1.4 | 1.7-2.5 | 1.5-2.5 | 3.5-5.1 | 2.0-4.5 | 2.0-3.5 | 1.4-3.0 | 1.5-8.0 | 8.0 | 1.0-1.6 |
| **S** | 0.15-0.65 | 0.4 | 0.15-0.40 | 0.15-0.30 | 0.15-0.40 | 0.15-0.20 | 0.1-0.6 | 0.08-0.10 | *sd* | 0.15 | *sd* | 0.20-0.60 | 0.65-0.90 | 0.3-0.8 | 0.25-0.50 | 0.2-0.8 | 0.1-0.3 | 0.2 | 0.25-0.30 |
| **Ca** | 0.2-1.0 | 0.21-1.4 | 0.30-1.2 | 0.2-4.0 | 0.25-1.6 | 0.25-0.40 | 0.2-1.0 | 0.4-0.6 | 0.3-0.6 | 0.3-0.6 | 1.1-2.2 | 0.2-2.0 | 2.1-3.0 | 0.8-2.2 | 1.8-3.0 | 2.0-4.0 | 0.15-2.5 | 0.6 | 0.2-1.0 |
| **Mg** | 0.14-1.0 | 0.16-1.0 | 0.15-0.50 | 0.15-0.70 | 0.3-0.8 | 0.25-0.40 | 0.15-1.00 | 0.4-0.6 | 0.2-0.5 | 0.2-0.5 | *sd* | 0.25-1.00 | 0.15-0.62 | 0.3-1.1 | 0.25-1.0 | 0.3-0.9 | 0.1-1.0 | 0.3 | 0.15-32 |
| **Micronutrientes. mg kg$^{-1}$** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **B** | 1.5-40 | 5-20 | 5-10 | 6-70 | 5-25 | 15-20 | 4-25 | 20 | 1-10 | 1-15 | *sd* | 20-60 | 25-54 | 35-100 | 20-80 | 20-80 | 20-70 | 20 | 4-50 |
| **Cu** | 4.5-15 | 5-50 | 5-25 | 7-20 | 5-25 | 6-20 | 5-25 | 10 | 2-15 | 2-12 | *sd* | 4-30 | 5-25 | 10-50 | 4-30 | 8-40 | 5-15 | 4 | 4-10 |
| **Fe** | 30-200 | 21-200 | 21-200 | 75-300 | 30-300 | 50-250 | 11-300 | 200 | 75-200 | 50-250 | *sd* | 21-350 | >100 | 80-300 | 30-250 | 50-350 | 50-400 | 50 | 50-500 |
| **Mn** | 20-150 | 16-200 | 25-150 | 40-800 | 20-160 | 50-150 | 15-200 | 100 | 8-100 | 8-150 | *sd* | 20-100 | 30-250 | 25-600 | 25-100 | 20-150 | 40-350 | 40 | 12-250 |
| **Mo** | 0.1-2.0 | 0.4-5.0 | 0.1-2.0 | 0.4-1.0 | 0.1-2.0 | 0.15-0.20 | 0.15-0.20 | *sd* | *sd* | 0.15-0.30 | *sd* | 0.5-1.0 | *sd* | 0.1-0.3 | 0.35-1.5 | 0.6-2.0 | 0.2-0.5 | *sd* | 0.15-0.30 |
| **Zn** | 18-70 | 20-70 | 15-70 | 18-50 | 20-50 | 15-50 | 15-100 | 20 | 12-100 | 12-100 | *sd* | 15-80 | 33-49 | 30-140 | 20-70 | 10-80 | 20-150 | 25 | 16-50 |

* *Hoja opuesta debajo de la espiga.*

** *Hoja de la espiga. ¶ N de nitratos. Abreviaciones: Em: emergencia, Mac: macollaje, Veg: vegetativo, Enc: encañazón, Flo: floración, Pan: panojamiento, LIT: llenado de tubérculos, sd: sin dato.*

1 *Los valores de suficiencia de nutrientes se corresponden con los procedimientos de muestreo detallados en la* ***Tabla 2***.

*Referencias: 1) Jones, 1998; 2) Malavolta et al., 1997; 3) Jones, 1991; 4) Plank y Donahue, 2000; 5) Dobermann y Fairhurst, 2000; 6) Campbell y Plank, 2000b; 7) Voss, 1993; 8) Clark, 1993; 9) Cox y Unruh, 2000; 10) Sabbe et al., 2000; 11) Plank y Tucker, 2000; 12) Merrien et al., 1986; 13) Plank, 2000; 14) Mitchell y Baker, 2000; 15) Ulrich, 1993; 16) Westermann, 1993; 17) Gascho, 2000; 18) Gascho et al., 1993.*

**Figura 7.** Rangos De Suficiencia De Nutrientes En Los Principales Cultivos Extensivos. obtenido de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/ddbaec0992c9039f852579b3005ace5d/$file/aa%2014.pdf

# 8. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA O LUGAR DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en el municipio de Xoxocotla, pertenecientes a la denominada región Las Altas Montañas, ubicada en la zona centro del estado de Veracruz, México (Figura 8), entre las coordenadas 18º 32’ y 18° 47’ latitud norte y 96° 50’ y 97° 02’ longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Tequila, Naranjal, Coetzala y Omealca; al este con el municipio de Tezonapa; al sur con el municipio de Tezonapa y estado de Puebla; al oeste con el municipio de Mixtla de Altamirano, Texhuacan, Los Reyes y Tequila. Gran parte de la superficie del municipio es ocupada por vegetación secundaria, derivado del bosque mesófilo de montaña y selva alta perennifolia (156 km2), seguido por la agricultura destacando los cultivos de maíz, frijol y chile (114 km2) continuando con selva alta perennifolia conservada (7 km2) y en menos cantidad por pastizales inducidos (1 km2) (SIEGVER, 2021). Por otro lado, el incremento poblacional y con ello las necesidades de comunicación, llevado a la ampliación de la red de carreteras dentro del municipio con un total de 152.8 km, donde (81.5 km) pertenecen a caminos rurales revestidos, (37.7 km) de caminos rurales pavimentados, (18.9 km) son alimentadoras estatales pavimentadas, (6.3 km) estatales revestidas y en menor porcentaje con (5 km) pertenecen a troncal federal pavimentada indicó Hernández-Vásquez et al. (2023).

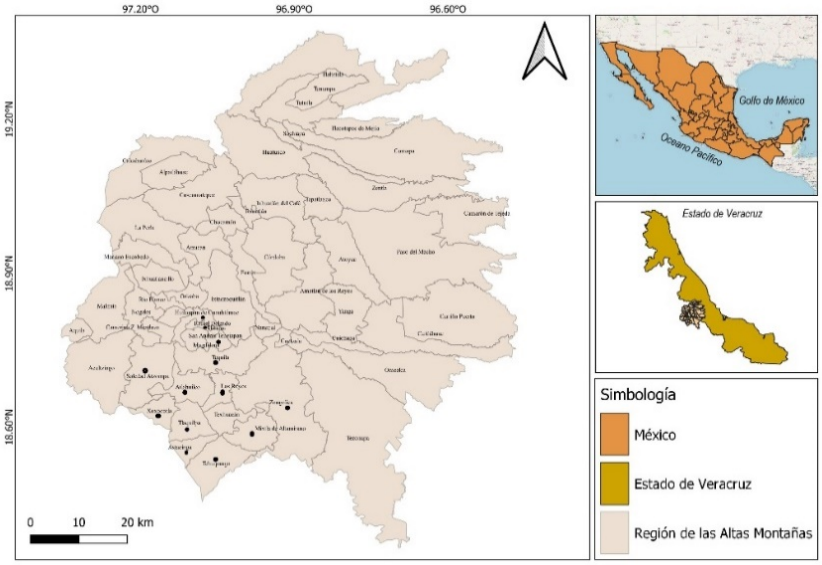



**Figura 8.** Área de estudio de los agroecosistemas con maíz nativo en Las Altas Montañas de Veracruz, México.

# 9. METODOGÍA

## 9.1 Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la localidad de Tepeyolulcon, Tlilcalco, LLano Grande, del municipio de Xoxocotla (Figura 8) perteneciente a la región de las Altas Montañas de Veracruz, México.

## 9.2 Descripción del manejo y condiciones ecogeográficas de los agroecosistemas

### **9.2.1** Agroecosistema 1

Es un agroecosistema con maíz nativo de color de grano blanco que pertenece a la raza Cónico X Chalqueño y se encuentra asociado con calabaza y haba donde se aplican insumos agrícolas orgánicos (bocachi) entre 1 y 2 veces por ciclo del cultivo. La fecha de siembra es marzo y cosecha en diciembre.

Se encuentra georreferenciado a 18º62’71º05’ Latitud norte y 97º13’75º87’ longitud oeste, a una altitud de 2432 m, y el cual tiene un clima C (w2) (Templado Subhúmedo) y el tipo de suelo es Luvisol crómico. La precipitación de dicho sitio es de 800 a 1200 mm anuales.

### **9.2.2** Agroecosistema 2

Es un agroecosistema con maíz nativo raza Cónico de color de grano blanco que se encuentra asociado con calabaza donde se aplica fertilizantes sintéticos (urea) una vez (1) por ciclo del cultivo. La fecha de siembra es marzo y cosecha en diciembre. Se encuentra georreferenciado coordenadas18º63’30º26’ Latitud norte y 97º14’65º19’ longitud oeste, a una altitud de 2332 m, el cual tiene un clima C (w2) (Templado Subhúmedo) y el tipo de suelo es Luvisol crómico. La precipitación de dicho sitio es de 800 a 1200 mm anuales

**9.2.3** Agroecosistema 3

Es un agroecosistema con maíz nativo raza Cónico de color blanco y rojo, el cual es un monocultivo donde se aplica un manejo convencional con el uso de urea por ciclo de cultivo. La fecha de siembra es abril y cosecha en noviembre. Se encuentra ubicado geográficamente a 18º59'28º86' Latitud norte y 97º14'18º1' longitud oeste, a una altitud de 2492 m, el cual tiene un clima C (w2) (Templado Subhúmedo) y el tipo de suelo es Luvisol crómico. La precipitación de dicho sitio es de 800 a 1200 mm anuales.

**9.2.4** Agroecosistema 4

Pertenece a un agroecosistema de maíz nativo de blanco y rojo, que corresponde a la raza Cónico se encuentra en monocultivo y se realiza un manejo agroecológico por el uso de bioinsumos por ciclo de cultivo. La fecha de siembra es abril y cosecha en noviembre. Se encuentra geoposicionado a 18º59'27º11' Latitud norte y 97º14'17º55' longitud oeste, a una altitud de 2492 m, el cual tiene un clima C (w2) (Templado Subhúmedo) y el tipo de suelo es Luvisol crómico. La precipitación de dicho sitio es de 800 a 1200 mm anuales.

**9.3. Selección y etiquetado de plantas de maíz**

La selección fue aleatoriamente recolectando cuatro plantas de maíz por cada agroecosistema y las cuales fueron medidas. Posteriormente, se guardaron en bolsas de plástico y se rotularon con las especificaciones correspondientes (nombre del productor, identificación de parcela, fecha de cosecha, número de planta muestreada). Se trasladaron de las localidades colectadas en hieleras al laboratorio del ITSZ extensión Tezonapa.

**9.4 Medición de nitratos y fosfato en savia en los agroecosistemas de maíz.**

Las plantas de maíz se transportaron en hielera y se conservaron en un refrigerador del laboratorio ITSZ extensión Tezonapa de la marca Torrey modelo chtc-75 D a 4 ºC a las cuales se les midió la altura de planta, el diámetro del tallo, peso de raíz, tallo, hojas y mazorca con hoja, y los nitritos y fosfatos.

La evaluación se llevó a cabo durante la etapa R6 (madurez) (Ritchie y Hanway,1982) con la propuesta de nitratos en savia del tallo de la planta de maíz (Blackmer y Mallarino, 1996

y Echeverria-He et al., 2001). Se evaluó el contenido de nitrato, fosfato, cada atributo individualmente por parcela utilizando el equipo Nutrient Analysis Photometer (modelo HI83325, marca HANNA®, fabricado en Limena, Italia) y en donde se siguieron las recomendaciones del fabricante.

Se extrajo la savia del tallo de las plantas de maíz de los 4 agroecosistemas para medir nitratos y fosfatos en donde se siguieron las recomendaciones del fabricante en el caso del nitrato: 1) Se tritura el tallo en fragmentos pequeños posterior a ello se colocan en un mortero para macerar; 2) Se sustrae la savia; 3)Se realizará una dilución por factor 10 donde se agregara 1 ml de la muestra y 9 ml de agua destilada; 4) Se realizan los previos ajustes en el fotómetro para analizar nitratos; 5)Se desinfecta el contenedor tres veces con agua destilada; 6) Se filtra una vez la muestra y llene la cubeta con 10 mL de muestra sin reaccionar (hasta la marca); 7) Seque el exterior y libre de huellas dactilares, aceite o suciedad. Antes de insertar la cubeta limpie bien con un paño que no suelte pelusa y coloque la cubeta en el compartimiento del equipo, cierre la tapa;8) Pulse la tecla Zero. La pantalla mostrará "-0.0-" cuando el medidor esté cero y listo para la medición; 9) Retire la cubeta y agregue un sobre del HI93728-0 reactivo de nitrato ponga la tapa y mezcle vigorosamente por exactamente 10 segundos, se mezcla la cubeta invirtiendo suavemente la misma durante 50 segundos más evitando que se creen burbujas; 10) Seca en el exterior y libre de huellas dactilares, aceite o suciedad. Antes de insertar la cubeta limpie bien con un paño que no suelte pelusa; 11) Se vuelve a colocar la cubeta en el equipo y cierre la tapa; 12) Presione reloj (timer) y la pantalla mostrará la cuenta regresiva de 4 minutos 30 segundos y nos da el resultado.

Para el caos de la medición del fosfato:1)Se tritura el tallo en fragmentos pequeños posterior a ello se colocan en un mortero para macerar; 2)Se sustrae la savia; 3)Se realizará una dilución por factor 10 donde se agregara 1 ml de la muestra y 9 ml de agua destilada;4) Se realizan los previos ajustes en el fotómetro para analizar fosfato; 5) Se desinfecta el contenedor tres veces con agua destilada; 6) Se filtra una vez la muestra y se Llena la cubeta con 10 mL de muestra sin reaccionar (hasta la marca); 7) Se seca en el exterior también que libre de huellas dactilares, aceite o suciedad. Antes de insertar la cubeta limpie bien con un

paño que no suelte pelusa y coloque la cubeta en el compartimiento del equipo, cierre la tapa; 8) Pulse la tecla Zero. La pantalla mostrará "-0.0-" cuando el medidor esté cero y listo para la medición; 9) Retire la cubeta y agregue 10 gotas del reactivo HI93717A-0, después se añade un sobre del reactivo HI937171B-0 a la cubeta, tape y agite gentilmente hasta que el polvo se disuelva; 10) Seca en el exterior y libre de huellas dactilares, aceite o suciedad. Antes de insertar la cubeta limpie bien con un paño que no suelte pelusa; 11) Se vuelve a colocar la cubeta en el equipo y cierre la tapa; 12) Presione reloj (timer) y la pantalla mostrará la cuenta regresiva de 5 minutos.

### 9.5 Medición de variables de crecimiento

A las plantas de maíz se les midió manualmente la altura de planta (m) con una regla métrica estándar desde la distancia desde el primer nudo aéreo (parte basal) hasta la espiga (parte apical). El diámetro del tallo (mm) se midió con un vernier digital.

### 9.6 Medición de biomasa fresca y seca en los agroecosistemas de maíz.

Se llevó a cabo la determinación del peso fresco y seco de la biomasa de la planta de maíz nativo durante la etapa R6 (maduración) (CONACYT, 2019). Para el peso fresco de raíz, tallo, hojas y mazorca con hojas se utilizó una balanza marca electronic scale para el registro del peso, con un margen de precisión de 0.1g.

9.6.1 Para el peso seco los tallos, hojas, raíz y mazorca con hoja, se colocaron en bolsas de papel individuales previamente etiquetadas. Las muestras se secaron en horno de la marca quincy lab (model 10 lab oven) a una temperatura 60 °C durante tres días para garantizar que se alcanzara un peso constante, y para la mazorca con hoja se colocaron a temperatura ambiente para secado hasta alcanzar el 13 % de humedad (López-Morales *et al*., 2023); posterior a ello, se pesaron individualmente todas las muestras con una balanza marca electronic scale, con un margen de error de 0.1g (Walne *et al*., 2022).

**Análisis estadístico**

Los datos de las razas de maíz obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA); previo a ello, se aplicaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. La comparación entre medias de las razas de maíz nativas se realizó a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico de SAS (Statistical Analysis System) Versión 9.1.

# 10. RESULTADOS

Los 4 agroecosistemas con diferentes razas de maíz nativas bajo diferente sistema de manejo en las localidades de Tepeyolulcon, Tlilcalco, LLano Grande, del municipio de Xoxocotla (Figura 8); presentan similitud en clima C (w2) (Templado Subhúmedo), tipo de suelo (Luvisol crómico) y precipitación de dicho sitio de 800 a 1200 mm anuales.

El agroecosistema 2 con un manejo convencional tuvo más nitratos ($P \leq 0.05$; 30.02 ppm) en comparación con los agroecosistemas 3 y 4 (0.3 y 3.60 ppm, respectivamente) (Cuadro 2).

Respecto al fosfato (Cuadro 2), los agroecosistemas con maíz nativo no mostraron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$), lo que se puede inferir que el tipo de manejo no influyó en este nutriente foliar en la planta de maíz.

**Cuadro 2. Medias (± desviación estándar) de nutrientes entre cuatro agroecosistemas de maíz nativo bajo diferente manejo.**

| Tipo de agroecosistema | Nitratos (ppm) | Fosfato (ppm) |
|---|---|---|
| 1. Raza Cónico X Chalqueño* (Manejo Agroecológico) | 15.75 ± 12.4 ab | 13.7 ± 15.9 a |
| 2. Raza Cónico (Manejo Convencional) | 30.02 ± 0.05 a | 21.8 ± 7.3 a |
| 3. Raza Cónico (Manejo Convencional) | 0.30 ± 0.5 b | 12.1 ± 6.9 a |
| 4. Raza Cónico (Manejo Agroecológico) | 3.60 ± 1.5 b | 18.9 ± 10.7 a |

*Clasificación racial realizada por el Dr. Rafael Ortega Paczka. Las medias con la misma letra dentro de las columnas de las variables son iguales estadísticamente (Tukey, $P \geq 0.05$).

**Cuadro 3. Medias (± desviación estándar) de variables morfológicas entre cuatro agroecosistemas de maíz nativo bajo diferente manejo.**

| Tipo de agroecosistema | Peso fresco de raíz (g) | Peso fresco de tallo (g) | Peso fresco de hoja (g) | Peso fresco de mazorca con hoja (g) | Diámetro de tallo (mm) | Altura de planta (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Raza Cónico X Chalqueño* (Manejo Agroecológico) | 135.38 ± 46.2ab | 851.60 ± 413.9 a | 158.83 ± 92.4 ab | 362.71 ± 124.9 a | 23.0 ± 5.0 a | 3.98 ± 0.5 a |
| 2. Raza Cónico (Manejo Convencional) | 31.38 ± 17.5 c | 199.50 ± 95.5 b | 59.47 ± 28.0 b | 158.61 ± 54.6 a | 13.16 ± 3.5 b | 1.97 ± 0.1 b |
| 3. aza Cónico (Manejo Convencional) | 81.66 ± 22.3 bc | 449.53 ± 195.4ab | 116.17 ± 67.0 ab | 277.62 ± 78.9 a | 14.0 ± 3.5 ab | 2.98 ± 0.2 ab |
| 4. Raza Cónico (Manejo Agroecológico) | 175.03 ± 29.4 a | 883.55 ± 497.1 a | 261.49 ± 131.0 a | 303.64 ± 141.7 a | 17.3 ± 5.4 ab | 3.41 ± 0.6 a |

*Clasificación racial realizada por el Dr. Rafael Ortega Paczka. Las medias con la misma letra dentro de las columnas de las variables son iguales estadísticamente (Tukey, P≥ 0.05).

En el (Cuadro 3) se plasma la variación en las características morfológicas de las razas de maíz nativas evaluadas en municipio de Xoxocotla, Veracruz. El agroecosistema 4 con un (manejo agroecológico) tuvo más peso fresco en raíz (175.03 g) que el agroecosistema 2 (manejo convencional) con (31.38 g); para el peso del tallo fresco, el agroecosistema 4 (manejo agroecológico) obtuvo (883.55 g) siendo el agroecosistema con mayor peso (P≤0.05) respecto al agroecosistema 2 (manejo convencional) con menor peso alcanzando 199.50 g de tallo fresco; al igual el agroecosistema con mayor peso fresco en hojas le corresponde al agroecosistema 4 (manejo agroecológico) teniendo (261.49 g) en comparación al agroecosistema 2 (manejo convencional) tuvo (59.47 g). Para el peso de la mazorca con hojas en fresco, todos los agroecosistemas fueron estadísticamente similar (P≥0.05).

Las plantas de maíz con mayor diámetro correspondieron al agroecosistema 1 (manejo agroecológico) (23.0 mm) en contraste al agroecosistema 2 (manejo convencional) (13.16 mm). Los agroecosistemas con plantas de maíz con mayor porte de altura correspondió al 1 (manejo agroecológico) teniendo (3.98 m) y al 4 con 3.41 m en confrontación con el agroecosistema 2 (manejo convencional) el cual posee menos porte de 1.97 m (Cuadro 3). Con la obtención de estos resultados se puede demostrar que el manejo agronómico que se utiliza va depender de las cualidades de la planta de maíz y sus mejoras en rendimiento ante ello la disponibilidad de los nutrientes con respecto a la asimilación de estos por las plantas de maíz nativo.

**Cuadro 4. Medias (± desviación estándar) de variables morfológicas entre cuatro agroecosistemas de maíz nativo bajo diferente manejo.**

| Tipo de agroecosistema | Peso seco de raíz (g) | Peso seco de tallo (g) | Peso seco de hoja (g) | Peso seco de mazorca con hoja (g) | Estimación de rendimiento (peso de mazorca con hoja) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Raza Cónico X Chalqueño* (Manejo Agroecológico) | 63.35 ± 28.0 ab | 500.5 ± 256.8 a | 98.9 ± 51.7 a | 155.3 ± 79.9 a | 3 235.4 |
| 2. Raza Cónico (Manejo Convencional) | 9.96 ± 5.6 c | 68.0 ± 46.1 b | 24.9 ± 14.7 a | 105.7 ± 40.3 a | 2 202.1 |
| 3. Raza Cónico (Manejo Convencional) | 25.42 ± 19.2 bc | 255.8 ± 120.1 ab | 56.2 ± 37.5 a | 164.7 ± 58.1 a | 3 431.2 |
| 4. Raza Cónico (Manejo Agroecológico) | 106.83 ± 33.1 a | 482.7 ± 294.4 ab | 90.7 ± 39.8 a | 147.4 ± 85.7 a | 3 062.4 |

*Clasificación racial realizada por el Dr. Rafael Ortega Paczka. Las medias con la misma letra dentro de las columnas de las variables son iguales estadísticamente (Tukey, P≥ 0.05).

En el Cuadro 4 se muestran los valores promedios de las variables morfológicas en peso seco de las razas de maíz evaluadas. En el caso de las evaluaciones sobre el peso seco de raíz el agroecosistema 4 (manejo agroecológico) presentó 106.83 g de peso en contraste al agroecosistema 2 (manejo convencional) (9.96 g). Para el peso del tallo, el agroecosistema 1 (manejo agroecológico) tuvo ($P \leq 0.05$; 500.5 g) que el agroecosistema 2 (manejo convencional) teniendo un peso de (68.0 g). Los 4 agroecosistemas presentaron promedios similares ($P \geq 0.05$) en el peso seco de hoja y peso de la mazorca con hoja (Cuadro 4)

Finalmente, en términos de estimación de rendimientos de grano de maíz a una densidad de siembra de 0.8 entre surcos X 0.6 m entre matas, para una población de 20 833 plantas por hectárea (Coria, 2023), se puede apreciar que el Agroecosistema 3 tiene los máximos valores con 3 431. 2 kilos de mazorca más la hoja en peso seco a una humedad del grano del 13 %. Sin embargo, el agroecosistema 1 casi igualo a estos rendimientos al presentar 3 235.4 kilos. Estas proyecciones toman en cuenta al olote y hoja de la mazorca del maíz.

# 11. DISCUSIÓN

Uno de los factores más importantes para el alto rendimiento de los cultivos es el fertilizante nitrogenado. Por esta razón, los agricultores utilizan grandes cantidades de fertilizantes químicos, los cuales son muy caros y dañan el medio ambiente, especialmente cuando se utilizan de forma indiscriminada (Abd-Alla et al., 2014).

Actualmente el área agrícola ha ido optando por modernas metodologías de análisis de tejidos puede ser usada para evaluar los niveles nutricionales de los cultivos. Para el maíz, los métodos de análisis de nitrógeno en planta más comúnmente utilizados consisten en determinar la concentración de nitrógeno como el experimento realizado por Echeverria-He et al. (2001) donde lo realizaron a través del análisis de la savia (NS), por extracción directa por presión sobre el material fresco (Justes et al. 1995). Echeverria-He et al. (2001) notaron que en el experimento 1 donde el de análisis de savia, es por extracción directa (NS) fue afectada significativamente por la dosis de nitrógeno en V6 y por la interacción entre esta y el momento de fertilización en V12 y en R3 en el año de 1996/ 97 y en R3 en el año 1997/98 por su parte también en V12 y R3 en el año 1996/97, NS para la fertilización al momento de la siembra fue mayor con (0.0500 g kg-1) que NS correspondiente a la fertilización en etapa V6, solo en la dosis más alta de nitrógeno; mientras que, en R6 en 1997/98 obtuvo una concentración de (0.0001 g kg-1) el comportamiento fue inverso, esto es, para la dosis más alta de nitrógeno la fertilización en V6 produjo un valor más alto de (0.0500 g kg-1) NS que la fertilización al momento de la siembra del cultivo de maíz.

No obstante en la etapa fenológica R6 sólo se determinó NBS, ya que no fue posible realizar la extracción del jugo de la base del tallo, debido al grado de lignificación que presentaban las plantas, en su contraparte con las plantas de maíz nativas las cuales si fue posible la extracción de savia directa del tallo en la etapa V6 las plantas de maíz nativo y que a su vez permitió conocer el intervalo amplio de contenido de nitratos (nitrógeno) durante la etapa fenología del cultivo en los distintos agroecosistemas como lo muestra el (Cuadro 2), lo que podría atribuirse al estado fenológico de la planta de maíz, sistema de manejo y asociación con otros cultivos como la haba y calabaza presente en los agroecosistemas 1 y 2.

Por su parte, Roveda-Gabriel et al. (2007) señalan que los climas tropicales se caracterizan por presentar severas restricciones para el desarrollo agrícola, como la baja disponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo. Los resultados de los investigadores antes mencionados, confirman una disminución en el área foliar que afecta el crecimiento de plantas de maíz y que se relaciona con la baja disponibilidad de fósforo en el suelo, en ambos muestreos (20 y 30 después de la emergencia de la plántula).

Esta disminución del área foliar se relaciona con reducciones en la acumulación de materia seca, tanto en hojas como en raíz, lo que sugiere que plantas de maíz bajo condiciones de estrés por fósforo, reducen el crecimiento vegetal debido al decrecimiento del P inorgánico en las hojas (Usuda y Shimogawara,1995). La mayor área foliar y acumulación de materia seca tanto en hojas y en raíz ocurre en plantas con la mayor concentración de fósforo disponible en el suelo (100 $m \cdot kg^{-1}$), con relación a la concentración media de 40 $mg \cdot kg^{-1}$ de fósforo, y estas a su vez con el testigo con solo 1 $mg \cdot kg^{-1}$ de fósforo en el suelo (Roveda-Gabriel et al. 2007).

Garbanzo-León et al. (2001) registraron que el aumento de la cantidad de biomasa fresca se genera por un efecto de la acumulación de nutrimentos por ha de maíz el efecto también se vio marcado para los tratamientos que tuvieron mayor acumulación de N, K, Mg, S y B. En los agroecosistemas de maíz nativo se evidencio que tanto el manejo agroecológico como el convencional presentaron similares concentraciones de fosforo en la planta de maíz ($P \geq 0.05$).

De manera general, para el presente estudio, el análisis nutricional y de biomasa fue una herramienta de diagnóstico eficaz para conocer cuál es fue el mejor manejo utilizado por los agricultores de Las Altas Montañas de Veracruz, en donde resalta la diversidad de características morfológicas y en relación a la cantidad de nutrientes asimilados por las plantas en perspectiva a la cantidad suministrada de acuerdo a los tratamientos como lo muestra los Cuadros 2 y 3. Así, se puede expresar que el agroecosistema 4 con la raza de maíz Cónico (Manejo Agroecológico y monocultivo) y Agroecosistema 1 con la raza Cónico X Chalqueño (Manejo Agroecológico; policutivo) tuvieron las mejores características morfológicas respecto al resto, pero con valores altos de nitratos en el Agroecosistema 1 que el 4.

# 12. CONCLUSIÓN

En la región de Las Altas Montañas predominan distintos agroecosistemas tradicionales con distintas razas de maíz nativas y las evaluadas pertenecen a la raza Cónico y Cónico X Chalqueño y en donde los agricultores les proporcionan diferente sistema de manejo y asocian con otros cultivos como lo es calabaza (*Cucurbita* spp.) y haba (*Vicia faba* L.). Los agroecosistemas analizados presentan las mismas condiciones ecogeograficas. Además, dichos agroecosistemas poseen diferenciación en la cantidad de N asimilado por la planta más sin embargo con el P no mostraron diferencias estadísticas, lo que se puede inferir que el tipo de manejo no influyó en este nutriente en la planta de maíz.

# 13. RECOMENDACIONES

- En un estudio posterior se recomienda evaluar antes de la etapa fenológica de madurez para poder extraer mayor cantidad de savia.
- Se recomienda diagnosticar los nutrientes por lo menos dos veces durante su ciclo del cultivo de maíz y que el número de muestras recolectadas sea mayor para tener una evaluación más precisa.
- Llevar a cabo el diagnóstico con más elementos nutricionales en el análisis de savia.
- Aumentar el número de agroecosistemas tradicionales a evaluar.
- Se sugiere en futuras investigaciones pesar la hoja de la mazorca y el olote tanto en fresco como en seco y así hacer estimaciones del rendimiento en grano.

# 14. LITERATURA CITADA

Abd-Alla, M.H; A.W.E El-Enany; N.A. Nafady; D.M. Khalaf; and F.M. Morsy. (2014). Synergistic interaction of *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* and arbuscular mycorrhizal fungi as a plant growth promoting biofertilizers for faba bean (*Vicia faba* L.) in alkaline soil. Microbiologicasl Research 169(1): 49-58. https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.07.007.

Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA),(19 de enero de 2018).obtenido de https://www.gob.mx/aserca/articulos/conoces-el-origen-del-maiz?idiom=es#:~:text=se%20considera%20que%20el%20ma%c3%adz,a%20unos%20kil%c3%b3metros%20de%20mitla (consulta 23 de septiembre 2023)

Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA), (23 de agosto de 2018).obtenido de https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico(consulta 23 de septiembre del 2023).

Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Soil Science Bulletin No.1. University of Natal. Pietermaritzburg, South Africa

Banziger, G. E. (27 de marzo de 1996). Relación entre el peso fresco y el peso seco del rastrojo de maíz en diferentes estados fenológicos del cultivo. obtenido de chrome-extension: // https://www.researchgate.net/publication/237752107_relacion_entre_el_peso_freco_y_el_peso_seco_del_rastrojo_de_maiz_en_diferentes_estados_fenologicos_del_cultivo

Bates, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: A review. Soil Science 112:116-129.

Banziger, G.O. Edmeades, J. Bolaños. (27 de marzo de 1996). Relación entre el peso fresco y el peso seco del rastrojo de maíz en diferentes estados fenológicos del cultivo. Obtenido de https://www.mag.go.cr/rev_meso/v08n01_020.pdf

Carrasco-Gilda, Tapia-Aime J, Urrestarazu- Miguel. (2006). Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos. Scielo, 24.p. 25-30.Obtenido de: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100005#1

Campbell, C.R., y C.O. Plank. 2000a. Foundation for practical application of plant analysis. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: http://www.ncagr.gov/agronomi

Campbell, C.R., y C.O. Plank. 2000b. Reference sufficiency ranges, field crops: Corn. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: http://www.ncagr.gov/agronomi

Callava Tiznado, S. A. (2020). Caracterización morfológica y selección de diferentes genotipos de maíz (*Zea mays* L.). obtenido de caracterización morfológica y selección de diferentes genotipos de maíz (*Zea mays* L.): chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5235/callava%20tiznado%2c%20sofia%20trabajo%20de%20intensificaci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isallowed=y

Cruz Oscar. 2013. Manual para el cultivo de maíz en Honduras. Obtenido de https://dicta.gob.hn/files/2013,-Manual-cultivo-de-maiz--G.pdf

Correndo-A. Adrián, García-O. Fernando. (marzo de 2012). IPNI. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/DDBAEC0992C9039F852579B3005ACE5D/$FILE/AA%2014.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020). Obtenido de https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices (consulta 22 de octubre 2023)

Coraspe-León Héctor M., Takashi Muraoka, Vinicius Ide Franzini, Freddy S. Contreras Espinal y Paulo C. Ocheuze Trivelin (2009). Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrica por plantas de papa en la producción de tubérculo-semilla. Scielo. vol.59, pp.45-58. Obtenido de: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2009000100005

Contreras-Mendoza I.R., Hernández-Salinas G., Ramírez-Rivera E.J., Guerrero-Ortiz C.A., Ortega-Paczka R., Hernández-Vásquez L.A., Purroy-Vásquez R.1, Quiroz-Guerrero I., Hernández Arzaba J.C., Recillas-Rojas L.A, Armida-Lozano J., ReyesRosas S. (2023) / Capítulo: 3 Variación fenotípica *in situ* en razas de maíz nativas de las Altas Montañas de Veracruz, México / in: Los Maíces Nativos de Las Altas Montañas de Veracruz. Coordinadores: Gregorio Hernández Salinas, Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera, y Rubén Purroy Vásquez., Edición (1), Editorial: Fondo Editorial Universitario Ediciones de la Noche. México, pp.38.

Coria, O. B. R. 2023. Evaluación de la eficiencia energética de los agroecosistemas con maíz nativo. Informe de Residencias Profesionales para obtener el Título de Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México. 38 p.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). (2019). Obtenido de: https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/maiz (consulta 25 de octubre del 2023)

Eliana Andrea Martínez-Mera, Juan Diego García-Paredes, Álvaro Can-Chulim, Oscar German Martínez-Rodríguez, Gregorio Luna-Esquivel, Elia Cruz-Crespo, Rosendo Balois-Morales. (13 de febrero de 2023). *Acta Agrícola y Pecuaria*. Obtenido de http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/511

Elizondo-Salas A. Carolina, Gálvez-Hernández Yuricel, Díaz-José Julio (2023) / Capítulo: 6 conocimiento tradicional de los maíces nativos en tres comunidades nahuas de zongolica, Veracruz /in: los maíces nativos de las altas montañas de Veracruz. Coordinadores: Gregorio Hernández Salinas, Emmanuel de J. Ramírez Rivera, y Rubén Purroy Vásquez., Edición (1), Editorial: Fondo Editorial Universitario Ediciones de la Noche. México, pg.81.

Escalona-Aguilar Miguel Ángel, Castillo-Rocha Doris Guadalupe, Ábato-Zárate Marycruz, Domínguez-González Nancy, Reyes-López Noel y Alemán-Chávez Isabel. (2017). Manual De Abonos Orgánicos. Obtenido de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uv.mx/television/files/2015/10/abonos-organicos-09.pdf

Elwali, A.M.O, G.J. Gascho, y M.E. Sumner. 1985. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. Agron. J. 77: 506-508.

Echeverria He, H Sainz Rozas, E Herfurt, Sa Uhart. (2001). Nitrato en la base del tallo del maíz: i cambios durante la estación de crecimiento. Ciencia del suelo.19. pp. 115-124.Obtenido de; chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_19n2/echeverria_115-124.pdf

Federico S. Labarthe. Héctor R. Pelta (s.f.). Introducción básica a la fotosíntesis y características de especies forrajeras megatérmicas obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-7__caracteristicas_forrajeras_megatermicas.pdf

Flores-Sánchez Diego, Navarro-Garza Hermilio, Peres-olivera Antonia. (26 de noviembre de 2017). Balance de nutrientes en sistemas de cultivo de maíz y retos para su sustentabilidad. *Scielo.11,* p.96-109. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/pdf/inagbi/v11n2/2007-4026-inagbi-11-02-97-es.pdf

Fernández Suárez Rocío, Luis A. Morales Chávez, Amanda Gálvez Mariscal. (2013). Scielo. Obtenido de chrome extension: //efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https: //www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36s3-a/v36s3-aa4.pdf

Fernádez Miguel. (1995)/ Capitulo: 4 Fertilización / in: el cultivo de maíz. Editores; Orlando Paratori B. y Silvia Altamirano S. Ediciones (1), editorial; INIA La Platina. En Chile, pg 33. Obtenido de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/38198/NR17718.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023).Obtenido de: https://www.fao.org/biodiversity/en (consulta 7 de febrero del 2024)

Galinat, W.C. (1995). El origen del maíz: el grano de la humanidad - The origin of maize: grain of humanity. Econ. Bot., 49: 3-12.

González-Aguiar Diana, Álvarez Hernández Ubaldo, Lima Orozco Raciel. (2018). *scielo*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n2/cag11218.pdf

Goldman, Echeverria, Hernan Eduardo; Andrade, Fernando Héctor; Uhart, Sergio. (2002). Incidencia de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de nutrientes en maíz.Repocitorio Institucional CONICET Digital. P 27-35. Obtenido de: https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/76494

García López Valeria, Felipe Giraldo Omar (2021). Redes y estrategias para la defensa del maíz en México.Scielo.83.p297-329.Obtenido de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032021000200297#:~:text=Asimismo%2C%20en%20abril%20de%202020,y%20cultural%20de%20la%20naci%C3%B3n.

Garbanzo-León Gabriel, Alvarado-Hernández Alfredo, Vargas-Rojas Jorge Claudio, Cabalceta-Aguilar Gilberto y Vega-Villalobos Edgar V. (2001). Fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un Alfisol de Guanacaste, Costa Rica. Scielo.32.p137-148. Obtenido de: https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v32n1/2215-3608-am-32-01-00137.pdf

Hanna Instruments (2017). Guía rápida para el manejo del fotómetro multiparamétrico de nutrientesHI83325.Obtenidode:Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.comiisa.com.mx/wp-content/uploads/2019/10/GUIA-RAPIDA-DEL-HI83325.pdf

Hernández-Vásquez Luis A., Herrera-Gallardo Carlos, Hernández-Salinas Gregorio, Guerrero-Ortiz Cristal A., Ricardo Serna-Lagunes, Noé Aguilar-Rivera, Pablo Andrés-Meza, Emanuel de J. Ramírez-Rivera, Purroy-Vásquez Rubén, Mauricio Rojas-Ascención1, y Fernando López-Morales. (2023) / Capítulo: 1 caracterización

ecogeográfica de razas de maíz nativas de las altas montañas de Veracruz. Coordinadores: Gregorio Hernández Salinas, Emmanuel de J. Ramírez Rivera, Rubén Purroy Vásquez., Edición (1), Editorial: Fondo Editorial Universitario Ediciones de la Noche. México, pp.5.

Hernandez-Xolocotzi E. (ed). (1977). Agroecosistemas de México. Contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. Chapingo, México; Colegio de Posgraduados

Hisse, I.R., S.E. Ratto, S. Díaz Valdéz, y M. González. 2011b. Contenido foliar de nutrientes en hojas de maíz RR en diferentes ambientes y con distintas estrategias de fertilización: I. Microelementos. En: García F.O. y A.A. Correndo (Eds.). La Nutrición de Cultivos Integrada al Sistema de Producción. Actas Simposio Fertilidad 2011. 18 y 19 de Mayo de 2011. Rosario, Santa Fe, Argentina. IPNI Cono Sur – Fertilizar AC: 259-262.

Intagri (2018). Los Retos Multifacéticos de la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 87. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. obtenido de:https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/los-retos-multifaceticos-de-la-nutricion-vegetal

Justes E, Mary B, Meynard JM. 1995. Evaluation of a nitrate test indicator to improve nitrogen fertilisation of winter wheat crops. Poitiers, France, 22-23 november 1995. Ed INRA, París, 1997 (Les Colloques, nº82): 93-110.

Jones, Jr. J.B. 1998. Plant Nutrition Manual. CRC Press. Boca Raton. Florida. USA. 149 pp.

Kumar Sharma M. Manoj, Kumar M. Prakash. (2017). *CIMMYT*. Obtenido de https://idp.cimmyt.org/publicacion/guia-para-la-identificacion-y-manejo-de-la-deficiencia-de-nutrientes-y-cereales/

Kenworthy, A. L. 1967. Plant analysis and interpretation of analysis for horticulture crops. *In*: soil testing and plant analysis. Part II. Soil Science Society of America. Madison, WI. 59-76 pp.

López-Torres Bey Jamelyd, Rendón-Medel Roberto Y Camacho-Villa Tania Carolina. (2016). La comercialización de los maíces de especialidad en México: condiciones actuales y perspectivas, 7, p.3075-3088. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7nspe15/2007-0934-remexca-7-spe15-3075.pd

López Baez Orlando, Ramírez González Sandral I., Ramírez González Martha, Moreno Basurto Gillermo, & Alvarado Gaona, Á. E. (2006). Agroecología y agricultura

orgánica en el trópico (1. edición.). Tunja, Boyacá, Col.: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Landriscini, M.R., J. Galantini, y R. Rosell. 2001. Aplicación de la metodología DRIS al cultivo de trigo en la región semiárida pampeana. Informaciones Agronómicas 12:6-11.

Leyva, G.R; P. Sánchez G.; G. Alcántar G.; J.G. Valenzuela U.; F. Gavi R.; A. Martínez G. (2005). Contenido de nitratos en extractos celulares de pecíolos y frutos de tomate. Revista Fitotecnia Mexicana 28(2): 145-150.

Lynn Margulis, Dorion Sagan. (2013) EL PROCESO DE NUTRICIÓN EN LAS PLANTAS. Obtenido de: https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180895.pdf

López-Morales Fernando, Vázquez-Carrillo María Gricelda, Aragón-García Agustín, Pérez-Torres Betzabeth Cecilia, Marrufo-Díaz María de la Luz, Hernández-Salinas Gregorio y Ibáñez-Martínez Armando. (2023). Caracterización del grano y tortilla de razas de maíz nativas del Estado de Puebla, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 46, p 357-366, Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/377304903

M.SC., P. (31 de marzo de 2012). Laboratorio de suelos facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/analisis-foliar.pdf

Mónica Salazar, M. A. (2013). Cincae. Obtenido de cincae: https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/07/gu%c3%8da-para-el-muestreo-de-foliares-en-ca%c3%91a-de-az%c3%99car.pdf

Martínez-Cruz Michel, Ortiz-Pérez Rodobaldo y Raigón Maria D. (2017). Contenido de fósforo, potasio, zinc, hierro, sodio, calcio y magnesio, análisis de su variabilidad en accesiones cubanas de maíz. Scielo.38, p 92-101. Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000100012&script=sci_arttext.

Mixquititla-Cabis, G. y O.G. Villegas-Torres. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. Acta Agrícola y Pecuaria 2(3): 55-61.

Mengel, K. and Kirkby, E.A. (2001) Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 849 p. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2

Melgar, R., G. Vitti, y V. de Melo Benites. 2011. Fertilizando para altos rendimientos. Soja en Latinoamérica. IIP Boletín No. 20. 179 p.

Malavolta, E., G.C. Vitti, y S.A. de Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: principios e aplicações. 2da Ed. Rev e Atual. POTAFOS. Piracicaba-SP. 319 pp

Nele verhulst, Ken Sayre,Bram Govaerts. (2012). Manual de determinación de rendimiento. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18249/48867.pdf?sequence=1&isallowed=y

Osorio (2012). El análisis foliar: una poderosa herramienta para diagnosticar el estado nutricional de los cultivos, pasturas y plantaciones. Obtenido de: Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/Analisis-foliar.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2023). Obtenido de: https://www.cbd.int/doc/external/cop-09/fao-factsheet-es.pdf

Pérez-Leal Fernando. (2017). Fisiología Vegetal. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Pacheco-Sangerman Fresia, Prado-Hernández Víctor, Maldonado-Torres Ranferi, Robledo-Santoyo Edmundo. (2022). Diagnóstico nutrimental del suelo y foliar en el cultivo de maíz Scielo. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342022000601079

Ratto de Miguez, S.E., M.C. Lamas, y E. Chamorro. 1991. Análisis foliar en el cultivo de maíz I. Revista Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 12:23-38.

Reta-Sánchez David Guadalupe, Cueto Wong José Antonio, Gaytán-Mascorro Arturo y Santamaría Cesar Jesús. (2007). RENDIMIENTO Y EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DE MAÍZ FORRAJERO EN SURCOS ESTRECHOS. Scielo.33, p145-151. Obtenido de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000200004

Rojas-Cruz Juan Manuel, (2019). CIMMYT. Obtenido de: https://idp.cimmyt.org/mejoramiento-participativo-de-maices-nativos-un-camino-para-preservar-la-diversidad-biocultural/

Roveda-Gabriel y Polo-Cristina. (2007). Mecanismos de adaptación de maíz asociado a Glomus spp. En suelos con bajo fósforo disponible. Scielo.25, p 349-356. Obtenido de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652007000200019

Ritchie, S.W., J.J. Hanway, y H.E. Thompson. 1996. Como se desarrolla una planta de maíz. Reporte Especial No. 48. Coop. Ext. Serv. Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU. Traducida al español por IPNI Cono Sur (Octubre 2003).

Ritchie SW, Hanway J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa, USA. Special Report N° 48.

Sánchez- Margarita Teresa. (2010). Evaluación de la calidad de lechuga (Lactuca sativa L.) respecto a su contenido de nitratos y materia seca. UNLPam. 21p. 29-36. Obtenido de: https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/semiarida/article/view/4539/4700

Siegver (2021). Cuadernillos municipales Zongolica. Sistema de información estadística y geográfica del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (siegver). http://ceieg.veracruz.gob.mx/wpcontent/uploads/sites/21/2020/12/zongolica_2020.pdf.Vegetal. núm. 87. Artículos técnicos de intagri. México. 5 p.

Smith, B.D. (1994). The origins of agriculture in the Americas. Evolutionary Anthropology. 3(5): 174-184.

Seiler Jorge. (2010). Produccion De Biomasa, Rendimiento Y Competencia Entre Plantas De Maíz (Zea Mays L.) Según Su Variabilidad Temporal En La Emergencia [Título Profesional, Universidad Nacional De Rio Cuarto Facultad De Agronomía Y Veterinaria]. REPOSITORIO DIGITAL. https://repodigital.unrc.edu.ar/xmlui/handle/123456789/68414

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2011). Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=215 (Mayo 2013).

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020). Obtenido de: https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-el-cultivo-de-mexico (consulta el 22 de octubre del 2023).

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (14 de marzo 2023). Obtenido de: https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/razas-de-maiz-riqueza-del-campo-mexicano?idiom=es (consulta el 22 de diciembre 2023)

Usuda H. y K. Shimogawara. 1995. Phosphate deficiency in maiz. VI: Changes in the two-dimensional electrophoretic patterns of soluble proteins form second leaf blades associated with induced senescence. Plant Cell Physiol. 36(6), 1149-1155.

Vargas, L. A. (2014). El maíz, viajero sin equipaje. In Anales de antropología Vol. 48, No. 1, pp. 123-137.

Valenzuela, O.R., y P.A. Ariño. 2000b. Evaluación del estado nutricional del cultivo de maíz a través del diagnóstico foliar. Actas CD. XVII Congreso Argentino de Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Voss, R.D. 1993. Corn. En: Bennett W.F. 1993. Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms. En: Bennett W.F. 1993. Nutrient Deficiencies & Toxicities In Crop Plants. 1st Edition. APS Press. Minnesota. USA: 11-14.

Walne, C.H.; Reddy, K.R. Temperature Effects on the Shoot and Root Growth, Development, and Biomass Accumulation of Corn (*Zea mays* L.). Agriculture 2022, 12, 443. https://doi.org/10.3390/ agriculture12040443.

Walworth, J.L., y M.E. Sumner. 1987. The Diagnosis and Recommendations Integrated System (DRIS). En: Advances in Soil Science, Vol. 6. Stewart B.A. (Ed.). Springer-Verlag. NY, USA: 149-188

# 15. ANEXOS

**Figura 9.** Inspección del agroecosistema 1 en la localidad de Tepeyolulco.

**Figura 10.** Inspección del agroecosistema 2 en la localidad de Tlilcalco.

**Figura 11.** Inspección del agroecosistema 3 en la localidad de Llano Grande.

**Figura 12.** Inspección del agroecosistema 4 en la localidad de Llano Grande.

**Figura 13.** Reunión con los productores de Xoxocotla.

**Figura 14.** Recolección de muestras.

**Figura 15.** Determinación de la altura de la planta.

**Figura 16.** Etiquetando bolsas de plástico para guardar las muestras.

**Figura 17.** Agroecosistemas de maíz nativo.

**Figura 18.** Recorrido en campo de los agroecosistemas de maíz nativo.

**Figura 19.** Recolección de muestras en los agroecosistemas de maíz nativo.

**Figura 20.** Con el productor de maíz nativo Alfonso Romero.

**Figura 21.** Refrigerador del laboratorio ITSZ campus Tezonapa de la marca Torrey modelo chtc-75 D a 10º, para la conservación de las muestras.

**Figura 22.** Se cortaron los tallos en fragmentos pequeños y se maceraron en un mortero

**Figura 23.** Savia extraída del tallo de la planta de maíz.

**Figura 24.** Dilución por factor 10 y filtrado de la muestra a analizar.

**Figura 25.** Preparación de la muestra analizar con el equipo Nutrient Analysis Photometer (modelo HI83325, marca HANNA, fabricado en Limena, Italia, con las recomendaciones dadas por el fabricante.

**Figura 26.** Medición de los nutrientes en el laboratorio del ITSZ con el equipo Nutrient Analysis Photometer.

**Figura 27.** Resultado del análisis del fosfato con el equipo Nutrient Analysis Photometer.

**Figura 28.** Equipo de medición de nutrientes Nutrient Analysis Photometer, reactivos y agua destila.

**Figura 29.** Medición de biomasa fresca y el diámetro del tallo de la planta de maíz.

**Figura 30.** Medición de la biomasa seca de las plantas de maíz nativo.