

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA



Conteo fúngico y bacteriano en suelo y rizósfera de tres maíces criollos y dos híbridos para la producción de grano bajo condiciones del Rancho el Retiro en Coahuila, México

Por:

YOSELIN DELGADO CASTRO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Torreón, Coahuila, México.

Mayo 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

Conteo fúngico y bacteriano en suelo y rizósfera de tres maíces criollos y dos híbridos para la producción de grano bajo condiciones del Rancho el Retiro en Coahuila, México

Por:

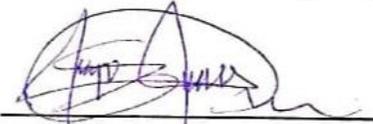
YOSELIN DELGADO CASTRO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por el Comité de asesoría:



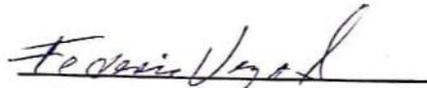
Dr. Jesús Vásquez Arroyo
Presidente



M.C. Eduardo Blanco Contreras
Vocal



Dra. Alejandra Cabrera Rodríguez
Vocal



Dr. Federico Vega Sotelo
Vocal Suplente



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Mayo 2022

Torreón, Coahuila, México.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Conteo fúngico y bacteriano en suelo y rizósfera de tres maíces criollos y dos híbridos para la producción de grano bajo condiciones del Rancho el Retiro en Coahuila, México

Por:

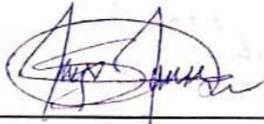
YOSELIN DELGADO CASTRO

TESIS

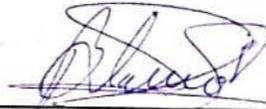
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por:



Dr. Jesús Vásquez Arroyo
Asesor Principal

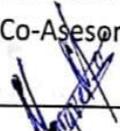


M.C. Eduardo Blanco Contreras
Co-Asesor



Dra. Alejandra Cabrera Rodríguez
Co-Asesor

Co-Asesor


Dr. J. Isabel Márquez Mendoza

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México.

Mayo 2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida y a Dios por permitirme llegar aquí.

A mi Alma Mater, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por acogerme todo este tiempo y darme la oportunidad de crecer en la vida.

A los profesores que me compartieron su conocimiento durante toda la carrera, cada uno fue pieza clave en mi formación.

A mis compañeros de generación y al departamento de Agroecología que durante estos años fueron como una familia para mí.

A todas las personas que fueron partícipes de mi crecimiento durante estos años y que me han apoyado desde el principio. Gracias por estar siempre para mí.

Al M. C. Eduardo Blanco Contreras, por dar siempre todo de sí al impartirnos su conocimiento e impulsarnos a hacer agroecología con el corazón. Me llevo mucha motivación de lo que aprendí con usted.

Agradecimiento muy especial al Dr. Jesús Vásquez Arroyo por guiarme durante todo el camino de la carrera, por no soltarme nunca y por apoyarme siempre; le debo gran parte de mi crecimiento profesional, emocional y personal. Gracias, Doctor, por ayudarme a ser mejor persona cada día siendo siempre fiel a mi felicidad.

DEDICATORIA

A Mis padres Rosario Castro y Carlos Delgado por acompañarme durante este camino y brindarme siempre su cariño y apoyo para lograr mis metas. Todo el esfuerzo se ve recompensado.

A mis hermanos Diana, Karla y Nicolás porque de alguna manera estuvieron siempre conmigo en cada etapa de mi formación.

A Dante, con todo el cariño de su tía.

A Katia Salas y Zaide Alba, sin ustedes esto no hubiese sido posible. Gracias por acompañarme en una de las etapas más bonitas de mi vida, por apoyarme e impulsarme siempre a ser una mejor versión de mí. Conocerlas fue de las mejores cosas que me dio la UAAAN.

Dedicatoria especial al M. C. Fortino Domínguez Pérez (†) por enseñarme a querer tanto lo que hago, por enseñarme a cuidar el campo y a ser feliz en él. Le estaré agradecida siempre, ojalá me hubiera podido acompañar hasta el final.

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*) es uno de los principales elementos del sistema agroalimentario mexicano, tanto económicos como culturales. El objetivo del estudio fue analizar y comprender el funcionamiento del microbioma respecto a bacterias y hongos del suelo en el agroecosistema maíz para determinar el rendimiento de producción de tres razas bajo sistema de riego. El área de estudio se estableció en el rancho el retiro en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. El experimento se realizó en parcelas de 10 m de ancho por 120 m de largo. La siembra se realizó el 13 de Julio del 2021. La distancia entre surcos fue de 75 cm y la distancia entre planta y planta de 15 cm. Se consideraron cuatro surcos por tratamiento y se cosecharon los dos surcos centrales, por falta de semilla, los híbridos solamente se sembraron dos surcos de 60 m de largo. Se tomaron muestras de suelo y rizosfera a los 51 días después de la siembra. Las variables de estudio fueron, Unidades Formadoras de Colonias por g, así como rendimiento en grano, considerando 89,900 plantas por ha. Se cosecharon y pesaron el total de mazorcas, seleccionando 100 al azar y con las 10 mejores, por tamaño, peso y números de grano. De acuerdo con el ANOVA, se encontraron diferencias altamente significativas entre razas para la determinación de bacterias ($P < 0.000$) en la rizósfera. La del Criollo 2 presento diferencia significativa por comparación de medias ($\alpha = 0.05$), así mismo, fue la que mejor rendimiento generó, 8.2, 15.62 y 20.6 Mg ha⁻¹, considerando la estimación del total de mazorcas cosechadas, 100 mazorcas seleccionadas y con las 10 mejores mazorcas respectivamente. La semilla resultante se almacena para los próximos ciclos.

Palabras clave: Agroecosistema, Suelo, Eficiencia, Sistemas, Agroalimentarios

ABSTRACT

Maize (*Zea mays*) is nationally considered one of the main elements that make up both agri-food, economic and cultural systems. It is then that from this relationship we seek to maintain a balance that allows us to satisfy the needs of the nation while respecting the cultural bases that identify us, and to achieve this, we must consider the main factors involved in the development of said processes. The objective of this study includes analyzing and understanding the functioning of the soil microbiome in the agroecosystem, as well as in the food systems of corn to determine the production yield of three races of corn with irrigation systems. The study area was established in El Retiro, ranch in the municipality of San Pedro de las Colonias, Coahuila, from where the soil and rhizosphere samples were taken for analysis, as well as the samples of each race of corn to carry out the procedure to determine yield in production. The results of the two procedures were compared and analyzed to determine if they were related or significant differences between them. In addition to the procedures carried out, a selection of the ten best samples of cobs was made to carry out a comparison of quality by size, weight and numbers of grain and weight of the same for each cob, resulting in a grain selection based on the observable quality of each race. The grains of said selection will be stored to be used as seed for future cycles.

Key words: agroecosystem, soil, efficiency, agri-food system

ÍNDICE DE CONTENIDO.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
ABSTRACT.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVO ESPECÍFICO	3
HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Agroecosistema.....	4
2.1.1 Sistemas agroalimentarios	5
2.2 Agroecología	5
2.3 Biodiversidad.....	7
2.3.1 Agrobiodiversidad	7
2.4 Suelo.....	8
2.4.1 Composición.....	8
2.4.2 Estudio del suelo	9
2.4.3 Sobreexplotación del suelo	10
2.5 Rizosfera.....	10
2.6 Microbiología	11
2.6.1 Bacterias.....	11
2.6.2 Rizobacterias	12
2.6.3 Hongos	13
2.7. El agroecosistema maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	14
2.7.1 Usos del maíz	14
2.7.2 Rendimiento.....	15
2.8 Calidad de producción.....	15
2.8.1 Producción mundial de maíz.....	16

2.8.2 Producción de maíz en México	16
2.8.3 Producción de maíz en la región	16
2.8.4 Recomendaciones de manejo técnico	17
2.9 Diversidad de razas	17
2.9.1 Mazorca.....	19
2.9.2 Grano.....	20
2.9.3 Pruebas de calidad	20
2.9.4 Selección de manera tradicional	21
2.9.5 Peso seco.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1 Área de estudio	22
3.2 Material biológico.	23
3.2.1 Datos de siembra	23
3.3 Elementos analizados.....	23
3.4 Diseño experimental	25
3.5 Preparación de muestras para su análisis microbiológico (hongos y bacterias)	25
3.5.1 Recuento de hongos y bacterias.	26
3.6 Rendimiento del cultivo	27
3.6.1 Análisis del total de mazorcas.....	29
3.6.2 Análisis de 10 mazorcas seleccionadas.....	31
3.6.3 parámetros de rendimiento.....	32
3.7 Peso seco.....	33
RESULTADOS	34
4.1 Determinación de hongos.....	35
4.1.1 Bacterias.....	36
4.2 Rendimiento del cultivo	37
4.2.1 Comparación de medias de 100 mazorcas por tratamiento.....	37
4.2.2 Peso de grano de las 10 mejores muestras por tratamiento.....	38
4.2.3 Promedio de granos por hilera de las 10 mejores mazorcas por tratamiento	38
4.3 Peso seco de planta.....	39
4.4 Estimación de rendimiento por hectárea	40
4.4.1 Rendimiento de grano por hectárea con base en 10 mazorcas	40
4.4.2 Rendimiento de grano por hectárea con base en el total de mazorcas	41

4.4.3 Comparación de promedios respecto a las 10 mejores mazorcas	42
DISCUSIÓN.....	43
CONCLUSIONES	45
Literatura citada.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Razas de maíz presentes en México por grupo.....	18
Cuadro 2. Rendimiento de grano por hectárea con base en las 10 mejores mazorcas (Mg ha-1)	41
Cuadro 3. Rendimiento de grano por hectárea con base al total de mazorcas cosechadas (Mg ha-1)	41
Cuadro 4. Comparación de promedios de variables de estudio correspondiente a las 10 mejores mazorcas.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplares de las razas de maíz en México (CONABIO y Galindo, 2013).	17
Figura 2. Vista aérea de la unidad experimental y distribución de tratamientos (Google earth, 2021).	23
Figura 3. Muestras de suelo y rizosfera almacenadas y etiquetadas	24
Figura 4. Ejemplares de los 5 tratamientos analizados en rendimiento del cultivo	24
Figura 5. Frascos utilizados para preparar las muestras.....	26
Figura 6. Elementos y material utilizado en laboratorio para análisis de bacterias y hongos.	26
Figura 7. Preparación de agar de papa y dextrosa (PDA) para análisis de hongos.....	27
Figura 8. Parte de elementos utilizados en el laboratorio para análisis de hongos.	27
Figura 9. Selección aleatoria de 100 mazorcas.	28
Figura 10. Selección de las 10 mejores mazorcas.....	29
Figura 11. Proceso de separación de mazorcas de las hojas.	29
Figura 12. Toma de datos de peso de cada mazorca.....	30
Figura 13. Almacenamiento de granos del total de mazorcas	30
Figura 14. Conteo de hileras y granos por hilera.	31
Figura 15. Proceso de pesaje de granos por mazorca.	32
Figura 16. Resultados de conteo fúngico en muestras de rizósfera.....	35
Figura 17. Resultados de conteo fúngico en muestras de suelo.	36
Figura 18. Comparación de medias respecto al peso de 100 mazorcas por tratamiento.	37
Figura 19. Comparación de medias correspondiente al peso de grano de las 10 mejores mazorcas por tratamiento.	38
Figura 20. Promedio correspondiente al número de granos por hilera de las 10 mejores mazorcas de cada tratamiento.....	39
Figura 21. Rendimiento de peso seco por hectárea ($Mg\ ha^{-1}$).	40

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el interés sobre los sistemas productivos en relación al área agropecuaria ha ido incrementando. Se ha comparado el beneficio generado a la sociedad de manera directa e indirecta, con las consecuencias de los métodos empleados para producir que se llevaron a cabo por décadas y que hasta la fecha siguen teniendo repercusiones negativas. Es por eso que, tanto la investigación como la aplicación de las prácticas agrícolas sustentables o agroecológicas, son esenciales para generar sistemas productivos sanos que tengan aplicación desde el elemento base que es el suelo, hasta el producto final que llega a los consumidores por algún medio, buscando de esta manera, que puedan ser lo más autosustentables posible, evitando que en un futuro se genere una total dependencia de insumos e intervenciones humanas para asegurar su funcionamiento (Ferrera y Alarcon, 2001).

El concepto productivo que engloba y relaciona este enfoque con la necesidad de asegurar un futuro alimenticio sano para la población, es la soberanía alimentaria, con una visión holística que no solo considera el acceso a alimentos, si no que estos mismos puedan proveer a los consumidores calidad nutricional y seguridad económica, con la certeza de que el entorno de producción está basado en la sustentabilidad, y de que se es partícipe de un equilibrio productivo el cual entrelaza ámbitos culturales, sociales, económicos y ecológicos (Carmona *et al*, 2020).

La microbiología que se encuentra presente en los suelos es uno de los componentes de mayor importancia dentro de su conformación, ya que cuenta con algunos de los elementos principales encargados de mantener al suelo en un estado óptimo de fertilidad: las bacterias y los hongos. Considerando el papel fundamental que llevan a cabo tanto en su mantenimiento como en el desarrollo y fortalecimiento de especies vegetales. Estas, de igual manera, llegan a sufrir las repercusiones

negativas de las prácticas agronómicas convencionales que involucran la aplicación de agroquímicos y métodos de manejo que eventualmente incrementarán su ya avanzada generación de consecuencias negativas (Crecchio, 2020). La función principal de los hongos y bacterias en los ecosistemas y agroecosistemas radica en la descomposición de organismos para la generación de nutrientes asimilables por las plantas (Marín, 2018). Es de suma importancia considerar el papel tan importante que juegan los microorganismos en el proceso de transición a una producción agroecológica (Solís *et al.*, 2004).

El maíz en México es considerado uno de los cereales más importantes en los sistemas productivos por el hecho de que un gran porcentaje de la población lo considera esencial para su alimentación del día a día (Aguilar *et al.*, 2015). Además de que la forma de llegar el maíz a los consumidores puede ser de manera indirecta; por ejemplo, se utiliza también para mantener sistemas productivos pecuarios al ser suministrados al ganado como forraje por las múltiples propiedades y características que tiene (Ayvar-Serna *et al.*, 2020) generando que, con el paso del tiempo, se siga manteniendo en la mira de los investigadores del país que buscan más conocimiento sobre el papel que tienen los múltiples factores del entorno en la producción y rendimiento del cultivo (Aguilar *et al.*, 2015).

De acuerdo a los registros de producción proporcionados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para el año 2021 la producción de maíz grano fue de 22,004,274.15 t, con un rendimiento por hectárea de 3.95 t/ha; a nivel estatal en Coahuila se tuvo una producción de 23,094.57 toneladas con un rendimiento por hectárea de 0.91 t/ha

Es de suma importancia cuidar que en los procesos de investigación que tienen la finalidad de querer mejorar producciones con fines principalmente económicos, prevalezca una ética que considere de manera holística lo que el maíz significa para el país, desde el ámbito cultural hasta el económico y todo lo que estos involucran.

OBJETIVO GENERAL

Comprender el comportamiento y función del microbioma (bacterias y hongos) del suelo en el agroecosistema y sistema alimentario del maíz.

OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Estimar las poblaciones bacterianas y fúngicas (Log_{10} UFC g^{-1} de suelo) asociados al agroecosistema maíz.
2. Determinar el rendimiento en grano de tres razas criollas teniendo como testigos dos híbridos bajo condiciones de riego en el rancho el retiro, municipio de San Pedro de las Colonias, Coah.

HIPÓTESIS

H_0 = Las razas criollas de maíz para grano presentaran rendimientos promedio superiores a los híbridos.

H_a = Las razas criollas de maíz para grano presentaran rendimientos promedio menores a los híbridos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Agroecosistema

Los ecosistemas manejados con bases agrícolas son considerados sistemas antropogénicos debido a que su origen, establecimiento y manejo son resultado de la presencia y actividad del hombre, de modo que ha ido generando transformaciones dentro de la naturaleza para obtener beneficios, como lo son los alimentos (Sans, 2007). Es la conversión de un ecosistema que se encontraba en un estado de funcionamiento natural a uno que puede considerarse como "artificial" dadas las distintas intervenciones y modificaciones empleadas por el ser humano teniendo como finalidad principal generar algún tipo de producto o insumo agropecuario (Altieri y Nicholls, 2004). Dentro de su composición se encuentran presentes elementos bióticos y abióticos, los cuales eventualmente presentan interacciones entre sí (Pérez y Gardey, 2015) de modo que el funcionamiento, desarrollo o cualquier cambio generado por alguno de ellos, desencadena de manera directa o indirecta en alteración en su funcionamiento. Las alteraciones del sistema pueden ser ocasionadas también por la intervención de factores externos que, en conjunto con los elementos internos, contribuyen a mantener el dinamismo propio del agroecosistema (Ríos, 2011).

La característica más distintiva de identificación de un agroecosistema, es la intervención del ser humano en su funcionamiento, el cual, a conveniencia del mismo, es modificado a diferentes escalas dependiendo el objetivo que se busque lograr con su aprovechamiento. No necesariamente generando un cambio totalmente drástico en sus características y funcionamiento, ya que es una realidad que puede existir un equilibrio entre el intermediario y el sistema productivo, evitando lo más posible la excesiva aplicación de técnicas de manejo y aprovechamiento al sistema que, de manera eventual, puede terminar en un ciclo de dependencia de insumos y deterioro considerable del paisaje (Sans, 2007). Estas intervenciones pueden

generar que el proceso de estudio sea más complejo, ya que tienden a presentarse más variaciones que dependerán del manejo que el ser humano esté empleando en el sistema, considerando los factores económicos, sociales y ecológicos (Gliessman, 2007).

2.1.1 Sistemas agroalimentarios

Desde una perspectiva holística, los sistemas de producción agropecuaria que involucran la distribución de alimentos a la población, debe de estar basada en la seguridad alimentaria que permita generarles a los consumidores un factor de suma importancia como lo es el fácil acceso a productos alimenticios con la confiabilidad de que han llevado un proceso de producción sustentable y que cuentan con calidad nutricional. Muchos de estos provenientes de los sistemas productivos a pequeña escala (Solares *et al*, 2020).

Dentro del manejo actual de estos sistemas a nivel mundial se encuentra un gran desequilibrio en distribución de alimentos, ya que a pesar de que los altos niveles de producción, a nivel mundial sigue existiendo gran porcentaje de la población en condiciones de desnutrición, ya sea por la inaccesibilidad a alimentos en general o por la deplorable calidad nutricional de los mismos, sumándole a esto el factor económico y ecológico involucrado las prácticas y métodos convencionales aplicados en la producción y distribución de productos a nivel mundial. Todas estas variables relacionadas generan un ciclo poco conveniente para la sociedad en general respecto a los factores mencionados, es por eso que a través de los últimos años la búsqueda y aplicación de alternativas ante dicha problemática ha ido aumentando, ofreciendo una transición hacia sistemas agroalimentarios holísticos con enfoque agroecológico (Calle *et al*, 2013).

2.2 Agroecología

Esta ciencia está caracterizada por enfocarse en el manejo de técnicas y principios basados en la ecología para el manejo de sistemas productivos agrícolas. Teniendo en cuenta las características, requerimientos y formas de actuar de todos los factores

involucrados (Gliessman, 2004) por lo que se le cataloga como un sistema de producción holístico (Ruiz-Rosado, 2006).

Además, cuenta con las características adecuadas para guiar las transiciones de sistemas tradicionales o convencionales hacia un sistema de producción sustentable, y lo menos dependiente posible de insumos y modificaciones externas (Blanco-Valdes, 2016). Así mismo, es una disciplina que no se concentra únicamente en la eficiencia de producción a corto plazo, si no que dentro de sus objetivos se encuentra que la salud del sistema y el equilibrio que se presente entre los componentes de mismo, puedan asegurar dicha producción de calidad y en periodos a largo plazo, considerando los aspectos económico, ecológico y sociocultural, fundamentales en el proceso de crear equilibrio entre componentes de la agroecología (Gliessman, 2007).

Entre los aspectos que se pueden distinguir de los sistemas productivos manejados con estrategias agroecológicas se pueden identificar, por ejemplo, un incremento de interacciones entre sus componentes; disminución de intervenciones humanas en cuanto a insumos externos, que, posteriormente y con la colaboración de los demás actores involucrados, provocará un aumento cuantitativo y cualitativo de la producción de dicho sistema (Altieri, 2002).

2.2.1 Historia de la agroecología en México

La agroecología ha sido una disciplina cambiante que ha ido evolucionando a nivel mundial y nacional. En México apareció en la década de los 70s como forma de presentar resistencia a la conocida revolución verde, la cual estaba basada en métodos de producción agrícola a gran escala, mientras que la agroecología, además de utilizar vías sustentables, tiene como uno de sus objetivos principales involucrar factores no solo económicos, sino también ambientales y socioculturales (Gliessman, 2013).

De acuerdo a lo mencionado por Hernández (1988). Quien fue pionero de la agroecología en México, un aspecto importante que resalta las bases de la ahora agroecología es el poder reconocer la importancia de los métodos tradicionales

utilizados por agricultores, los cuales por décadas mantuvieron la diversidad en los sistemas productivos, utilizando técnicas holísticas que permitieran el equilibrio dentro del mismo e impulsaron a la conservación de germoplasma.

2.3 Biodiversidad

Dentro de este término se encuentran concentrados todos los organismos vivos de cualquier ecosistema en la tierra. A partir de este concepto se realizan distintas divisiones en grupo de los mismos, dependiendo de características más específicas, medios en los que se encuentran, necesidades y comportamientos en general para que, de esta manera, se pueda conocer, identificar y medir la biodiversidad con la que determinada región o área en particular cuenta (Escalante, 2002).

La biodiversidad juega un papel de suma importancia en los ecosistemas, debido a que esta abarca a todas las diferentes especies que tuvieran presencia en un área determinada, así como la relación e interacción entre las mismas. Dividiéndose a su vez en niveles jerárquicos (Stupino, *et al.*, 2014) El estado en el que encuentre el nivel de biodiversidad está estrechamente relacionado con el correcto funcionamiento del agroecosistema, pues en gran medida, este aspecto se ve involucrado en el mantenimiento del mismo, buscando asegurar una productividad eficiente (Gutiérrez *et al.*, 2008).

2.3.1 Agrobiodiversidad

Es un término directamente relacionado a la sostenibilidad en relación al sistema productivo, y por consecuencia, un factor clave para la eficiente producción generada por el mismo, pues engloba a todo un conjunto de factores que tienen intervención en su funcionamiento y desarrollo. Se le considera como uno de los indicadores principales para determinar en qué nivel de sostenibilidad se encuentra el agroecosistema en cuestión (Galán y Pérez, 2012).

A consecuencia del avance y modernización de las prácticas agrícolas, los elementos base relacionados con la ecología se están dejando pasar de lado y no

son considerados con la importancia debida, generando en los sistemas productivos una inestabilidad que a corto o largo plazo intervendrá en su funcionamiento y/o producción (Nicholls y Altieri, 2002). Las especies involucradas en estos procesos son las encargadas de generar servicios ecosistémicos mediante su interacción, los cuales benefician de manera directa o indirecta al sistema productivo, y que podemos observar en el reciclaje de nutrientes o el control de plagas desde un punto de vista ecológico o biológico. Sumándole a esto el promover las especies de plantas y organismos que interfieren positivamente en la polinización, para generar o incrementar una cadena de beneficios en todo el sistema. Teniendo en consideración que las buenas prácticas que propician un buen funcionamiento de los procesos productivos, no deben de sobrepasar los límites que mantienen el equilibrio y el estado óptimo del ecosistema (Nieto, 2017).

2.4 Suelo

El suelo es y ha sido siempre un elemento de vital importancia para la subsistencia de la vida en la tierra, es la base de los ecosistemas terrestres en el planeta, situándose entonces como uno de los componentes esenciales para el desarrollo de los mismos (Cueto *et al.*, 2009). Por consecuencia, en la actualidad es necesario también para el desarrollo y evolución de los distintos niveles de la cadena trófica, principalmente plantas, animales y hombre (García *et al.*, 2012). Dentro de algunos procesos de la cadena trófica se generan residuos orgánicos que, al integrarse al suelo, favorecen su enriquecimiento y se genera un equilibrio en el sistema (Acosta, 2007). El manejo del suelo y su conservación son necesarios para promover un crecimiento del sector económico y social en la población (Cueto *et al.*, 2009), pues es fundamental para la obtención de alimentos y materias primas principalmente (Sarmiento, 2016).

2.4.1 Composición

Como el sistema biológico que es, presenta una dinámica y complejidad entre sus componentes (Nannipieri *et al.*, 2003), los cuales se encuentran distribuidos en sus tres fases posibles; sólido líquido y gaseoso (Marín, 2018). Su proceso de formación

involucra muchos factores como lo son el clima y los sucesos meteorológicos relacionados con el mismo, roca madre, agua, así como las interacciones entre dichos elementos que permiten llegar al producto final (Ibáñez *et al.*, 2004). La composición general del suelo incluye minerales, materia orgánica, agua y aire (Acosta, 2007). Eventualmente mediante interacciones y cambios originados por factores del entorno, se contará con la presencia de bacterias, hongos, insectos, así como cierto contenido de humus y nutrientes (Ibáñez *et al.*, 2004).

La estructura y conformación que, a lo largo de los años el suelo ha ido adquiriendo, es un aspecto clave a la hora de su análisis de fertilidad, ya que en estas características está basada la producción desde una perspectiva agropecuaria y forestal y se le da tal importancia por la aportación de nutrientes que le brindara a los cultivos (García *et al.*, 2012).

2.4.2 Estudio del suelo

El estudio del suelo está organizado en diferentes niveles; considerando para esto sus características físicas, químicas y biológicas. Cada una de ellas revelando distinta información que se toma en cuenta para determinar su salud general, así como la viabilidad para el establecimiento de determinados cultivos, asegurando en ese aspecto, la obtención de una producción eficiente. Es por eso que estudiar el suelo es primordial para el establecimiento de sistemas agropecuarios, pues es una de las bases de planeación de los mismos (Bernal *et al.*, 2015).

Los análisis de suelo van dentro del área de estudio del mismo, enfocados a la determinación de nutrientes, así como de elementos químicos y biológicos presentes que sirven como indicador de fertilidad y salud del suelo. Para su análisis se hace uso de los parámetros establecidos sobre los niveles de nutrientes y elementos presentes (Molina, 2007).

2.4.3 Sobreexplotación del suelo

Cuando el suelo de determinado sistema productivo es aprovechado de manera excesiva o las prácticas agrícolas de manejo utilizadas no son adecuadas, se pueden generar afecciones a sus componentes tales como la eventual pérdida o desgaste de sus características físicas, químicas y biológicas necesarias para su óptimo desarrollo y funcionamiento (Sarmiento, 2016). Por ejemplo, la aplicación de fertilizantes nitrogenados para incrementar la eficiencia del cultivo, eventualmente genera en el suelo afectaciones considerables, tales como desbalances en el nivel de nutrientes presentes, lo cual afecta directamente a las funciones realizadas por los microorganismos que tienen presencia en el suelo (León y Rojas, 2015). Estas actividades tendrán repercusiones negativas a futuro que se pueden observar en la disminución de productividad del sistema, tomando como indicadores el debilitamiento de las plantas presentes en él, así como una disminución en su crecimiento y desarrollo, lo que orilla a los productores a implementar o incrementar las dosis de aplicación de agroquímicos para poder cubrir la demanda de nutrientes requeridos por los cultivos, ya que el suelo en esas condiciones no puede cubrirlas (Sarmiento, 2016).

2.5 Rizosfera

La rizosfera es la cantidad en volumen de suelo que tiene contacto directo a cierta profundidad con las sustancias líquidas que liberan las raíces de la planta, tales como aminoácidos, carbohidratos, etc. (Osorio-Vega, 2009).

Las relaciones que se llevan a cabo entre las plantas y los componentes de la rizosfera, son consideradas como una aportación de suma importancia para el proceso de crecimiento de los cultivos y de la búsqueda de una adecuada sanidad para los mismos (Reyes y Valery, 2007), en la cual intervienen factores propios del medio ambiente, así como las características y propiedades del suelo. Además, se genera un intercambio de beneficios, por lo que, con el objetivo de mejorar la productividad de los cultivos y considerando la importancia que representan los microorganismos, se debe de cuidar de igual manera las condiciones en las que se

encuentra el cultivo y todos los componentes del mantenimiento del mismo. Con ello se puede asegurar que dichos microorganismos puedan desempeñar sus funciones de manera óptima, adaptarse y reproducirse, manteniendo como una de las prioridades de los sistemas sostenibles el cuidado de la salud del ecosistema (Gupta y Sharma, 2021).

2.6 Microbiología

Los microorganismos juegan un papel muy importante en el proceso de generar y mantener una fertilidad en el suelo para que los beneficios de estos conduzcan a la sostenibilidad en los ecosistemas naturales y en los agroecosistemas productivos (Ferrera y Alarcon, 2001).

Existe una variedad de prácticas culturales que al ser aplicadas en los agroecosistemas generan una gran cantidad de beneficios, entre los cuales destaca la disminución de fuentes de energía provenientes de sistemas exteriores, así como también un aumento en la diversidad de microorganismos que a su vez generarán un incremento en fertilidad, sanidad y actividad microbiana. Todo esto con la finalidad de mantener el suelo en óptimas condiciones (Ferrera y Alarcon, 2001).

Los organismos que conforman la microbiología del suelo, se encuentran en grupos de características específicas y en grandes cantidades, además de que la identificación de nuevos organismos se encuentra en aumento, por lo que el campo de investigación está en constante actividad en el proceso de identificación e investigación de sus funciones e interacciones con los procesos de desarrollo de los cultivos.

2.6.1 Bacterias

El papel de las bacterias en la salud y fertilidad de los suelos tiene un alto nivel de importancia, sobre todo al momento de establecerse un sistema productivo agrícola en los mismos. Sus funciones consideradas como benéficas para el sistema van desde sintetizar sustancias que participan en la regulación de crecimiento de

individuos vegetales, la fijación de elementos al suelo para que las plantas puedan aprovecharlos, mantener su salud e incrementar su productividad; todas estas participaciones tienen la finalidad de incrementar el crecimiento de las plantas mediante los estímulos que representan (Sarmiento, 2016). La cantidad de bacterias que se encuentren presentes en determinado suelo, dependerá mayormente de las condiciones y características tanto físicas como químicas del mismo, así como de la cantidad o concentración de materia orgánica y humus que contenga ese suelo (Acosta, 2007).

En un gramo de suelo es posible encontrar una cantidad inimaginable que puede llegar a oscilar entre las 13103 y 13106 especies. La cantidad de dichas poblaciones, así como los grupos que abunden, variarán dependiendo el tipo de suelo que se esté estudiando, considerando las características específicas del mismo y sus componentes (Fierer, 2007).

Según un estudio realizado por Aviles *et al.*, (2022) la inoculación de cepas bacterianas nativas del norte de México, tales como *Rhizobium pusense* 31B11, *Bacillus sp.* 13B41 y *Pantoea dispersa* 22B45 en asociación a la rizosfera del maíz, son eficientes en el proceso de impulsar el crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del cultivo, permitiendo considerarlas como alternativas viables para utilizarse en los sistemas productivos, con el objetivo de disminuir el uso excesivo de insumos químicos.

2.6.2 Rizobacterias

Las rizobacterias son bacterias consideradas como elementos clave para promover el crecimiento de las plantas en determinadas condiciones (León y Rojas, 2015), con la capacidad de adaptarse y desarrollarse en la rizosfera de los cultivos para llevar a cabo sus funciones (Moreno y Galvis, 2013). Su forma de actuar se basa en promover el crecimiento de las raíces, dándoles la posibilidad de abarcar mayor superficie que permita a dichas plantas aumentar su acceso a nutrientes, generando así un incremento en el desarrollo productivo de la misma (León y Rojas, 2015).

Entre otras aplicaciones que pueden tener las rizobacterias, se encuentra el proceso de fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, proceso que les permite a las plantas poder asimilarlo y aprovecharlo, así como la inhibición del desarrollo de microorganismos considerados patógenos, los cuales pueden generar consecuencias negativas en el cultivo (Torriente, 2010).

2.6.3 Hongos

El papel de los hongos en los procesos de descomposición es de suma importancia, pues mediante su aplicación, pueden llegar a desintegrar sustratos que cuentan con una formación y composición más compleja por lo que se considera que son más difíciles de degradar, contribuyendo entonces al proceso de reciclaje de nutrientes que las plantas requieren asimilar para desarrollarse adecuadamente (Marín, 2018). La presencia de estos microorganismos se ve reflejada también en los costos de producción respecto a la fertilidad que brindan al suelo, al no ser necesaria la aplicación de fertilizantes sintéticos, se genera una reducción en la inversión de producción (León y Rojas, 2015).

Según investigaciones realizadas por Acosta (2007), pueden llegar a existir entre ocho mil hasta un millón de individuos identificados como hongos en tan solo un gramo de suelo. Considerando que dicha cantidad puede variar y aumentar considerablemente si el suelo tiene alto contenido de materia orgánica. En condiciones anaeróbicas y refiriéndonos de manera general al efecto que tienen los hongos en los procesos del suelo, es considerada más importante su aportación que la de las bacterias. Sin embargo, el efecto de las bacterias y su funcionamiento se efectúa más rápido que la de los hongos (Rucks *et al*, 2004).

De acuerdo a datos reportados por Farro *et al.*, (2021) existe un grupo de hongos rizosféricos que pueden ser utilizados en cultivos de maíz bajo condiciones no tan favorables, los cuales propician el desarrollo y crecimiento de maíz en producción. Dentro de este grupo se encuentran los géneros *Aspergillus* spp y *Trichoderma* spp, por mencionar los principales. De igual manera se puede hacer uso de micorrizas

para promover el aprovechamiento de nutrientes, el desarrollo de la planta y su capacidad de enfrentarse a condiciones adversas (Ferraris y Couretot, 2006).

2.7. El agroecosistema maíz (*Zea mays* L.)

Ha sido considerado como un componente importante para México culturalmente hablando, debido a que se ha encontrado en la alimentación de la población desde épocas precolombinas, además de que su cultivo fue un importante impulsor de actividades agrícolas en las distintas civilizaciones. Actualmente se encuentra cultivado en la mayor parte del continente americano favoreciendo las adaptaciones del maíz a distintas condiciones climáticas, por lo que actualmente es consumido en prácticamente todo el mundo de manera muy variada. En México desde sus inicios de producción en milpa hasta ahora, ha mantenido un valor cultural muy importante (Sanchez, 2011).

2.7.1 Usos del maíz

El maíz es uno de los cereales más importantes conocidos alrededor del mundo debido a su importancia en el ámbito alimenticio y consecuentemente en el ámbito económico. Tiene múltiples usos que van desde la alimentación directa la cual gracias a sus distintos métodos de preparación en sus diferentes presentaciones, permiten su consumo por el ser humano, la cual se puede realizar en casi todas las etapas fenológicas del desarrollo de la planta, de igual manera es utilizado en el área industrial como insumo para la elaboración de múltiples productos (Sánchez y Pérez-Urria, 2014). Con el paso del tiempo y mediante intercambio de conocimientos se han podido encontrar más usos y propiedades del maíz, actualmente absolutamente todas las partes que conforman una planta de maíz cultivado se pueden destinar a una actividad o uso específico, desde el ámbito cultural hasta el industrial, generando así un aprovechamiento óptimo y completo de los cultivos de maíz (Sanchez, 2011). Otro de los principales objetivos del establecimiento de cultivos de maíz, es la producción de forraje destinado a alimentar al ganado, considerando que, en condiciones óptimas. llevan la delantera en cuanto a producción con este fin. Además de su rendimiento, cuenta con propiedades nutritivas y el ganado muestra

gusto por el mismo, por lo que es muy utilizado en los sistemas productivos de carne y leche (Elizondo-Salazar y Boschini-Figueroa, 2002).

2.7.2 Rendimiento

El rendimiento de los cultivos es un indicador de la interacción y aportación de cada uno de los factores que están involucrados en el proceso. Es fundamental que las prácticas aplicadas al cultivo sean las adecuadas para su manejo, considerando las necesidades del mismo. Existen también factores que el humano no puede controlar directamente, como por ejemplo el clima y las condiciones del medio ambiente que pueden generar repercusiones en la producción y rendimiento del cultivo, sin embargo, forman parte de escenarios que se pueden prever para tomar las medidas adecuadas. Influye también la relación que existe entre la planta y los elementos que tienen relación directa con la misma, los cuales tienen efecto en su desarrollo, tales como los son el suelo y los microorganismos presentes en su estructura, plagas, hongos y enfermedades (Gonzales *et al*, 2007).

Dentro de las prácticas agronómicas para el manejo del cultivo, se deben de tener muy en cuenta aquellas previas a la germinación y desarrollo de la planta, tales como la preparación del suelo, el arreglo de surcos, la distancia entre los mismo y la distancia de siembra, ya que se consideran éstas como factores importantes por su influencia en el rendimiento del cultivo al establecerse en una distribución espacial adecuada evitando la competencia de espacio, agua, luz y nutrientes entre plantas, permitiendo que se desarrollen de manera óptima (Reta *et al*, 2003).

2.8 Calidad de producción

En los sistemas productivos agrícolas de cualquier tipo, y en este caso de maíz, se espera obtener resultados satisfactorios en cuanto a cantidades de producción principalmente, dependiendo la finalidad que se le vaya a dar al cultivo. Tenemos el ejemplo de la producción de maíz destinada al forraje, la cual necesita de planeaciones especiales, así como prácticas agronómicas adecuadas, ya que de estas dependen mayormente los resultados que el productor espera.

Uno de los principales factores a considerar, es la variedad de maíz que se debe cultivar considerando la finalidad del cultivo, ya que, a pesar de que a cualquier variedad se le puede destinar a forraje, no todas presentan el mismo rendimiento (Elizondo y Boschini, 2001).

2.8.1 Producción mundial de maíz

Actualmente el maíz se encuentra dentro de los cereales con mayor producción alrededor del mundo (Robles *et al*, 2018). Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos la producción mundial para 2021- 2022 está estimada en 1206.96 millones de toneladas (GCMA, 2022).

2.8.2 Producción de maíz en México

El cultivo del maíz representa un aproximado de 39% de la superficie cultivada del país, por lo que se le considera como el cultivo más importante a nivel nacional, por su impacto y aportación en los ámbitos socioeconómico, alimentario y político (Luna *et al*, 2012). Para 2002 según Herrera *et al* (2002), arriba del 70% de la comunidad campesina en México utiliza semilla criolla, y el resto semilla mejorada. Influyendo en tal resultado, la región y el manejo de los cultivos.

A nivel nacional (2021), se sembraron 7.3 millones de ha, cosechadas 7,1 millones, con una producción 27.38 millones de toneladas (SIAP, 2022)

2.8.3 Producción de maíz en la región

Según datos obtenidos por Borroel *et al* (2018) una selección de híbridos presentó rendimientos de entre 14.52 a 15.84 toneladas por hectárea en la región. Al realizar comparación de datos con Wong *et al* (2007) quien menciona que para 2007 el promedio de producción por hectárea era de 3.3 Mg ha⁻¹, mientras que bajo condiciones potenciales "a nivel experimental" se podían llegar a obtener 13 Mg ha⁻¹, por lo que era preciso mejorar los métodos de producción.

2.8.4 Recomendaciones de manejo técnico

Las recomendaciones técnicas presentadas por el INIFAP (2015), mencionan prácticas fundamentales para los procesos de manejo del cultivo, donde se incluyen técnicas de preparación del suelo, planificación de riegos, fertilización y manejo de plagas y enfermedades. Es de suma importancia seleccionar aquellas que se adapten al sistema productivo que se maneja y que vayan de la mano con los conocimientos empíricos del productor, tomando en consideración que estas sean afines a sus bases y principios de manejo.

2.9 Diversidad de razas

Actualmente aún se tiene una amplia gama de variedades de razas de maíz, a pesar de que con el paso del tiempo se perdieron cantidades considerables de estas y solo se han conservado un determinado número. En México, uno de los centros de origen del maíz, se tienen en la actualidad registradas 68 razas nativas, donde la variación radica en distintos factores que están involucrados, tales como las condiciones climáticas y geográficas, así como la adaptación de las razas a estas, al igual que los procesos culturales que han repercutido en su distribución y conservación (Barrera-Guzmán, 2013) Un ejemplo de las razas mexicanas se muestran en la Figura 1 y en el Cuadro 1 podemos observar la agrupación de dichas razas.

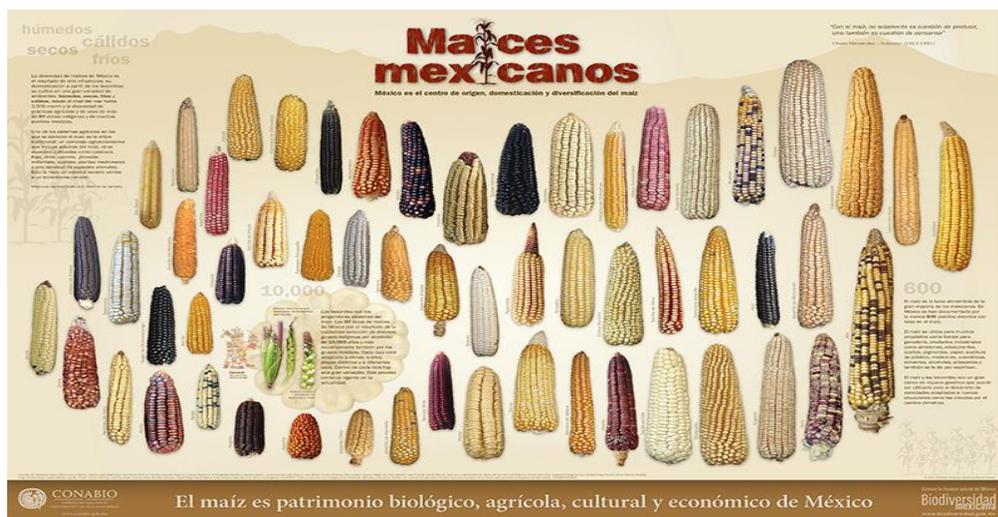


Figura 1. Ejemplares de las razas de maíz en México (CONABIO y Galindo, 2013).

Cuadro 1. Razas de maíz presentes en México por grupo
Razas de maíz presentes en México por grupo

Grupo Cónico	Grupo Sierra de Chihuahua
Cónico Palomero Toluqueño Dulce Cónico Norteño Arrocillo Palomero de Jalisco Palomero de Chihuahua Cacahuacintle Elotes Cónicos Mixteco Cónico Uruapeño Mushito Mushito de Michoacán Negrito Chalqueño	Apachito Gordo Mountain Yellow (Amarillo de Montaña) Azul Cristalino de Chihuahua Serrano de Jalisco
Grupo Ocho hileras	Grupo Chapalote
Harinoso de Ocho Elotes occidentales Bofo Blando Tabloncillo Tabloncillo Perla Jala Tablilla de Ocho Onaveño Zamorano Amarillo Ancho Bolita	Chapalote Reventador Elotero de Sinaloa Dulcillo del Noroeste
Grupo Dentados tropicales	Razas de maduración temprana
Tepecintle Choapaneco Tuxpeño Tuxpeño Norteño	Nal-Tel Zapalote Chico Conejo Ratón

Vandeño Celaya Zapalote Grande Pepitilla Nal-Tel de Altura Chiquito Cubano Amarillo	
Grupo Maduración tardía	
Olotillo Dzit-Bacal Olotón Negro Chimaltenango Quicheño Tehua Comiteco Motozinteco Serrano Mixe Mixeño Serrano Coscomatepec	

2.9.1 Mazorca

Dentro de los procesos posteriores a la cosecha del maíz, se encuentra una de las actividades de mayor importancia en cuanto al desarrollo de la mejora genética, la cual influye directamente en el rendimiento del cultivo. Dicha actividad se lleva a cabo mediante la selección de semilla de la cosecha más reciente, con el objetivo principal de utilizarlas en próximos ciclos (Ramírez *et al.*, 2020).

Para lograr el objetivo mencionado, se pueden seguir una serie de indicadores en los cuales los productores se basan para realizar la selección, tales como las características generales de la mazorca, tamaño y tamaño del olote, el estado en el que se encuentre la misma, y el color del grano (Magdaleno-Hernández *et al.*, 2016).

Sin embargo, cuando se busca que los resultados tengan mayor precisión y cuenten con información más exacta que pueda ser comprobable para realizar análisis, se deben de llevar a cabo evaluaciones que incluyen un mayor número de parámetros para facilitar la selección por medio de comparación. Algunos ejemplos de estos son los utilizados por Ramírez *et al* (2020):

- Longitud de mazorca
- Diámetro de mazorca
- Hileras por mazorca
- Granos por hilera
- Diámetro de olote

2.9.2 Grano

En la actualidad, la clasificación desde el punto de vista agronómico, marca un paso importante en cuanto a la selección de granos, debido a que cada tipo de grano puede ser destinado a la producción de determinados productos que requieren de las características que este presenta. Por lo que, al momento de aplicar métodos de selección de semilla tanto para dicha producción como para cultivos de maíz con esos fines establecidos, como forrajes o alimentos y sus derivadas, es necesario profundizar en el análisis físico del grano (tamaño, dureza, color, etc.) y adentrarse también en análisis químicos del mismo (contenido de aceites y proteínas, por ej.) para obtener mayor eficiencia a niveles más industrializados. Considerando que, para obtener estas especificaciones en características, se tendrán que realizar procesos que pueden llegar a ser más laboriosos (Figuerola *et al.*, 2013; Salinas *et al.*, 2013).

2.9.3 Pruebas de calidad

Es preciso tener en cuenta este tipo de pruebas de calidad para que las estimaciones de eficiencia producción sean más acertadas y las planeaciones de cultivo más

viables, además de que dentro de las pruebas de calidad existen variables que permiten conocer cómo podría envejecer la semilla bajo determinadas condiciones y de esta manera se pueda ampliar el conocimiento sobre la semilla, y sobre las características necesarias para establecer un sistema productivo con las mismas. Por ejemplo, en pruebas de frío, y citando a Hernández *et al.* (2020) “en particular la prueba de frío indicó que la variedad nativa de la región es apta para zonas frías”.

2.9.4 Selección de manera tradicional

En la mayoría de las comunidades de México y en otras áreas del país, los agricultores que producen maíz para diversos fines realizan una selección de semilla basándose en métodos tradicionales, sin involucrar parámetros que conlleven a procedimientos sofisticados que no están a su alcance, y/o que no consideran necesarios. Se guían en la observación de las características físicas de las mazorcas y de los granos, basándose en conocimiento tradicional que han adquirido a lo largo del tiempo (Magdaleno-Hernández *et al.*, 2016).

2.9.5 Peso seco

Durante las diferentes etapas fenológicas por las que pasan las plantas en su proceso de desarrollo, las características físicas de cada una se encuentran en constante cambio y sirven como parámetro para conocer el estado de salud de la planta y si sus funciones están siendo realizadas de manera correcta, las cuales deben de tener como objetivo completar su evolución de manera óptima. Por ejemplo, la cantidad de agua contenida en cada planta depende de la etapa fisiológica en la que se encuentre, por consecuencia, el peso seco es proporcional a la cantidad de agua en cada una. Lo ideal al final del cultivo es obtener eficiencia en seco, pues esto es indicador de una buena producción (Bänziger, 1997).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

La unidad experimental está localizada en El rancho UAAAN perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Cuenta con una extensa área agrícola, dentro de la cual se estableció el cultivo, con coordenadas 25.831513, -103.117787 teniendo como finalidad desarrollar el trabajo bajo condiciones de riego local. En la Figura 2 podemos observar la distribución que presentaron los tratamientos en el predio.



Figura 2. Vista aérea de la unidad experimental y distribución de tratamientos (Google earth, 2021).

3.2 Material biológico.

Para el presente estudio, se utilizaron semillas criollas de maíz recuperadas por el Finado M.C. Fortino Dominguez Pérez, Criollo 1, 2 y 3 y los híbridos Berrendo y RX-860 gentilmente proporcionados por el Dr. Armando Espinoza Banda, del Departamento de Fitomejoramiento.

3.2.1 Datos de siembra

La siembra se realizó el día 13 de julio del 2021 en melgas de 120 m de largo por 10 m de ancho. Los surcos contaban con una separación de 75 cm entre cada uno y distanciamiento de 15 cm entre plantas. Para el caso de las razas híbridas, el largo de área fue de 60 m pues, como se muestra en la figura 2, la segunda línea de tratamientos está dividida a la mitad.

3.3 Elementos analizados

Se llevó a cabo el análisis de cuatro factores pertenecientes a la misma área de cultivo. Los elementos analizados fueron los siguientes:

- 1.- Suelo (Hongos y bacterias)

2.- Rizosfera (Hongos y bacterias)

3.- Peso seco

4.- Rendimiento del cultivo

Las muestras utilizadas y analizadas fueron previamente extraídas del área de estudio mencionada, para ser almacenadas como se muestra en la Figura 3, con la finalidad de analizarlas de manera externa mediante implementación de equipo para análisis de laboratorio en el caso de suelo y rizosfera. Así como de herramientas para obtener datos referentes al rendimiento del cultivo con base en las mazorcas de cada tratamiento (Figura 4).



Figura 3. Muestras de suelo y rizosfera almacenadas y etiquetadas



Figura 4. Ejemplares de los 5 tratamientos analizados en rendimiento del cultivo

3.4 Diseño experimental

Los análisis se llevaron a cabo conforme lo establecido por un diseño experimental completos al azar. Se tomó la producción total de los surcos cosechados para los datos de interés en rendimiento. Para el caso de las determinaciones microbiológicas, se analizaron los datos de las razas criollas y los híbridos, tomando muestras del suelo y de la rizósfera de tres plantas por tratamiento. Para la determinación de la cuenta en placa, se realizaron tres repeticiones y cada repetición se realizó por cuadruplicado. Los valores numéricos fueron transformados a Log_{10} de UFC por g de muestra analizada.

3.5 Preparación de muestras para su análisis microbiológico (hongos y bacterias)

En frascos de diluciones (Figura 5) de 150 mL, con 99 mL de solución salina al 0.85% esteril, se le adicionó 1g de muestra de suelo y/o rizósfera y se procedió a realizar diluciones decimales en tubo eppendorf de 1.5 mL con 900 μL de NaCl al 0,85% estéril, hasta diluciones de 10^{-6} . Del Primer frasco de dilución se tomaron 100 μL y transfirieron a tubos eppendorf, se agitan por 10 segundos en vortex y se siembran 100 μL de muestra en cada caja petri de las diluciones 10^{-2} por cuadruplicado para el caso de hongos y lo mismos se hizo para el caso de bacterias de la dilución de 10^{-6} , se empleó PDA y Agar Nutritivo para las determinaciones respectivas (Figura 5-8). Finalmente se realizó el procedimiento incubación por 3-5 días para el caso de hongos a 28 °C t de bacterias por 14-48 h a 37 °C



Figura 5. Frascos utilizados para preparar las muestras.



Figura 6. Elementos y material utilizado en laboratorio para análisis de bacterias y hongos.

3.5.1 Recuento de hongos y bacterias.

El procedimiento final tanto para hongos como para bacterias fue el conteo de las unidades formadoras de colonias cuando el crecimiento dentro de las cajas petri fue el adecuado y lo permitió. Los valores encontrados se multiplicaron por 10 y elevaron

a la potencia de la dilución correspondiente (10^2 para el caso de hongos y 10^6 para el caso de bacterias). Los datos fueron transformados a Log_{10} UFC.



Figura 7. Preparación de agar de papa y dextrosa (PDA) para análisis de hongos

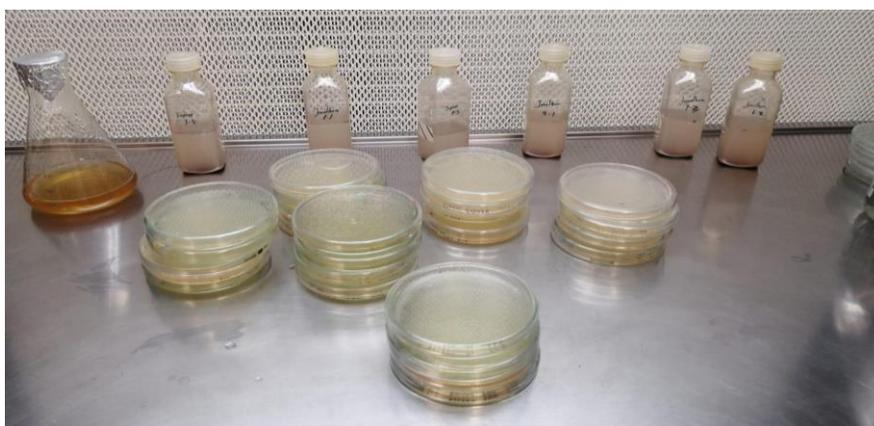


Figura 8. Parte de elementos utilizados en el laboratorio para análisis de hongos.

3.6 Rendimiento del cultivo

Dentro de los procedimientos de selección de mazorcas por calidad, se consideran características físicas de las mismas, por ejemplo, peso, número de hileras, número de granos por hilera, longitud, entre otras. Características que de manera técnica le

permiten al productor realizar una evaluación de calidad para la toma de decisiones y previsiones para el próximo ciclo (Ortiz *et al*, 2013).

Como primer paso se llevó a cabo una selección aleatoria de 100 mazorcas por tratamiento (Figura 9) considerándose como el número de repeticiones, también se seleccionaron las 10 mejores mazorcas de cada tratamiento como se observa en la Figura 10, para realizar análisis más específicos.



Figura 9. Selección aleatoria de 100 mazorcas.



Figura 10. Selección de las 10 mejores mazorcas.

3.6.1 Análisis del total de mazorcas

El primer paso fue separar cada mazorca de las hojas para trabajar exclusivamente con datos de grano y olote (Figura 11)



Figura 11. Proceso de separación de mazorcas de las hojas.

Posteriormente cada mazorca se pesó utilizando una báscula digital como la que se muestra en la Figura 12, o con báscula mecánica, para luego ser desgranadas manteniendo la separación de granos por tratamiento (Figura 13). Se llevó a cabo un registro con los datos correspondientes del peso de cada mazorca.



Figura 12. Toma de datos de peso de cada mazorca.



Figura 13. Almacenamiento de granos del total de mazorcas

De igual manera los olotes se almacenaron manteniendo separación por tratamiento.

3.6.2 Análisis de 10 mazorcas seleccionadas

El procedimiento para la selección de las 10 mejores mazorcas se basó en el peso y tamaño de las mismas. Esas 10 mazorcas de cada tratamiento no eran provenientes del grupo de las 100 mazorcas.

Cada una de las 10 mazorcas llevó el mismo procedimiento; primero fue pesada en la báscula y registrada en una bitácora establecida donde se almacenaron los siguientes datos a evaluar; peso de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera (Figura 14), peso de granos y peso de olote.



Figura 14. Conteo de hileras y granos por hilera.

Posteriormente, cada mazorca se desgrano de manera independiente del resto para así poder tomar los datos correspondientes al peso de granos (Figura 15) y peso de olote, con la finalidad de obtener datos específicos de manera individual.



Figura 15. Proceso de pesaje de granos por mazorca.

Finalmente, los granos de las 10 mejores mazorcas por tratamiento se almacenaron juntos y fueron debidamente identificados como muestra de tratamiento. Respecto al ámbito cultural y tal como lo menciona Magdaleno-Hernández *et al* (2016) la selección tradicional de grano para semilla de próximos ciclos se realiza mediante la observación de características físicas de las mazorcas cosechadas, de la misma manera en que se realizó en la selección de las 10 muestras de mejor tamaño para este estudio.

3.6.3 parámetros de rendimiento

Con base en los datos de siembra (distanciamiento entre surcos y plantas) se realizó una aproximación de plantas por ha, para poder obtener el rendimiento del cultivo. Con los siguientes cálculos:

Considerando los 100 m de longitud, se dividieron entre 0.75m correspondientes a el distanciamiento de surcos, y entre .15m correspondientes al distanciamiento entre plantas.

Fórmula 1

$$\frac{100\text{m}}{.75\text{m}} = 133.333 \text{ surcos}$$

Fórmula 2

$$\frac{100\text{m}}{.15\text{m}} = 666.666 \text{ plantas/surco}$$

Fórmula 3

$$(133) \times (666) \text{ aprox} = 89,000 \text{ plantas ha}^{-1}$$

Con esta información fue posible obtener las estimaciones de rendimiento por hectárea utilizando las distintas selecciones de mazorcas.

3.7 Peso seco

La obtención de datos referentes a la materia seca de determinado cultivo, requiere de procedimientos que permitan eliminar la cantidad de agua/humedad presente en los ejemplares. En la mayoría de los casos, el personal encargado de dicha actividad, utiliza hornos y secadoras que agilizan el proceso. Sin embargo, en muchos otros casos, por motivos de inaccesibilidad a dichas herramientas, o por limitación del manejo de muestras, se buscan alternativas comunes que eviten esta dependencia de tecnología, utilizando métodos tradicionales que involucran el secado natural (Bänziger, 1997).

Para la obtención de los ejemplares que se utilizaron como muestras de análisis, se tomaron 3 plantas por cada tratamiento las cuales fueron extraídas de los surcos realizando un corte en la parte inferior del tallo, sin considerar la raíz.

Las muestras debidamente identificadas se dejaron secar de manera natural durante 15 días y al terminar dicho proceso se procedió a pesar cada muestra, realizando un registro de datos para proceder a la comparación entre tratamientos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Determinación de hongos.

De acuerdo a los análisis realizados en muestras de rizósfera, para el caso de hongos, se puede observar en la Figura 16 el Híbrido RX-860 con aproximadamente 5 unidades logarítmicas por g de suelo, donde los criollos 2 y 3 se quedaron con menos de 4.4 unidades logarítmicas.

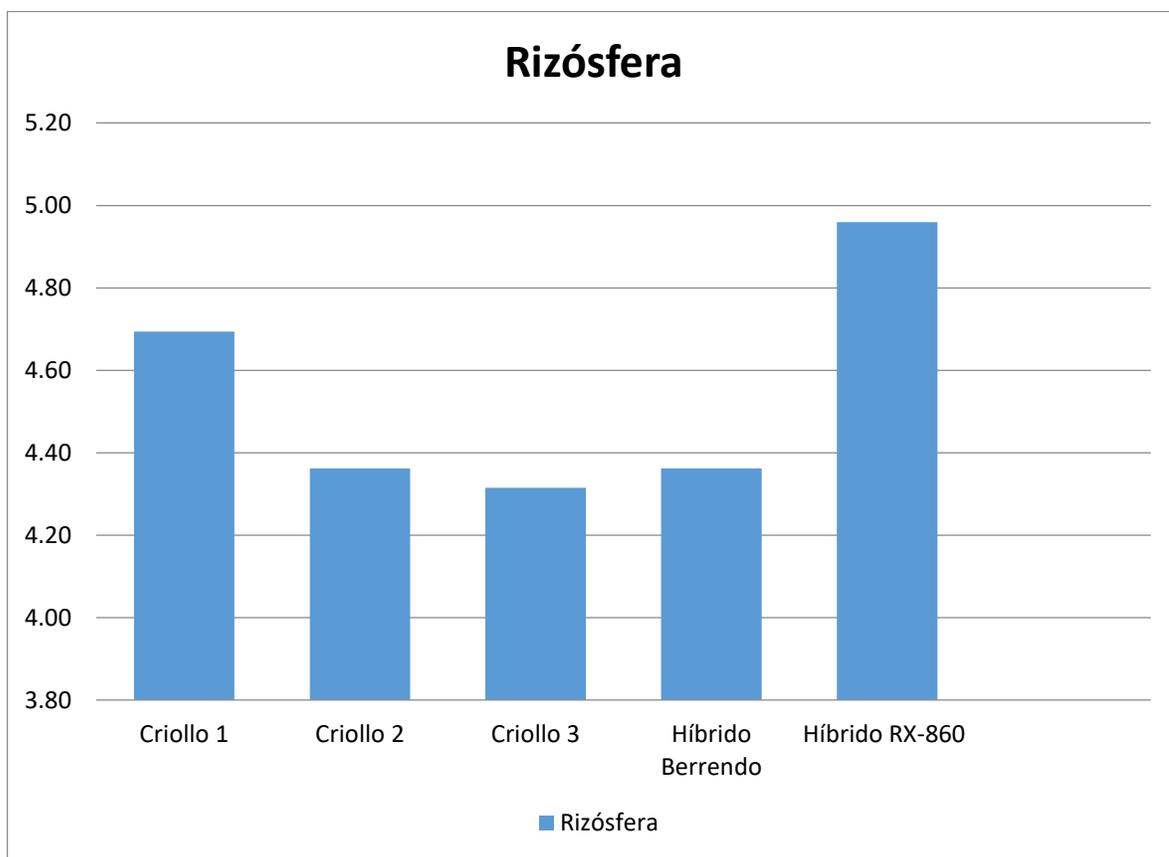


Figura 16. Resultados de conteo fúngico en muestras de rizósfera.

Con base en los resultados obtenidos de los análisis de muestras de suelo, en caso de hongos (Figura 17) se puede observar la diferencia que muestra el resultado del Criollo 3 menor a 4.20 unidades logarítmicas en comparación con los demás

tratamientos. Por otro lado, el Híbrido Berrendo supera las 4.80 unidades logarítmicas, siendo este el resultado mayor.

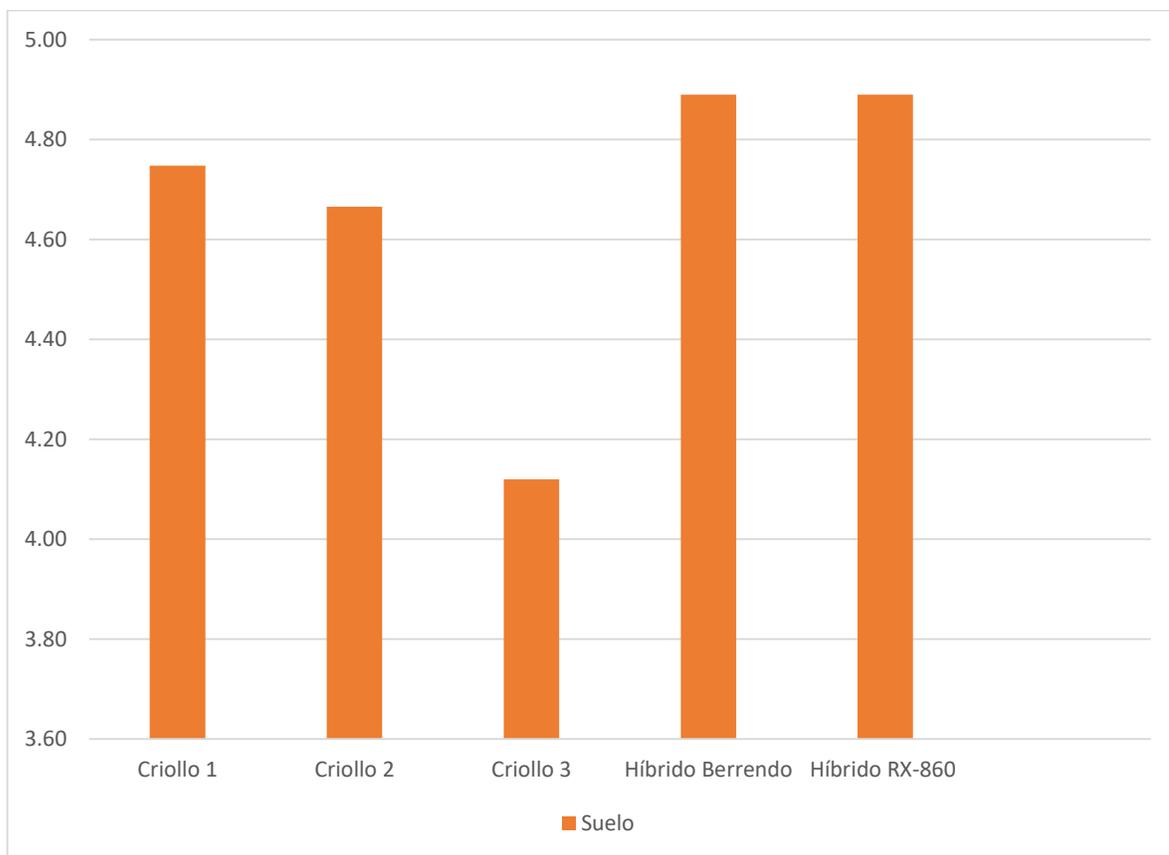


Figura 17. Resultados de conteo fúngico en muestras de suelo.

4.1.1 Bacterias

El análisis estadístico de la comparación de medias de ufc de bacterias en suelo y rizosfera, nos permitió llegar a los siguientes resultados:

En la rizosfera existe diferencia significativa entre los genotipos correspondientes al Criollo 1 y el Híbrido RX-860. El resto de los genotipos no presenta diferencias significativas.

En el análisis de suelo el Criollo 2 y los híbridos Berrendo y RX-860 presentan diferencias significativas, mientras que las razas Criollo 1 y Criollo 3 no presentan diferencia significativa ($P < 0.05$).

4.2 Rendimiento del cultivo

Los resultados correspondientes al rendimiento del cultivo con base en las mazorcas analizadas se compararon entre tratamientos para determinar de manera concreta aquellos que presentaran rendimientos superiores, así como aquellos con rendimiento menor al resto. La comparación de medias mediante la prueba Tukey se aplicó para los datos de peso de las 100 mazorcas por tratamiento, así como para los datos obtenidos de grano por mazorca y granos por hilera de las 10 mejores mazorcas.

4.2.1 Comparación de medias de 100 mazorcas por tratamiento

La comparación múltiple de medias (Figura 18) respecto a los datos obtenidos del peso de 100 mazorcas, dio como resultado que todos los tratamientos, a excepción del Híbrido Berrendo con el Criollo 3, presentaron diferencia significativa.

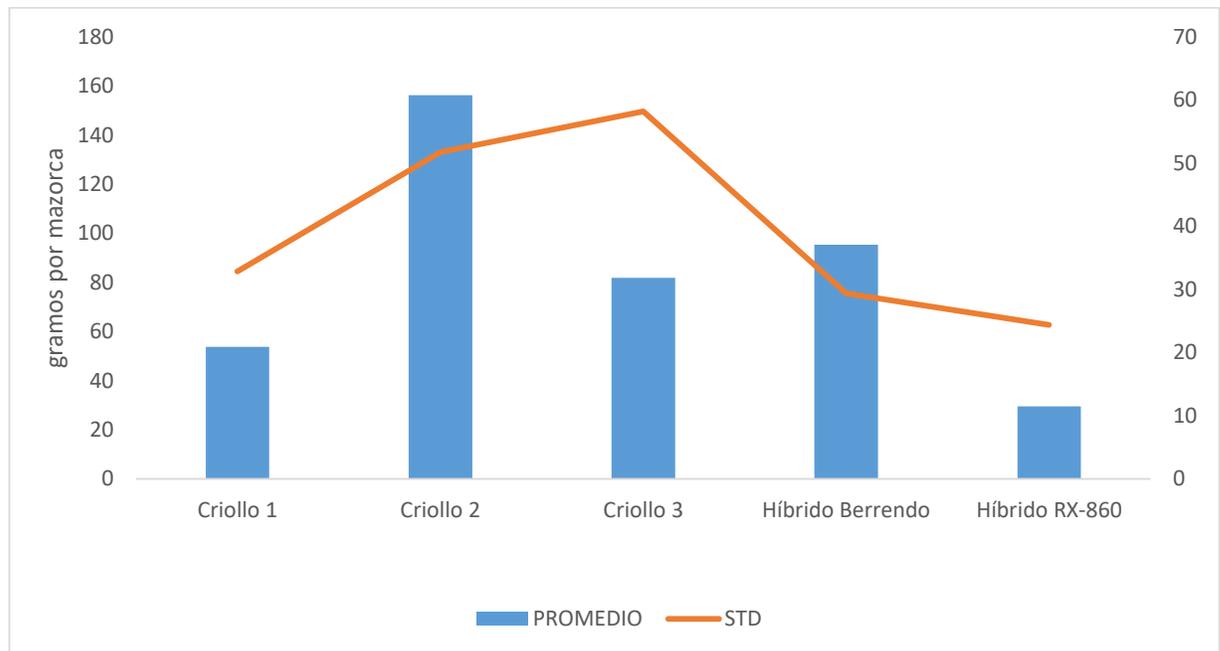


Figura 18. Comparación de medias respecto al peso de 100 mazorcas por tratamiento.

4.2.2 Peso de grano de las 10 mejores muestras por tratamiento

La comparación de medias respecto a los datos obtenidos del peso de granos correspondiente a las 10 mejores mazorcas de cada tratamiento (Figura 19) dieron como resultado una diferencia significativa entre medias del Criollo 2 y el resto de tratamientos

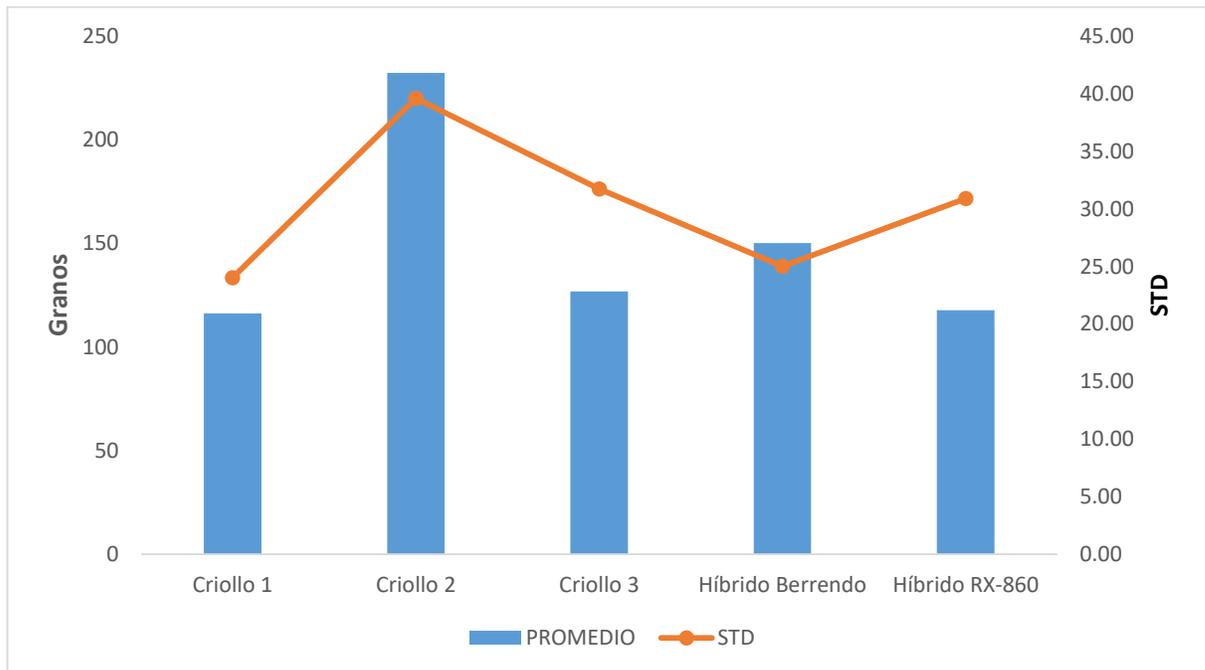


Figura 19. Comparación de medias correspondiente al peso de grano de las 10 mejores mazorcas por tratamiento.

4.2.3 Promedio de granos por hilera de las 10 mejores mazorcas por tratamiento

La comparación múltiple de medias respecto a los datos correspondientes al promedio de granos por hilera de las 10 mejores mazorcas de cada tratamiento (Figura 20), dieron como resultado que el Criollo 2 y el Híbrido Berrendo presentaron

diferencia significativa al tener resultados mayores en comparación con el resto de tratamientos.

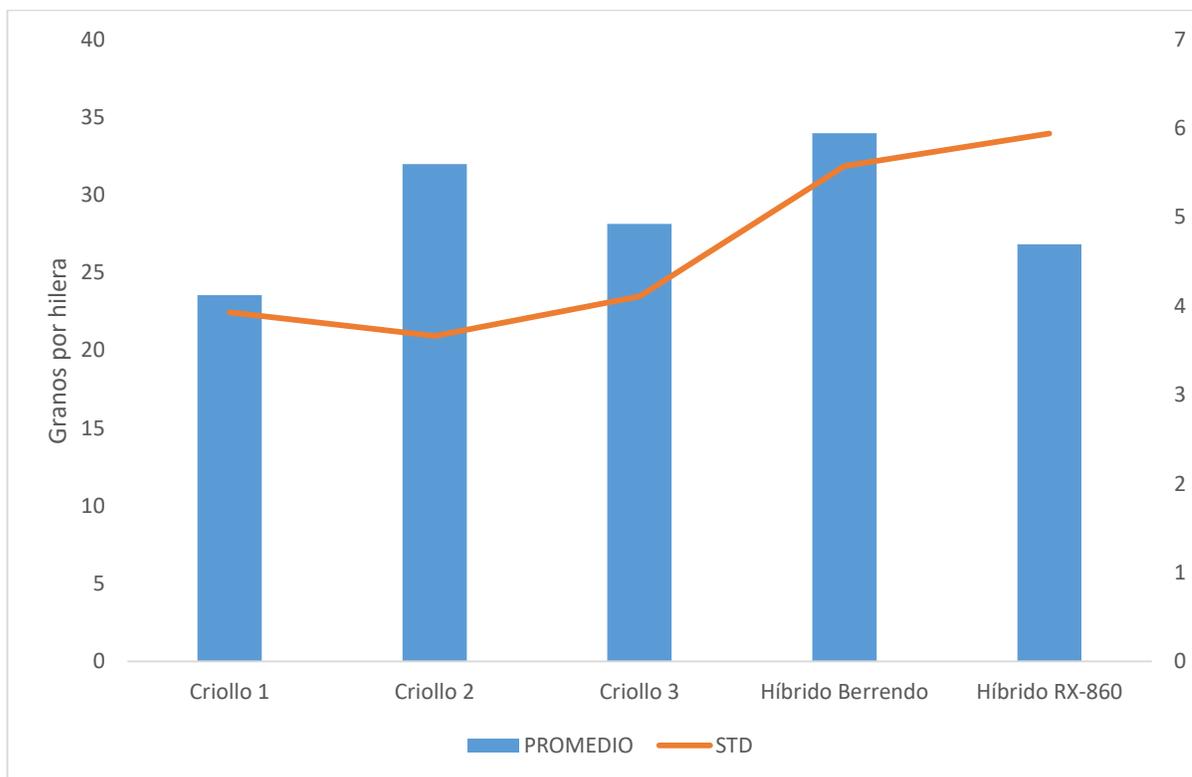


Figura 20. Promedio correspondiente al número de granos por hilera de las 10 mejores mazorcas de cada tratamiento

4.3 Peso seco de planta

Los resultados obtenidos del análisis de datos del contenido de materia seca de tres plantas por tratamiento se llevaron a una comparación por tratamientos para diferenciar aquellos con mejor rendimiento, además de realizar un cálculo de aproximación de rendimiento por hectárea.

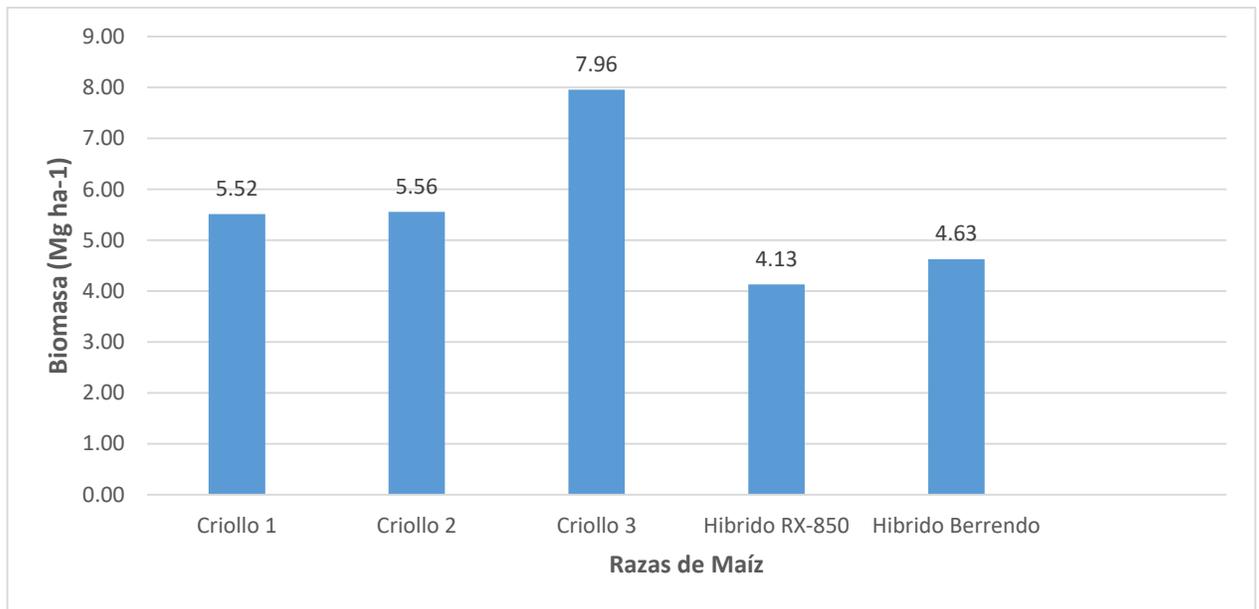


Figura 21. Rendimiento de peso seco por hectárea (Mg ha⁻¹).

De acuerdo a los resultados obtenidos por Elizondo-Salazar y Boschini-Figueroa (2002). Las razas criollas presentan mayor porcentaje de materia seca a comparación con híbridos. Mismo resultado observado en este estudio, al presentar el criollo 3 un mayor peso seco en comparación con el resto de tratamientos.

4.4 Estimación de rendimiento por hectárea

De acuerdo con el diseño de siembra por cada tratamiento y su densidad correspondiente, es posible estimar el rendimiento por hectárea, para cada muestra de semilla, para ello se seleccionaron 100 mazorcas respectivamente y se realizó un submuestreo de las mejores 10 mazorcas de cada una para establecer su rendimiento, como sigue:

4.4.1 Rendimiento de grano por hectárea con base en 10 mazorcas

Con base en los datos obtenidos de las 10 mejores mazorcas por tratamiento, se realizó una aproximación de producción de grano por hectárea (Cuadro 2), la cual dio

como resultado un mayor rendimiento de producción del tratamiento Criollo 2, seguido por el Híbrido Berrendo en comparación con el resto de los tratamientos.

Cuadro 2. Rendimiento de grano por hectárea con base en las 10 mejores mazorcas (Mg ha⁻¹)

	Mg ha⁻¹
Criollo 1	10.328
Criollo 2	20.648
Criollo 3	11.271
Híbrido Berrendo	13.351
Híbrido RX-860	10.462

4.4.2 Rendimiento de grano por hectárea con base en el total de mazorcas

El análisis de aproximación de producción de grano por hectárea considerando el total de muestras cosechadas, nos arroja el dato de que el tratamiento con mayor rendimiento fue el Criollo 2 y posterior a este, el Híbrido Berrendo (Mismo resultado obtenido con al análisis de las 10 mejores mazorcas). Dicha comparación se puede observar en el Cuadro 3

Cuadro 3. Rendimiento de grano por hectárea con base al total de mazorcas cosechadas (Mg ha⁻¹)

	No. Mazorcas	Mg ha⁻¹
Criollo 1	142	4.26
Criollo 2	631	8.22
Criollo 3	187	5.52
Híbrido Berrendo	305	7.26
Híbrido RX-860	423	3.73

4.4.3 Comparación de promedios respecto a las 10 mejores mazorcas

Los promedios de los datos obtenidos de las 10 mejores mazorcas para cada tratamiento, evidencian que el Criollo 2 presenta rendimiento superior a los demás tratamientos. Dato que se puede observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Comparación de promedios de variables de estudio correspondiente a las 10 mejores mazorcas.

	Peso mazorca (g)	Peso grano (g)	Peso olote (g)	Hileras	Granos por hilera
CRIOLLO 1	134.3	116.2	18.1	18	24
CRIOLLO 2	253.1	232.3	20.8	20	32
CRIOLLO 3	150.2	126.8	23.4	18.2	28
HÍBRIDO BERRENDO	166.6	150.2	16.4	16.5	34
HÍBRIDO RX-860	132.3	117.7	14.6	16.4	27

DISCUSIÓN

El cultivo de maíz actualmente a nivel mundial y nacional se encuentra encabezando la lista de producción anual, misma que está destinada a distintos campos productivos y alimenticios, generando que dichos productos y derivados lleguen a los consumidores de manera directa o indirecta (Robles *et al*, 2018).

En este estudio se puede analizar la eficiencia de producción de diferentes razas cultivadas en condiciones de zonas áridas, reafirmando técnicas de evaluación que permiten tener mayor noción en cuanto a calidad y cantidad a nivel producción, haciendo énfasis en considerar lo más posible a todos los elementos involucrados en el proceso, para que, de esta manera, se pueda diseñar un manejo eficaz de los mismos; promoviendo también el aprovechamiento óptimo de toda la biomasa resultante del producto resultante.

Considerando lo mencionado por Borroel *et al* (2018) quien manifiesta que para el año 2018 la producción de maíz grano de híbridos oscilaba entre las 14.52 a 15.84 toneladas por hectárea en la región, y los datos presentados por Wong *et al* (2007) quien menciona que para ese año se podían obtener resultados de entre 3.3 Mg ha⁻¹ y 13 Mg ha⁻¹ dependiendo de los manejos del cultivo. Podemos así comparar con los resultados del presente estudio respecto a las mejores muestras. Determinando que la raza criolla número 2 sobrepasa los rangos de producción mencionados por ambos autores, mientras que las otras cuatro razas se mantienen dentro del rango mencionado por Wong (2007).

Respecto al estudio de hongos y bacterias, los resultados obtenidos se comparan y complementan con datos establecidos por Reyes y Valery (2007) donde se manifiesta que las densidades de bacterias y hongos en el suelo donde se cultivó una sola raza de maíz, pueden presentar variación debido a las condiciones del suelo y las variaciones fisicoquímicas del mismo. En el caso de esta investigación, la variación de densidades se presentó tanto en suelo como en rizósfera debido a las diferentes razas cultivadas en un mismo tipo de suelo bajo las mismas condiciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos por (Elizondo-Salazar y Boschini-Figueroa, (2002). Las razas criollas presentan mayor porcentaje de materia seca a

comparación con híbridos. Mismo resultado observado en este estudio, al presentar el criollo 3 un mayor peso seco en comparación con el resto de tratamientos.

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las determinaciones de bacterias de la rizósfera, destacándose la raza Criollo 2, con el mayor rendimiento de producción de acuerdo con la prueba de medias de Tukey.

Se acepta la hipótesis nula de que las razas criollas pueden superar a los híbridos en rendimiento.

La raza criolla 2 presenta mayor rendimiento de grano por hectárea en comparación con los demás tratamientos, así como mejores características físicas de las mazorcas, lo cual nos reafirma la importancia de realizar la selección de mazorcas con características visiblemente favorables.

Literatura citada

- Acosta, C. 2007. El suelo agrícola, un ser vivo. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, (5), 55-60.
- Aguilar, C., Escalante, J. A. S., & Aguilar Mariscal, I. 2015. Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra latinoamericana*, 33(1), 51-62.
- Altieri, M. A. 2002. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. SARANDON, SJ *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable*. Buenos Aires–La Plata, 49-56.
- Altieri, M., & Nicholls, C. 2004. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482277937>
- Aviles, C. F. A., Acosta, C. B. C., Villalobos, S. de los S., Santoyo, G., & Cota, F. I. P. (2022). Characterization of native plant growth-promoting bacteria (PGPB) and their effect on the development of maize (*Zea Mays* L.). *Biotecnia*, 24(1), 15-22. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1353>
- Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., Vargas-Hernández, M., Mena-Bahena, A., Tejeda-Reyes, M. A., & Cuevas-Apresa, Z. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 9-16.
- Bänziger, M., Edmeades, G. O., & Bolaños, J. 1997. Relación entre el peso fresco y el peso seco del rastrojo de maíz en diferentes estados fenológicos del cultivo. *Agronomía Mesoamericana*, 20-25.
- Barrera-Guzmán, L. A., Legaria-Solano, J. P., & Ortega-Paczka, R. 2020. Genetic diversity in populations of mexican maize races. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(1), 121-125.
- Bernal, A., Hernández, A., Mesa, M., Rodríguez, O., González, P. J., & Reyes, R. 2015. Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia La Habana. *Cultivos tropicales*, 36(2), 30-40.
- Blanco-Valdes, Y. 2016. El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56.
- Borroel, V. J., Salas, L., Ramírez A, M. G., López, J. D., & Luna, J. 2018. Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 423-429.
- Calle, Á., Gallar, D., & Candón, J. 2013. Agroecología política: transición social hacia sistemas agroalimentarios. *Revista de Economía Crítica*, (16), 244-277.
- Carmona, J. L., Flores, L. S., & De los Ángeles, J. A. C. 2020. ¿Es posible una soberanía alimentaria en México? *RICSH Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 9(18), 40-69.
- CONABIO y Galindo, C. 2013. Maíces mexicanos [Cartel]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Crecchio, C. 2020. Genetic Diversity of Soil Bacteria. *Diversity*, 12(11), 414.

- Cueto, O. G., Coronel, C. E. I., & Suárez, M. H. 2009. Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2), 57-63.
- Elizondo, J., & Boschini, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 181-187
- Elizondo-Salazar, J., & Boschini-Figueroa, C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana*, 13(1), 13-17.
- Escalante, T & Morrone, J. 2002. Métodos para medir la biodiversidad. *Acta Zoológica Mexicana*, (85), 195-196.
- FAO. 2022. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales | Situación Alimentaria Mundial | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado 10 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>.
- Farro, C. J. U., Guerrero, M. A. G., Farfán, C. R. C., Sánchez, C. W. A., & Valdera, G. E. Z. 2021. Hongos rizosféricos de *Echinopsis pachanoi* "San Pedro hembra" y su potencial como promotores de crecimiento en *Zea mays* L. Bajo estrés salino. *UCV Hacer*, 10(2), 23-30.
- Ferraris, C., & Couretot, L. 2006. Evaluación de la inoculación con micorrizas en maíz bajo diferentes ambientes de fertilidad. *Boletín técnico*, 1.
- Ferrera, C. R., y Alarcón, A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *CIENCIA ergo-sum*, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, 8(2).
- Fierer, N., Bradford, M. A., y Jackson, R. B. 2007. Toward an ecological classification of soil bacteria. *Ecology*, 88(6), 1354-1364.
- Figueroa, J.D.D., Narvárez González, David E., Mauricio Sánchez, Araceli, Taba, Suketoshi, Gaytán Martínez, Marcela, Véles Medina, José J., Rincón Sánchez, Froylán, & Aragón Cuevas, Flavio. 201). Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(Supl. 3-a), 305-314.
- Galán, Á. L., & Pérez, A. L. 2012. Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. *Agroecología*, 7(1), 109-115.
- García, Y., Ramírez, W. y Sánchez, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138.
- GCMA, 2022. Reporte USDA de oferta y demanda. Consultada el día 26 de marzo de 2022. Disponible en: <https://gcma.com.mx/reportes/avances-usda/oferta-y-demanda/>
- Gliessman, S. R. 2004. Integrating agroecological processes into cropping systems research. *Journal of Crop improvement*, 11(1-2), 61-80.
- Gliessman, S. R. 2013. Agroecología: plantando las raíces de la resistencia. *Agroecología*, 8(2), 19-26.

- Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E. & Jaffe, R. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 16(1).
- González, A., Vázquez, L. M., Sahagún Castellanos, J., Rodríguez, J. E., & Pérez, D. D. J. 2007. Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agricultura Técnica en México*, 33(1), 33-42.
- Gupta, V. V., & Sharma, A. K. (Eds.). (2021). *Rhizosphere Biology: Interactions Between Microbes and Plants*. Springer. Switzerland.
- Gutiérrez, J. G., Aguilera, L. I., y González Esquivel, C. E. 2008. Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 15(46), 51-87.
- Hernández, E. M., Hernández, A. M., Contreras, A. M., Saldaña, T. M., Velázquez, M. A. J., Escudero, J. S., & Cué, J. L. G. 2020. Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de maíz nativo. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 17(3), 569-581
- Hernandez, X. E., 1988. La agricultura tradicional en México. *Comercio exterior*, 38(8), 673-678.
- Herrera, B. E., Macías-López, A., Diaz, R., Valdez, M., & Delgado, A. 2002. Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Revista fitotecnia mexicana*. 25, 17-23
- Ibañez, C., Palomeque, S., y Fontúrbel, F. 2004. Elementos principales del suelo, geodinámica y dinámica de los principales componentes del suelo. La Paz, INIFAP. 2015. Agenda técnica agrícola de Coahuila. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. ISBN 978-607-7668-39-8
- León, L. H., & Rojas, L. M. 2015. Determinación del potencial promotor del crecimiento vegetal de *Azotobacter* spp. aislados de la rizósfera de malezas en cultivos de maíz (*Zea mays* L.). *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 247-257.
- Luna, B. M., Hinojosa, M. A., Ayala Garay, Ó. J., Castillo González, F., & Mejía Contreras, J. A. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1), 1-7.
- Magdaleno-Hernández, E., Mejía-Contreras, A., Martínez-Saldaña, T., Jiménez-Velazquez, M. A., Sanchez-Escudero, J., & García-Cué, J. L. 2016. Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(3), 437-447..
- Marín, C. 2018. Conceptos fundamentales en ecología de hongos del suelo: una propuesta pedagógica y de divulgación. *Boletín Micológico*, 33(1), 32-56.
- Molina, E. 2007. Análisis de suelos y su interpretación. San José, CR, CIA-UCR-Amino Grow International
- Moreno, L. Y., & Galvis, F. 2013. Potencial biofertilizante de bacterias diazótrofes aisladas de muestras de suelo rizosférico. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 33-37.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M., Landi, L., Pietramellara, G., y Renella, G. 2003. Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, 54(4), 655-670.

- Nicholls, C., & Altieri, M. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecológicas*, (65).
- Nieto Rodríguez, G. P. 2017. Agrobiodiversidad y servicios ecosistémicos: una revisión de los componentes y prácticas de manejo. Pontificia Universidad Javeriana.
- Ortiz, E., López, P. A., Gil, A., Guerrero, J. D. D., López, H., Taboada, O. R., & Valadez, M. 2013. Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 19(2), 225-238.
- Osorio-Vega, N. W. 2009. Vega, N. W. O. (2009). Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. *Publicación de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*, 43.
- Pérez, J & Gardey, A. 2015. Definición de: Definición de agroecosistema. Consultado el día 15 de marzo de 2022. Disponible en: <https://definicion.de/agroecosistema>
- Ramírez , O., Escobar, J. L., Maldonado, M.D.L.A., Rojas, A. R., Hernández, E., & Valenzuela Lagarda, José Luis. 2020. Calidad de mazorca y grano en maíces criollos de la Costa Chica, Guerrero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(spe24), 239-246. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2374>
- Reta, D. G., Gaytán, A., & Carrillo, J. S. 2003. Rendimiento y componentes del rendimiento de maíz en respuesta a arreglos topológicos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(2), 75-80.
- Reyes, I., & Valery, A. 2007. Efecto de la fertilidad del suelo sobre la microbiota y la promoción del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) Con *Azotobacter* spp. *Bioagro*, 19(3), 117-126.
- Robles, F. S., Macías, R. G., Sánchez, F. I. E., Ortega, J. C. A., & Zavala, J. G. O. 2018. Caracterización de la cadena de valor del maíz. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 5(9).1-15
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. 2004. *Propiedades físicas del suelo*. Universidad de la República: Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- Ruiz-Rosado, O. (2006). Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia*, 31(2), 140-145.
- Salinas, Y., Aragón, F., Ybarra, C., Aguilar, J., Altunar, B., & Sosa, Eliseo. 2013. Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(1), 23-31.
- Sánchez, G. J. J. 2011. Diversidad del maíz y el teocintle. Informe preparado para el proyecto: "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

- Sánchez, I., y Pérez-Urria, E. 2014. Maíz I (*Zea mays*). *REDUCA Biología*, 7(2), 151-171.
- Sans, F. X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas*, 16(1). 44-49.
- Sarmiento, N. M. 2016. La agricultura sostenible un reto para la microbiología del suelo. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 5-6.
- Soares, P., Almendra-Pegueros, R., Benítez, N., Fernández-Villa, T., Lozano-Lorca, M., Valera-Gran, D., & Navarrete-Muñoz, E. M. (2020). Sistemas alimentarios sostenibles para una alimentación saludable. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 24(2), 87-89.
- Solís, J. D. Á., & Martínez, M. D. J. A. 2004. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 38(1), 13-22.
- Stupino, S., Lermanó, M. J., Gargoloff, N. A., & Bonicatto, M. M. 2014. La biodiversidad en los agroecosistemas. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Colección libros de cátedra. Editorial Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina.
- Torriente, D. 2010. Aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de la caña de azúcar. perspectivas de su uso en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 31(1),
- Vargas, O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.
- Wong, R., Gutiérrez, E., Palomo, A., Rodríguez, S., Córdova, H., Espinoza, A. y Lozano, J. 2007. Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. *Revista fitotecnia mexicana*.30: 181-189.