

1. Introducción

Maíz, palabra de origen indio caribeño, significa literalmente «lo que sustenta la vida». Botánicamente, el maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. El cultivo del maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América Central, especialmente en México. La evidencia más antigua de la existencia del maíz, de unos 7,000 años de antigüedad, ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América. Este cereal era un artículo esencial en las civilizaciones maya y azteca y tuvo un importante papel en sus creencias religiosas, festividades y nutrición. (Garduño, 2015).

La difusión del maíz a partir de su centro de origen en México a varias partes del mundo ha sido tan notable y rápida como su evolución a planta cultivada y productora de alimentos. Los habitantes de varias tribus indígenas de América Central y México llevaron esta planta a otras regiones de América Latina, al Caribe y después a Estados Unidos de América y Canadá. Los exploradores europeos llevaron el maíz a Europa y posteriormente los comerciantes lo llevaron a Asia y África.

Se considera que alrededor del año 1000 DC la planta de maíz comenzó a ser desarrollada por agricultores-mejoradores siguiendo un proceso de selección en el cual conservaban las semillas de las mazorcas más deseables para sembrar en la próxima estación. Esta forma de selección de las mazorcas más grandes todavía es usada por los agricultores en México para mantener la pureza deseada de las razas de maíz. (Listman y Estrada, 1992).

Hoy día el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La

diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta de excelentes rendimientos, hoy día se cultiva hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile. La mayor parte del maíz es cultivado a altitudes medias, pero se cultiva también por debajo del nivel del mar en las planicies del Caspio y hasta los 3 800 msnm en la cordillera de los Andes. (Dowswell, Paliwal y Cantrell, 1996).

La **producción de maíz** (*Zea mays*) en **Bolivia** tiene un valor fundamental, ya que compone uno de los **ingredientes primordiales en la nutrición animal y en el consumo humano**. **Santa Cruz** es el departamento con la **producción de maíz más alta** correspondiente en gran medida a grano duro para alimentación animal y su producción ocupa el 50,3%. **Cochabamba** representa el **principal productor de maíz blanco de consumo humano** y también es quien conserva mayor variedad genética, seguido por Chuquisaca y Tarija. Otras zonas de producción maicera corresponden a Potosí, La Paz, Beni y Pando, pero con porcentajes menores (Evangelina Zárate, 2012).

El maíz en el departamento de Tarija, los que se cultivan en los valles mesotérmicos, tienen un rendimiento de alrededor de tres toneladas por hectárea. Entre 2017 y 2018 se sembró maíz en grano en 38.678 hectáreas (ha) y produjo 90.128 toneladas (t) es decir unos 2.330 kilogramos (kg) por ha; mientras del choclero se cultivó en 545 ha, que generó 1.380 t, a razón de 2.532 kg por ha. (INIAF, 2019)

La actividad agrícola en el municipio de Entre Ríos se tipifica como de tipo tradicional, por su **escasa incorporación de maquinaria**, nuevas técnicas e insumos mejorados y porque la mayor parte de la producción es destinada al autoconsumo. **La práctica agrícola rústica o tradicional, se debe a las limitaciones de terrenos, a la falta de capital, asistencia técnica e información**. Los principales productos agrícolas, en orden de importancia son: el maíz, maní, papa y la arveja; estos cuatro productos abarcan aproximadamente el 87% de la superficie cultivada del municipio. Entre otros productos agrícolas, se tienen: los cítricos, hortalizas, caña de azúcar, yuca, poroto y cebolla. (Reynaga, Bautista, Sánchez, Guzmán, 2009).

En el municipio de Entre Ríos la preparación del suelo todavía se sigue realizando en forma tradicional (con tracción animal) en algunos sectores de menor superficie y donde no se dispone de maquinaria para este efecto; sin embargo en sectores donde existe más disponibilidad de tierras y se realiza una actividad agrícola de tipo intensivo, esta labor se realiza en su mayor parte con maquinaria.

La rotación de cultivos en la provincia O'Connor en su generalidad no es realizada como una práctica de conservación del suelo, sino que más bien responde a la necesidad de poder contar con otros alimentos o con la posibilidad de generar mayores ingresos para el sustento familiar. La rotación de cultivos es además una práctica que depende de la disponibilidad de agua de esta manera es más común en los distritos que cuentan con precipitaciones regulares y sistemas de riego. (Reynaga, Bautista, Sánchez, Guzmán, 2009).

En el Distrito 2 dentro del cual se encuentra la comunidad de San Josecito el sistema de rotación predominante es el **monocultivo** de maíz año tras año, ya que es muy poca la existencia de riego y los agricultores **utilizan el maíz no solo como base para la alimentación familiar sino también para el ganado y para la crianza de cerdos y aves**. Según los datos del presente estudio cerca del 70% de los productores no cuentan con un sistema de riego y sus **cultivos son a secano**, los que tienen este servicio representan apenas el 30%. (Reynaga, Bautista, Sánchez, Guzmán, 2009).

En los valles subandinos del departamento de Tarija que comprenden poblaciones como Caraparí, Entre Ríos, Itaú y San Josecito, y parte del triángulo de Bermejo. Los paisajes que conforman esta unidad son las terrazas y piedemontes de valles subandinos entre alturas de 360 y 1.400 msnm. Las pendientes varían entre 0,5 y 5% y los suelos son profundos, **con una disponibilidad natural de nutrientes de baja a media**. El periodo de disponibilidad de agua en el suelo para el crecimiento de plantas varía de 7 a 9 meses en los valles subandinos y el periodo libre de heladas es de 8 a 11 meses. (ZONISIG, 2001).

El sistema de producción agrícola está concentrado en los valles generalmente estrechos. Últimamente hay una fuerte tendencia a la ampliación de la frontera agrícola hacia las laderas con pendientes fuertes, donde se desmonta una determinada área y quema todo el bosque. Los cultivos más importantes son el maíz, maní, caña de azúcar y cítricos.

La preparación del suelo generalmente es a tracción animal, con arado de palo, y las labores culturales son generalmente realizadas en forma manual. En los sitios de mayor pendiente la siembra se realiza de forma directa a golpe, utilizando una azada manual. La cosecha y demás faenas agrícolas son también realizadas en forma manual. No se efectúa control fitosanitario y el **uso de fertilizantes químicos no es común**.

En los barbechos nuevos generalmente se queman los restos de cosecha y algunas hierbas que se han logrado establecer, procedimiento que se repite por 3 a 5 años seguidos, hasta que los **rendimientos caen demasiado**, momento en el cual se realiza un nuevo chaqueo. **De modo general los rendimientos son bajos**, los niveles de insumos casi nulos. (ZONISIG, 2001).

En la tesis “evaluación del rendimiento del cultivo de papa (*solanum tuberosum*) de la variedad desiree con la aplicación de cuatro abonos orgánicos en la comunidad de San Josecito” por Marcos Miranda (abril de 2012). Se puede verificar en los análisis de suelo realizado en otra parcela de la comunidad que los porcentajes de nitrógeno son bajos (N = 0,11 %)

2. Problema

En Tarija el cultivo del maíz se desarrolla en todas la provincias y entre ellas está la provincia O'Connor dentro de la cual se encuentra la comunidad de San Josecito que tiene como principal actividad la producción de maíz destinada al autoconsumo y a la crianza de animales.

No obstante al ser la principal actividad productiva de los agricultores de la zona, la producción obtenida es muy baja 2,3 to/ha. (Reynaga, Bautista, Sánchez, Guzmán, 2009) en comparación al rendimiento a nivel nacional 3,5 a 4,5 to/ha. (HANNA, 2019).

Entre los factores a los que se puede atribuir estos bajos rendimientos son el uso de semilla no certificada, la pérdida de fertilidad del suelo ya sea por erosión o por monocultivo, la sequía también es otro problema que afecta el rendimiento.

Sin embargo, se ha demostrado que los rendimientos se pueden incrementar apreciablemente con el uso de adecuada tecnología que incluye un mejor manejo del cultivo en lo que respecta a la nutrición. La nutrición es la práctica agronómica a la cual responde más el cultivo de maíz para lograr satisfacer adecuadamente las necesidades nutritivas del cultivo que permiten alcanzar rendimientos altos y competitivos. Los suelos donde se cultiva el maíz, no tienen la capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas o rendimiento adecuado, y por ello se debe recurrir al empleo de fertilizantes. El maíz tiene gran capacidad de absorción de nutrientes y requiere de una alta fertilización, la demanda de fósforo es alta, además de nitrógeno para obtener buena producción. Fertilización es una de las prácticas de manejo que contribuye a incrementar el rendimiento de los cultivos. (Torrez, 2015).

El maíz es el principal alimento dentro de las familias de la comunidad de San Josecito destinado a la cría de aves y otras especies de animales, y para la alimentación humana, mediante este trabajo de investigación que se enfoca especialmente a encontrar y difundir métodos eficientes de fertilización para mantener niveles óptimos de fertilidad y productividad, se contribuirá a la satisfacción de la demanda de maíz de cada productor mediante el desarrollo de tecnologías modernas y eficientes de producción y manejo con técnicas adecuadas de fertilización.

Siendo la fertilización uno de los principales factores que determina el bajo o alto rendimiento del cultivo del maíz, se hace necesario conocer las demandas nutricionales del cultivo (nitrógeno, fosforo y potasio), para realizar un cálculo de la dosis más adecuada y realizar un buen plan de fertilización proporcionando los elementos nutricionales en las cantidades adecuadas y en los momentos necesarios, previo a un análisis de suelo.

Por lo tanto, como una alternativa de solución a este problema, esta investigación plantea evaluar el "efecto de la aplicación de tres niveles de fertilización en el rendimiento del cultivo del maíz (zea mays) variedad ibta algarrobal 108" en la comunidad de San Josecito prov. O 'connor.

3. Justificación

Con el presente trabajo se pretende conocer información sobre el efecto que causan los fertilizantes químicos en el rendimiento del cultivo del maíz.

Este trabajo significara un aporte muy importante para los productores de maíz de la comunidad de San Josecito porque se pretende probar los efectos de los fertilizantes en el cultivo del maíz en cuanto a la producción y rendimiento del mismo. Ya que en otros estudios que se realizaron se han demostrado que los rendimientos se pueden incrementar aplicando un buen plan de fertilización suministrando los elementos nutricionales necesarios.

Con el presente trabajo se beneficiara a 120 familias y a un aproximado de 500 personas de la comunidad de San Josecito.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de tres niveles de fertilización en el rendimiento del cultivo del maíz (Zea mays) variedad Algarrobal 108 en la comunidad de San Josecito provincia O 'Connor.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de cada uno de los niveles de fertilización en el rendimiento del maíz.
- Determinar con cual nivel de fertilización se obtiene un mayor rendimiento del maíz, en comparación con la parcela testigo.

5. Hipótesis

La aplicación de tres niveles de fertilización sobre el cultivo del maíz en las diferentes etapas fenológicas probablemente tendrán un efecto positivo en el rendimiento.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Origen

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7 000 y 10 000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos. (Wilkes, 1985).

1.2. Difusión del maíz

La difusión del maíz a partir de su centro de origen en México a varias partes del mundo ha sido tan notable y rápida como su evolución a planta cultivada y productora de alimentos. Los habitantes de varias tribus indígenas de América Central y México llevaron esta planta a otras regiones de América Latina, al Caribe y después a Estados Unidos de América y Canadá. Los exploradores europeos llevaron el maíz a Europa y posteriormente los comerciantes lo llevaron a Asia y África. (FAO, 2016).

1.3. Producción mundial del maíz

La producción de maíz a nivel mundial es más grande que cualquier otro cereal. Anualmente la producción es de 850 millones de toneladas en grano que se cultiva en una superficie de 162 millones de hectáreas, con una producción promedio de 5.2 t/ha. Los productores más grandes son los EEUU y China que producen 37 y 21% de la totalidad mundial respectivamente. Los tres exportadores principales son los EEUU, Argentina y Brasil. Entre ellos exportaron 70 millones de toneladas de maíz en el 2010. México es el segundo importador de maíz y se provee de los EEUU y la Argentina. (YARA, 2010).

1.4. Producción del maíz en Bolivia

Según datos del sitio web HANNA BOLIVIA (2019). Desde el 2017, en municipios de Santa Cruz, Tarija y Chuquisaca, el Chaco específicamente, se ha registrado triplicado el cultivo de maíz. Superando, incluso, las 400.000 toneladas.

Los rendimientos tuvieron una importante mejoría, pues pasaron de un promedio de 3,5 y 4 toneladas por hectárea a 4,5. La superficie cultivada en esta zona, compuesta por los municipios de Camiri, Charagua, Gutiérrez, Cabezas, Lagunillas, Boyuibe y parte del chaco chuquisaqueño como el tarijeño, alcanzó a 90.000 hectáreas.

1.5. Producción de maíz en el departamento de Tarija

Según datos del instituto boliviano de comercio exterior (IBCE, 2014). Se registró un alto rendimiento en la producción de maíz en el Chaco Tarijeño.

Las cifras son contundentes. En la actualidad, el rendimiento promedio a escala nacional es de 2,5 toneladas por hectárea (ha). En 2014 se han sembrado más de 300.000 ha, de la cual se tiene una proyección de 800.000 toneladas. El Chaco tarijeño lidera la producción pues este año logró obtener 5 toneladas por ha.

El Chaco boliviano tiene 100.000 ha, siendo los principales Yacuiba, Villa Montes, Caraparí y Entre Ríos (Tarija) con unas 35.000 hectáreas; el Chaco chuquisaqueño, con unas 34.000 ha, y el resto está en el departamento de Santa Cruz.

1.6. Producción de maíz en la República de Argentina

Según Presello y Giménez (2022). El maíz (*Zea mays L.*) es una de las especies cultivadas más relevantes en Argentina. La superficie sembrada y la producción del cultivo de maíz en Argentina fueron aumentando considerablemente en la última década. El área sembrada incrementó de 5,0 a 9,7 Mha, mientras que la producción lo hizo de 21,5 a 60,5 M t.

El aumento de la superficie del cultivo de maíz se registró tanto en las áreas tradicionales del cultivo, como en nuevas regiones y en cultivos de siembra tardía o

segunda siembra sobre cultivos invernales, sustituyendo a otros cultivos principalmente la soja.

Los aumentos en el área sembrada fueron acompañados con incrementos en el rendimiento por hectárea. Considerando los últimos diez años presentados, el rendimiento en grano promedio del primer quinquenio fue de 6,78 t/ha mientras que en el segundo fue 7,30 t/ha, lo que representa un incremento de 7,6 %. El rendimiento por hectárea presenta importantes variaciones debido a las características edafoclimáticas de las regiones donde se cultiva maíz y a variaciones anuales en el régimen de precipitaciones.

1.7. Taxonomía

Reino: Plantae.

División: Magnoliophyta.

Clase: Liliopsida.

Orden: Poales.

Familia: Poaceae.

Género: Zea.

Especie: Zea mays.

1.8. Morfología

Según Galeón (2016) La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

1.8.1. Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

1.8.2. Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

1.8.3. Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

1.8.4. Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina bien conocidas como mazorcas, crecen en yemas axilares de las hojas. Estas son grandes espigas cilíndricas formadas por un raquis central (llamado olote) en el cual crecen muchos pares de flores, cada uno con sólo una flor fértil, a partir de las cuales se forman las semillas, es decir, los granos de maíz.

1.9. Ciclo vegetativo del maíz

1.9.1. Nascencia

Comprende el período que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, cuya duración aproximada es de 6 a 8 días. (Mela. 1963).

1.9.2. Crecimiento

Una vez nacido el maíz, aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales. A los 15-20 días siguientes a la nascencia, la planta debe tener ya cinco o

seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas. (Mela. 1963).

1.9.3. Floración

A los 25-30 días de efectuada la siembra se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de éste. Transcurridas 4 a 6 semanas desde este momento se inicia la liberación del polen y el alargamiento de los estilos.

Se considera como floración el momento en que la panoja se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos. La emisión de polen dura de 5 a 8 días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se provoca en la planta una sequía por falta de riego o lluvias. (Mela. 1963).

1.9.4. Fructificación

Con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia la fructificación. Una vez realizada la fecundación, los estilos de la mazorca, vulgarmente llamados sedas, cambian de color, tomando un color castaño.

Transcurrida la tercera semana después de la polinización, la mazorca toma el tamaño definitivo, se forman los granos y aparece en ellos el embrión. Los granos se llenan de una sustancia lechosa, rica en azúcares, los cuales se transforman al final de la quinta semana en almidón. (Mela. 1963).

1.9.5. Maduración y secado

Hacia el final de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza su máximo de materia seca, pudiendo entonces considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica. Entonces suele tener alrededor del 35% de humedad. (Mela.1963).

A medida que va perdiendo la humedad se va aproximando el grano a su madurez comercial, influyendo en ello más las condiciones ambientales de temperatura, humedad ambiente, etc., que las características varietales. (Mela.1963).

1.10. Exigencias del cultivo

1.10.1. Temperatura

Para la siembra del maíz es necesaria una temperatura media del suelo de 10 °C, y que ella vaya en aumento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18 °C como mínimo. Por otra parte, el hecho de que deba madurar antes de los fríos hace que tenga que recibir bastante calor. De todo esto se deduce que es planta de países cálidos, con temperatura relativamente elevada durante toda su vegetación.

La temperatura más favorable para la nascencia se encuentra próxima a los 15 °C. En la fase de crecimiento, la temperatura ideal se encuentra comprendida entre 24 y 30°C. Por encima de los 30 °C se encuentran problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces. Las noches cálidas no son beneficiosas para el maíz, pues es la respiración muy activa y la planta utiliza importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día. Si las temperaturas son excesivas durante la emisión de polen y el alargamiento de los estilos pueden producirse problemas. Si sobrevienen heladas antes de la maduración sin que haya producido todavía la total transformación de los azúcares del grano en almidón, se interrumpe el proceso de forma irreversible. (AbcAGRO, (2015).

Cuadro N° 1. Requerimientos térmicos según el ciclo fenológico del maíz

Proceso fisiológico	Temperatura en °C		
	Mínima	Optima	Máxima
Germinación	10	20-25	40
Crecimiento	15	20-30	40
Floración	20	21-30	30

Fuente: Manual Agropecuario, 2001

1.10.2. Humedad

El cultivo de maíz, dependiendo de las condiciones climáticas, y sin considerar otros factores de producción, requiere a lo largo de su ciclo de 500-800 mm de agua bien distribuida de acuerdo con sus fases fenológicas. Las fases de floración y llenado de grano son las más críticas para obtener la máxima producción.

Se mencionan que en el maíz la disponibilidad de agua en el momento oportuno, es el factor ambiental más crítico para determinar el rendimiento. El periodo con mayor exigencia de agua, es el que va desde 15 días antes de la floración hasta 30 días después.

Un estrés causado por deficiencia de agua en el periodo de floración puede ser motivo de una merma del 6 al 13 % por día, en el rendimiento final. (Sifuentes, 2018).

1.10.3. Suelo

El maíz es una planta de gran desarrollo vegetativo, en consecuencia, posee un abundante y profundo arraigamiento. Se estima como óptima una profundidad del suelo superior a 100 cm para lograr altos rendimientos. En cuanto a texturas, lo óptimo son suelos de texturas medias (franco). Sin embargo, el cultivo tolera texturas que varían de moderadamente gruesas (franco arenosas) a finas (arcillosas). (Villaseca C. 1987)

El maíz se adapta a muy diferentes suelos. Prefiere pH comprendido entre 6 y 7, pero se adapta a condiciones de pH más bajo y más elevado, e incluso se da en terrenos calizos, siempre que el exceso de cal no implique el bloqueo de micro elementos. (AbcAGRO, 2015).

1.11. Fertilización

El cultivo de maíz posee una alta productividad, un enorme crecimiento vegetativo y, en consecuencia, sus necesidades nutricionales son considerables.

Otra característica del maíz es su ritmo discontinuo de consumo de nutrientes: tanto por el ritmo de crecimiento diferente, como por la variabilidad de las necesidades nutricionales en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo. El suministro de

nutrientes se puede realizar con abono orgánico (estiércol, estiércol líquido, residuos de cultivos) y productos químicos.

Los tres macroelementos principales en la fertilización de maíz son nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno es el factor decisivo para el resultado productivo del cultivo: influencia tanto en los rendimientos, como en la cantidad de proteína en los granos. Según transcurre el crecimiento fisiológico de la planta, también se precisa aumentar la intensidad de la nitrificación del suelo.

Es necesario adoptar estrategias agronómicas para evitar que la nitrificación tenga lugar antes de que la planta sea capaz de absorberlo. No es recomendable la aplicación de fertilizantes agrícolas nitrogenados demasiado pronto, sobre todo en climas cálidos y muy húmedos, con suelo permeable, o regados con grandes volúmenes de agua (o cortos intervalos de riego). (Silos del cinco, 2019).

1.11.1. Nitrógeno

El nitrógeno estimula el crecimiento de hojas, tallos y raíces, así como el desarrollo de flores, frutos y otras estructuras reproductivas.

Deficiencias causan un pobre crecimiento de tallos y hoja. En cuanto a raíces, su crecimiento se ve afectado y en particular la ramificación de estas restringe, sin embargo, la relación raíz/tallo generalmente se incrementa con la deficiencia de nitrógeno. (Infoagro, 2015).

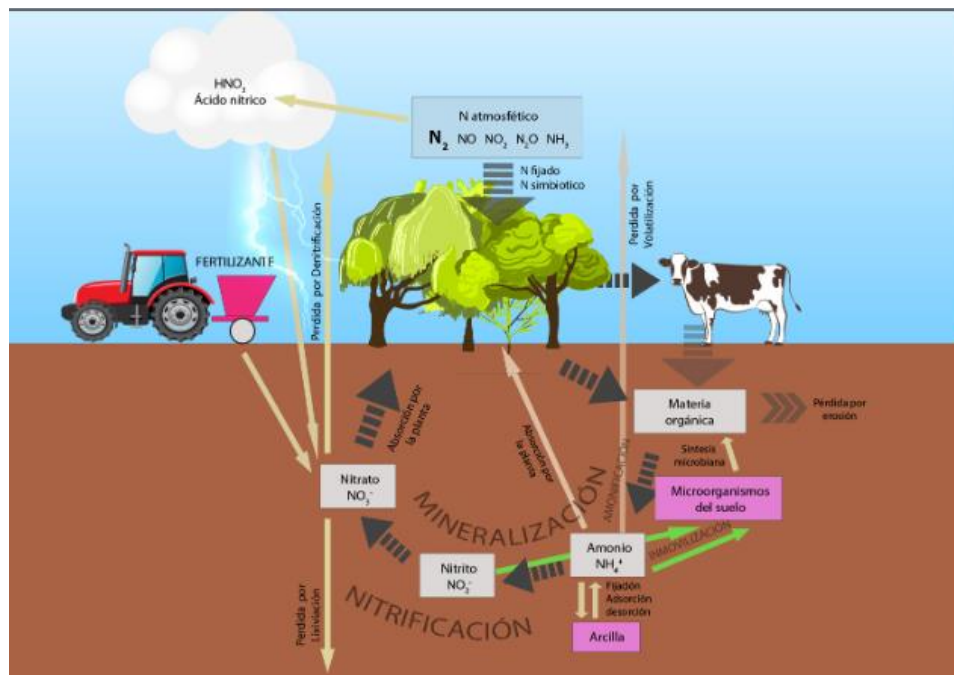
1.11.1.1. Ciclo del nitrógeno en el suelo

El ciclo global del nitrógeno está constituido por las interacciones de las distintas formas de N con el suelo, los organismos y la atmósfera. En las transformaciones están involucradas las formas orgánicas e inorgánicas que ocurren en forma simultánea.

La conversión de N_2 (gas) a formas utilizables por las plantas se produce principalmente a través del proceso de fijación biológica. Las formas orgánicas son convertidas a formas inorgánicas (NH_4^+ o NO_3^-) por mineralización. El NO_3^- puede volver a la atmósfera por desnitrificación en forma de N_2 o perderse por lixiviación.

Las formas inorgánicas pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas o por los microorganismos, que vuelven a incorporar el N a una forma orgánica por inmovilización. (Benimeli y Corbella, 2019).

Figura N° 1. Ciclo del nitrógeno en el suelo.



Fuente: Benimeli y Corbella (2019)

1.11.1.2. Amonificación

Gran parte del nitrógeno del suelo proviene de la descomposición de la materia orgánica y, por lo tanto, consiste en compuestos orgánicos complejos (proteínas, aminoácidos, etc.).

Estos compuestos suelen ser degradados a compuestos simples por los organismos que viven en el suelo (bacterias y hongos). Estos microorganismos utilizan las proteínas y aminoácidos para formar las proteínas que necesitan y liberar el exceso de nitrógeno como amoníaco (NH_3) o amonio (NH_4^+). Este proceso se denomina amonificación. (Cabezas & Sanches, 2008).

1.11.1.3. Nitrificación

Algunas bacterias comunes en los suelos oxidan el amoníaco o el amonio. Esta oxidación se denomina nitrificación.

La nitrificación se define como el pasaje de NH_4^+ a NO_3^- , el cual es realizado por un grupo reducido de microorganismos autótrofos especializados (principalmente Nitrobacterias), que obtienen su energía de este proceso oxidativo. Dicho proceso ocurre en dos etapas: primero se produce el pasaje de NH_4^+ a NO_2^- , en donde intervienen bacterias del género Nitrosomonas. Luego este NO_2^- es convertido a NO_3^- por bacterias del género Nitrobacter, que es la forma en que la mayor parte del nitrógeno pasa del suelo a las raíces (Perdomo & Barbazán, 2001).

1.11.1.4. Asimilación

Una vez que el nitrato está dentro de la célula de la planta, se reduce de nuevo a amonio. Este proceso se denomina asimilación y requiere energía.

Los iones de amonio así formados se transfieren a compuestos que contienen carbono para producir aminoácidos y otras moléculas orgánicas nitrogenadas que la planta necesita.

Los compuestos nitrogenados de las plantas terrestres vuelven al suelo cuando mueren las plantas o los animales que las han consumido; así, de nuevo, vuelven a ser captados por las raíces como nitrato disuelto en el agua del suelo y se vuelven a convertir en compuestos orgánicos. (Roble.pntic, 2016).

1.11.1.5. Nitrógeno disponible o mineralizado

El N presente en el suelo bajo formas orgánicas tampoco está disponible como tal para las plantas, sino que para ser absorbido tiene que pasar a formas inorgánicas. El N inorgánico representa un 2% del N total del suelo, encontrándose en formas de nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y nitrito (NO_2^-). Estas formas inorgánicas son transitorias en el suelo, por lo cual las cantidades de N inorgánico del suelo son extremadamente variables, pudiendo existir desde unos pocos gramos hasta más de 100 kg. ha de N.

Debido a que ésta es la forma en que el N es absorbido por las plantas, el N inorgánico es muy importante para la nutrición vegetal. Por lo tanto, se puede decir que en la naturaleza existe una relación inversa entre la cantidad y la disponibilidad para las plantas de las distintas formas de N. Sin embargo, la baja disponibilidad del N orgánico del suelo asegura la existencia de una fuente de reserva de ese nutriente para la planta. (Perdomo y barbazan, 2001).

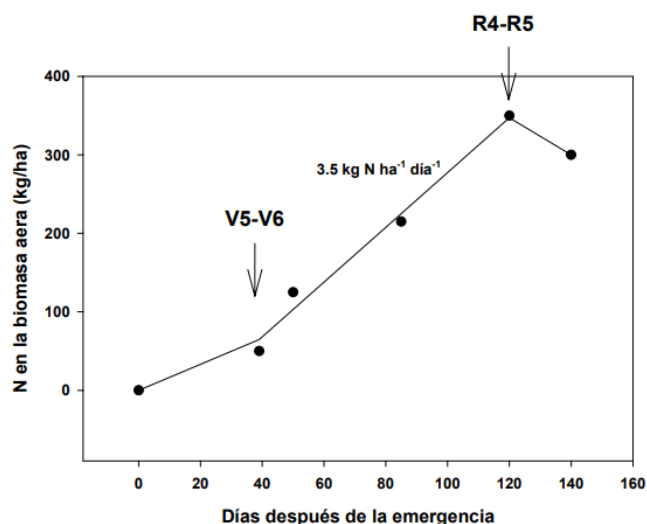
1.11.1.6. Eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado

La eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado se puede definir como la relación entre los kilogramos de N absorbido proveniente del fertilizante y los kg. de N de fertilizante agregado. Como la absorción de N depende del crecimiento del cultivo, la cantidad de N absorbido proveniente del fertilizante generalmente se determina en madurez fisiológica, el momento de máxima absorción. Los valores de eficiencia obtenidos dependen del cultivo y del momento de aplicación del fertilizante, pero estos generalmente oscilan entre el 50 y el 70%. Una parte del N no absorbido permanece en el suelo en forma orgánica, y en menor cantidad en forma mineral. El resto del N se pierde del sistema suelo-planta por los procesos como la erosión, lixiviación, volatilización, etc. (Perdomo y barbazan, 2001).

1.11.1.7. Periodo de máxima absorción del nitrógeno en la planta de maíz

En condiciones de riego y fertilización, Andrade et al, 1996, citado por Uhart y Echeverría, 1997, encontraron que en cultivos de maíz que absorbían entre 240 y 320 kg. ha totales de N, las tasas máximas de absorción en el período de rápido crecimiento pueden variar entre 2.7 y 3.7 kg. ha. día⁻¹. Según estos autores, la tasa máxima absorción ocurre en el período entre V5 y R4-R5, o sea entre los 25 y los 120 días después de la emergencia.

Gráfico N° 1. Acumulación de N en la biomasa aérea del Maíz en función del tiempo.



Fuente. (Andrade, 1996)

1.11.1.8. Funciones del nitrógeno en la planta de maíz

Las funciones del nitrógeno en la planta según Sagan-Gea (2010), son las siguientes:

- 1) Favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento.
- 2) Es un componente de proteínas y otras sustancias proteicas.
- 3) Forma parte de compuestos que permiten que la planta de maíz realicen sus funciones biológicas (fotosíntesis).
- 4) Esencial para la formación de la clorofila y la actividad fotosintética.
- 5) Alarga las fases del ciclo de cultivo.
- 6) Interviene directamente en el rendimiento de la planta de maíz.

1.11.1.9. Deficiencias de nitrógeno en la planta de maíz

La deficiencia de nitrógeno en los suelos produce los siguientes síntomas en la planta de maíz según (Germinia, 2010).

- 1) Hojas pálidas, formando coloraciones verde-amarillentas.
- 2) La floración queda muy restringida.
- 3) Las enfermedades, heladas y granizadas producen mayores efectos.
- 4) El crecimiento se hace lento e incluso puede paralizarse.
- 5) Los vegetales ahijan poco y deficiente. Se adelanta la floración y la maduración.
- 6) Reduce la captación de la radiación fotosintéticamente activa.

1.11.1.10. Contenido de nitrógeno en el suelo

Cuadro N° 2. Contenido de nitrógeno asimilable

Ppm NH ₄	Kg de NH ₄ /Ha	Nivel
0-30	60	Bajo
30-60	60-120	Medio
>60	>120	Alto

Fuente: INIAP, 2011

1.11.2. Fósforo

El fósforo es, como el nitrógeno, un importante nutriente de las plantas, pues forma parte estructural de compuestos fundamentales para su fisiología y además desempeña una función única y exclusiva en el metabolismo energético de la planta; sin su intervención no sería posible la fotosíntesis (Germinia, 2010).

El fósforo es un elemento esencial para los seres vivos, y los procesos de la fotosíntesis de las plantas, como otros procesos químicos de los seres vivos, no se pueden realizar sin ciertos compuestos en base a fósforo. Sin la intervención del fósforo no es posible que un ser vivo pueda sobrevivir.

Una correcta nutrición fosforada tiene efectos muy positivos en el buen desarrollo radicular y mejora la resistencia a plagas y enfermedades. La deficiencia de fósforo

afecta al metabolismo vegetal y se manifiesta en las hojas por coloraciones rojizas. Las plantas lo necesitan para crecer y desarrollar su potencial genético. No es un elemento abundante en el suelo, además forma parte estructural de compuestos fundamentales para la fisiología y desempeña una función única en el metabolismo energético de la planta; sin su intervención no sería posible la fotosíntesis. En la naturaleza, el P forma parte de las rocas y los minerales del suelo (Germinia, 2010).

1.11.2.1. Funciones del fósforo en la planta de maíz

Favorece el desarrollo de las raíces al comienzo de la vegetación, hace que sus cañas sean más resistentes al encamado, imprescindible para la fotosíntesis, Se activa la flora microbiana de los suelos y, con ello, la descomposición de la materia orgánica y fijación del nitrógeno atmosférico (Germinia, 2010).

1.11.2.2. Deficiencia de fósforo en la planta de maíz

La deficiencia de fósforo en los suelos produce los siguientes síntomas en la planta: Planta atrofiada, coloraciones moradas o rojizas, floración tardía y deficiente, fallos en la fecundación, retraso en lo referente a la maduración, escaso vigor (Germinia, 2010).

1.11.2.3. Contenido de fósforo asimilable

Cuadro N° 3. Contenido de fósforo asimilable (ppm)

FÓSFORO ASIMILABLE.	
Contenido en ppm	Categoría
0 –15	Baja
15,1 –30	Media
30,1 –50	Alta
50,1 –75	Rico
>75	muy rico

Fuente: Arcos, 2005

1.11.3. Potasio

El potasio es absorbido como ion potásico K^+ y se encuentra en los suelos en cantidades variables. El fertilizante potásico es añadido a los suelos en forma de sales solubles tales como yoduro potásico, sulfato potásico, nitrato potásico y sulfato potásico magnésico (Ramírez, 1991).

Llega a las raíces de las plantas por transporte en la solución del suelo y su concentración determina cuanto potasio alcanza las raíces en un momento dado. Se debe conocer que los niveles de potasio soluble del suelo son solamente indicadores de disponibilidad momentánea. Para la exitosa producción de cultivos es más importante que se mantenga la concentración de potasio en la solución del suelo a un nivel satisfactorio a través del ciclo de cultivo (Ramírez, 1991).

Deficiencias de potasio pueden ocasionar los siguiente trastornos: disminución de la fotosíntesis, disminución del traslado de los azúcares a la raíz, acumulación de compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, pues no se produce una síntesis de proteínas, aparición en las células de las hojas de sustancias catabólicas, como la putrescína, que inicia los procesos de muerte celular y de tejidos, es decir la necrosis de los tejidos vivos, se promueve la susceptibilidad al ataque de los hongos pues disminuye la presión osmótica de las células, favoreciendo la entrada de los patógenos (Rodríguez, 1992).

1.11.3.1. Síntomas de deficiencia en la planta de maíz

Según Rodríguez (1992), los síntomas que presentan los vegetales ante la deficiencia de potasio se pueden generalizar en reducción del crecimiento, los tallos y la consistencia general de la planta son de menos resistencia física y presentan un menor vigor de crecimiento, los frutos y semillas reducen tamaño y calidad por una deficiencia en la síntesis, las hojas tienden a enrullarse, amarillean los márgenes y luego se necrosan, las manchas avanzan hacia el centro de la hoja tornándose marrones, los síntomas aparecen primero en las hojas inferiores y luego en las superiores.

1.11.3.2. Cualidades positivas del potasio en la planta de maíz

La abundancia de este elemento según Rodríguez (1992), se manifiesta en las siguientes características: mayor crecimiento y vigor, buen desarrollo de flores, frutos y semillas, resistencia al frío y enfermedades criptogámicas, aumento en la calidad de los frutos.

1.11.3.3. Contenido de potasio en el suelo

El contenido de potasio en el suelo se puede considerar dentro de los siguientes valores:

Cuadro N° 4. Niveles de fertilidad de potasio

Nivel	Ppm	meq/100g
Bajo	0-75	0-0,19
Medio	75-150	0,20 -0,38
Alto	>150	>0,38

Fuente: Arcos, 2005

1.11.3.4. Extracción de nutrientes

El maíz tiene unas necesidades nutricionales por unidad de producción similares a otros cereales, como el trigo o la cebada. Pero debido a sus producciones, habitualmente mucho más altas, las cantidades de nutrientes demandadas por el maíz, en términos absolutos, son mucho más elevadas. Existen diferentes referencias sobre las cantidades de nutrientes esenciales consumidos en mayor cantidad. (Yotz Pedro, 2018).

Cuadro 5. Nutrientes absorbidos por el cultivo de maíz con rendimiento de 11,3 tn/ha

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
GRANO	190	78	54
TALLO	78	34	215
TOTAL	268	112	269

Fuente: García, 2012

Cuadro N° 6. Extracción de nutrientes/ tonelada grano Índice de cosecha.

Nutriente	Requerimiento kg/t	Índice de cosecha	Extracción Grano kg/t
N	22,0	0,66	14,5
P	4	0,75	3
K	19	0,21	4,0
Ca	3.1	0,07	0,2
Mg	3	0,28	0,8
S	4	0,45	1,8
Cl	0,444	0,06	0,027
Fe	0,125	0,36	0,045
Mn	0,189	0,17	0,032
Zn	0,053	0,50	0,027
Cu	0,013	0,29	0,004
B	0,020	0,25	0,005
Mo	0,001	0,63	0,001

Fuente: Barraco (2009).

Hay que destacar el hecho de que una parte importante de los nutrientes extraídos son destinados a partes de la planta que no siempre se retiran del campo (Yotz Pedro, 2018).

1.12. Fertilizantes

1.12.1. Urea (46-00-00)

La urea es el fertilizante más popular. Es el sólido granulado de mayor concentración de nitrógeno (N). El Nitrógeno es esencial en la planta. Forma parte de cada célula viva. Las plantas requieren grandes cantidades de N para crecer normalmente. Es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de la clorofila, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. Es componente de vitaminas y de los sistemas de energía de la planta. Y es también un componente esencial de los

aminoácidos; por lo tanto el nitrógeno es directamente responsable del incremento de proteínas en las plantas, estando directamente relacionado con la cantidad de hojas, brotes, tallos, etc. En cereales el nitrógeno es determinante en la cantidad de proteínas de los granos.

Se adapta a diferentes tipos de cultivos y distintos tipos de aplicaciones. La urea se puede aplicar al voleo, en cobertura, pero la mejor eficiencia se logra entre líneas, al costado o debajo de la línea de siembra, donde además no existen limitaciones en las dosis a aplicar. Para evitar pérdidas de N por volatilización, en situaciones con temperaturas promedio superiores a 18°C se recomienda también su incorporación al suelo. Como todo fertilizante nitrogenado, puede aplicarse antes de la siembra o al momento de la misma. (YPF, 2016).

1.12.2. Fosfato diamónico 18-46-00

El fósforo es químicamente muy reactivo y por ello no se encuentra en estado puro en la naturaleza. La apatita es la fuente natural de fósforo en el suelo. Por meteorización, pequeñas cantidades de P son liberadas a la solución del suelo para ser absorbidas por las plantas como iones ortofosfatos. Pero la mayor parte de éste forma compuestos con otros elementos como calcio, hierro, aluminio, o ciertos minerales arcillosos y reducen la disponibilidad del P para las plantas, por lo que la demanda de este elemento es crucial cubrirla vía fertilización.

El Fosfato Diamónico (DAP) genera un efecto arrancador en los cultivos extensivos. Debido a su mayor contenido de nitrógeno, es bueno para los cultivos que requieren dicho nutriente en su etapa inicial. Es un producto con alta solubilidad en agua, lo que asegura una rápida respuesta a la fertilización. El nitrógeno incluido permite cubrir parte de las necesidades del cultivo durante el primer período de crecimiento de la planta. (YPF, 2016).

1.12.3. NPK (20-20-20)

Es un fertilizante Multipropósito de acción comprobada. Fertilización garantizada en las etapas de producción de los cultivos, tiene un adecuado balance de nutrientes, ideal

para su aplicación en el primer abonamiento de diferentes cultivos. Composición nitrógeno 20%; fosforo (P₂O₅) 20%; potasio (K₂O) 20%. (Misti, 2016).

1.13. Manejo del cultivo

1.13.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. Además con esta actividad se eliminan las malas hierbas perjudiciales para el cultivo.

Se recomienda realizar la preparación del suelo con tiempo de anticipación antes de la siembra, con el propósito de que la materia orgánica presente en el suelo sufra un proceso de descomposición adecuado (infoAgro, 2015).

1.13.2. Siembra

Para realizar la siembra es necesario tener semillas con un alto porcentaje de germinación, vigor y libre de enfermedades.

La semilla debe ser de calidad para garantizar una óptima producción. La distancia de siembra dependerá del clima y las variedades. La profundidad de siembra está en función a la textura del suelo, llegando hasta 10 cm en suelos arenosos, 7 cm en suelos arcillosos y si los suelos son húmedos la profundidad de siembra será de 5 cm. (Manual Agropecuario, 2001).

Manuel Llanos Company (1984) señala que debe tenerse en cuenta que la semilla necesita para germinar bien, un mínimo de unos 13°C en el terreno. Con temperaturas entre 10 a 13°C la germinación es lenta y las semillas corren más riesgo de ataque por hongos y otros organismos del suelo.

1.13.3. Densidad de siembra

Según Unisem 2011. La densidad de plantas recomendable depende de varios factores:

- **Las condiciones agroecológicas y el manejo.** Con mejores condiciones de fertilidad del suelo, fertilización y un mejor manejo, se podrá sostener una mayor densidad de plantas. Las densidades recomendables pueden ir desde las 50 mil plantas por hectárea en condiciones de temporal, laderas y suelos malos, hasta 100 mil o más en las mejores condiciones, por ejemplo bajo riego.
- **La variedad.** Los híbridos bajos, y precoces, requieren de una mayor densidad que los híbridos altos y tardíos para lograr su máximo rendimiento. Criollos y algunos híbridos malos no soportan densidades medianas, se acaman.
- **El riesgo de sequía.** En caso de sequía, una densidad alta es contraproducente. Por lo tanto, conviene trabajar con densidades modestas en zonas donde este problema es recurrente.
- **Rendimiento esperado.** Los rendimientos máximos por planta son de entre 150 a 180 gramos. Por lo tanto, si en una parcela se esperan unas 12 toneladas de grano por hectárea, la densidad de plantas recomendable es de 67- 80 mil plantas por hectárea.

1.13.4. Fertilización

Se recomienda realizar en la preparación del suelo un abonamiento donde se puede utilizar: compost, humus de lombriz, bocashi, gallinaza y estiércol de vaca bien descompuestos, siempre y cuando el abono orgánico sea de buena calidad y contenga al menos 1% o más de nitrógeno, en este caso debe aplicar 100 quintales/ha en suelos con alto contenido de nutrientes y 200 quintales/ha en suelos con bajo contenido nutrientes. (INIAP, 2011).

1.13.5. Control de malezas

Se puede realizar el control de malezas con el método químico, donde se recomienda aplicar Atrazina en pre-emergencia y post-emergencia en dosis de 2 kg/ha. (Infoagro, 2015).

Una práctica importante que hay que señalar para un buen manejo en el control de malezas es la rotación de cultivos, la cual evita que plantas menos susceptibles a los herbicidas utilizados frecuentemente en maíz sigan proliferando y además previene posibles riesgos de apariciones de plantas resistentes a los herbicidas.

El control químico requiere de conocimientos técnicos para la elección y aplicación eficiente y oportuna de un herbicida. El uso inapropiado de los herbicidas representa algunos riesgos a la agricultura. Sin embargo todos estos daños son posibles de evitar con una buena selección y aplicación de los productos, y con el conocimiento de sus características específicas. Algunos de los posibles riesgos por el uso inadecuado de herbicidas son: daños al cultivo, o a cultivos vecinos (por acarreo), por utilizar dosis excesivas del herbicida; daños a cultivos sembrados en rotación, debido a los residuos de los herbicidas en el suelo; cambios en el tipo de maleza por usar continuamente un herbicida; desarrollo de resistencia de malezas; uso de mezclas inapropiadas. (IAUSA 2011).

1.13.6. Raleo

El raleo o aclareo es una labor del cultivo que se realiza cuando la planta ha alcanzado un tamaño que oscila entre 25 a 30 cm, esta labor tiene como fin dejar una sola planta por golpe, eliminando las restantes. Esta actividad puede ir acompañado de otra labor como es la de romper las costras endurecidas del terreno para favorecer el desarrollo de raíces adventicias (Infoagro, 2015).

1.13.7. Escardillado o deshierba

Esta actividad se realiza cuando la planta ha alcanzado una altura de 25 a 30 cm. Con ésta labor se afloja el suelo, se da aireación a las raíces y se eliminan las malas hierbas (INIAP, 2011).

1.13.8. Aporque

La operación de aporque consiste en arrimar, formar y aplicar una cantidad considerable de tierra al pie de las plantas. Las ventajas de esta labor son; eliminar

malezas, ayudar a que las raíces aéreas alcancen a fijarse en el suelo, impedir el acame de las plantas por influencia del viento y facilitar el riego. Esta actividad debe realizarse a los 20 ó 30 días después de la deshierba o rascadillo, para el cual se utilizará un azadón, además durante esta labor se colocará en forma lateral el 50% del abono enriquecido en nitrógeno (Yáñez et.al., 2005).

1.13.9. Riego

No es conveniente que el cultivo pase períodos de falta de agua puesto que los estomas se cierran, se reduce la fotosíntesis y el rendimiento final es menor. Durante la floración la falta de agua es perjudicial, lo que puede llegar a representar una disminución del 30 % de la producción (Manual Agropecuario, 2001).

El cultivo de maíz necesita una cantidad considerable de agua (5 mm/día), en la fase de emergencia requiere de poca humedad pero en la fase de crecimiento la necesidad de agua se incrementa recomendando dotar de un riego 10 ó 15 días antes de que inicie la etapa de floración. La fase de floración es un período crítico pues el buen suministro de agua al cultivo, favorecerá la formación y llenado del grano. Mientras que en la etapa de engrosamiento y maduración de la mazorca la necesidad de agua disminuye (Yáñez, 2005).

1.13.10. Controles fitosanitarios

Existen diversos factores que impiden que los cultivos alcancen la productividad que necesitan, como lo son las plagas y enfermedades, que tienen el poder de dañar cosechas enteras y mitigar drásticamente la productividad de la cosecha. (BASF, 2023)

El maíz es un cultivo de alta producción, pero para que alcance su máximo potencial, el agricultor debe proteger la salud de las plantas durante todo el ciclo de cultivo. Salvo en el caso de las malezas, que aparecen pronto en la vida de la planta, existen plagas y patógenos diversos que pueden comprometer el crecimiento y la producción de maíz en diferentes etapas durante su ciclo de vida. (Wikifarmer 2023).

Según Jacto 2023 los **problemas fitosanitarios del maíz** se pueden combatir mediante diferentes prácticas culturales y agronómicas. Estos implican la implementación de estrategias que reducen la incidencia y severidad de las enfermedades. Estas prácticas incluyen:

- Rotación de cultivos.
- Selección de variedades resistentes.
- Una adecuada gestión del riego.
- Buen manejo del suelo.
- Eliminación de residuos vegetales infectados.

Actuar antes de que la enfermedad o la plaga haya infectado toda la plantación puede reducir la cantidad de productos químicos utilizados y aumentar la eficacia de las medidas de protección de los cultivos. (Wikifarmer 2023).

1.13.10.1. Plagas

En el contexto de la agricultura, se considerará plaga a cualquier animal, microorganismo, planta, entre otros, que ocasione un directo efecto negativo contra la producción agrícola. (Wladimir, 2014).

Algunas plagas tienen preferencia por etapas específicas del ciclo de crecimiento de las plantas de maíz o son más abundantes durante determinadas etapas, mientras que otras plantean una amenaza para la salud del maíz durante todo el ciclo de cultivo. (Wikifarmer 2023).

Cuadro N° 7. Principales insectos plagas del cultivo del maíz

Nombre común	Nombre científico
Gusano de choclo	<i>Heliothis zea</i>
Gusano cortador	<i>Agrotis ipsilon</i>
Gusano cogollero	<i>Agrotis deprivata</i>
Pulgón de maíz	<i>Rhopalosiphum maidis</i>

Fuente: Infoagro, 2015

1.13.10.1.1. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Las hembras del cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* ovipositan sus huevos de forma globosa (con estrías radiales de color rosado pálido) en el haz y en el envés las hojas. Las larvas pasan por 6 o 7 estadios que pueden alcanzar hasta 35 mm de largo. A partir del tercer estadio se introducen al cogollo. La pupa se desarrolla en el suelo y el insecto está en reposo entre 8 y 10 días. Las hembras (adulto o mariposa) tienen alas traseras de coloración blanquecinas, mientras que los machos tienen figuras irregulares llamativas en las alas delanteras, y las traseras son blancas. (García 2013).

Cuadro N° 8. Manejo de la plaga (gusano cogollero)

Estado más vulnerable de la plaga	Daños	Medidas de prevención	Control biológico
Estadios larvarios.	Provoca raspaduras en follaje tierno que después aparecen como áreas translúcidas. Posteriormente el daño afecta al cogollo, y al desplegarse el follaje se detectan daños en la lámina foliar. El daño es grave cuando la plaga ataca la inflorescencia del cultivo de maíz.	Laboreo del suelo, y eliminación de malezas. Debe evitarse el cultivo de maíz después de la alfalfa, praderas u otros cultivos plurianuales.	Algunos coleópteros se alimentan de las larvas de esta plaga. También la bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i> , con bajas poblaciones y en primeros instares de larva.

Fuente: Futurcrop - 2018

1.13.10.1.2. Pulgones (*Rhopalosiphum maidis*)

Los pulgones son de reproducción partenogenética (las hembras se reproducen sin necesidad de cruzarse con un macho). Las hembras adultas retienen los huevos en el vientre y nacen las ninfas. La tasa de multiplicación en condiciones favorables es muy rápida. Presentan varias generaciones en un año. Generalmente se encuentran en grupos sobre hojas y brotes nuevos succionando savia con un aparato bucal en forma de estilete. Excretan mielecilla que expelen al ambiente. Atrae a numerosos insectos, especialmente hormigas. Inyectan saliva en los tejidos vegetales transmitiendo virus. (Garcia, 2013).

Cuadro N° 9. Manejo de la plaga (pulgones)

Estado más vulnerable de la plaga	Daños	Medidas de prevención	Control biológico
Todos los estados de desarrollo son igual de vulnerables.	Se alimentan de savia de las plantas, aunque pueden extraer cantidades importantes de líquido y nutrientes, su efecto directo sobre el rendimiento de grano es generalmente pequeño. Sin embargo, este grupo de insectos ocasiona más pérdidas por la transmisión de virus como MDMV (Virus del Mosaico Enanizante del Maíz).	Favorecer la presencia de numerosos enemigos naturales.	Numerosos depredadores que habitualmente son capaces de mantener las poblaciones bajo el umbral económico de daño. Por ejemplo, coccinélidos, sírfidos, etc.

Fuente: Futurcrop -2018

1.13.10.2. Enfermedades

El maíz en los ambientes tropicales es atacado por un gran número de patógenos que causan importantes daños económicos a su producción. La monografía de Wellman (1972) *Tropical American plant diseases* informa sobre 130 enfermedades que afectan al maíz en los trópicos, comparadas con 85 que ocurren en los ambientes templados. (FAO, 2023).

Algunas enfermedades son universales y ocurren en casi todos los ambientes en que se cultiva el maíz; estas incluyen los tizones, las royas y las manchas de las hojas y del tallo y la pudrición de la panoja. Hay algunas enfermedades que son de importancia regional pero que pueden causar importantes pérdidas económicas. (FAO, 2023).

Cuadro N° 10. Principales enfermedades del cultivo del maíz

Nombre común	Nombre científico
Roya del maíz.	<i>Puccinia sorghi</i> .
Carbón de la espiga.	<i>Sphacelotheca reiliana</i> .
Pudrición de tallo por antracnosis.	<i>Colletotrichum graminicola</i> y <i>Glomerella graminicola</i> .
Podredumbre de tallo y raíz.	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Gibberella zeae</i> , <i>Scierotium bataticola</i> , <i>Macrophomifla phaseoli</i> , <i>Diplodia maydis</i>).

Fuente: Agromática (2016)

1.13.10.2.1. Carbón del maíz (*Ustilago maydis*)

El hongo puede afectar el tallo, pero con mayor frecuencia las inflorescencias. En el tallo se forma una agalla blanda de color gris que contiene gran cantidad de esporas del patógeno de color café oscuro. Cuando afecta la mazorca, casi nunca hay grano, porque este es reemplazado por el patógeno. Cuando afecta la inflorescencia masculina no hay polen. (varon, rodriguez y Villalobos, 2022).

Cuadro N° 11. Manejo de la enfermedad (Ustilago maydis)

Tipo de control	Descripción	Eficacia del control		
		regular	bueno	excelente
Cultural	Incorporación al suelo de residuos de cosecha.		✓	
Preventivo	Tratamiento de semilla*: Tiabendazol + Fludioxonil + Metalaxil-M + Azoxistrobina.			✓
Preventivo biológico	Usar Trichoderma en el tratamiento de semilla en sitio.	✓		
	Usar Trichoderma dirigido al suelo.	✓		
Preventivo con protectantes	Aplicaciones foliares en V3-V5, ej.: Mancozeb, Azufre		✓	
Preventivo curative	Aplicaciones foliares V6-V10 con Triazol + Estrobirulina + Protectante.			✓
Curativo	Aplicaciones foliares después de Floración (R1, R2, R3) con Triazol + Estrobirulina + Protectante.		✓	

Fuente: ADVANTA, 2022

1.13.10.2.2. Pudrición de mazorca por fusarium (Fusarium spp.) (Giberella spp.)

Los granos muestran coloración blanca o rosada en estados tempranos de infección. Posteriormente se desarrolla un micelio de color blanco o rosado sobre y entre los granos, que puede llegar a cubrir toda la mazorca. (Varon, Rodriguez y Villalobos, 2022).

- Las toxinas causadas por este hongo dificultan su comercialización.
- El manejo eficaz de insectos en la mazorca disminuye el riesgo de infección.

Cuadro N° 12. Manejo de la enfermedad (*Fusarium spp*)

Tipo de control	Descripción	Eficacia del control		
		regular	bueno	excelente
Cultural	Incorporación al suelo de residuos de cosecha.		✓	
Preventivo	Tratamiento de semilla*: Tiabendazol + Fludioxonil + Metalaxil-M + Azoxistrobina.		✓	
Preventivo biológico	Usar Trichoderma en el tratamiento de semilla en sitio		✓	
	Usar Trichoderma dirigido al suelo.		✓	
Preventivo con protectants	Aplicaciones foliares en V3-V5, ej.: Mancozeb, Azufre		✓	
Preventivo curative	Aplicaciones foliares V6-V10 con Triazol + Estrobirulina + Protectante.			✓
Curativo	Aplicaciones foliares después de Floración (R1, R2, R3) con Triazol + Estrobirulina + Protec.			✓

Fuente: ADVANTA, 2022

1.13.11. Cosecha

El rendimiento del maíz y en general para todos los cultivos, no puede ser alterado una vez que la planta ha alcanzado su madurez fisiológica, es decir, cuando el grano llega a su máximo contenido de materia seca. Sin embargo, para mantener la producción hasta su comercialización es necesario sacarla del campo oportunamente. No hacerlo, significa un deterioro en la cantidad y calidad del grano, lo que se traduce en menores utilidades para el agricultor.

El grano llega a su madurez fisiológica cuando su contenido de humedad es alrededor del 37-38 por ciento. La cosecha mecanizada se puede comenzar cuando el grano tiene aproximadamente un 28% de humedad, no siendo recomendable que descienda a menos del 15% Arriba o abajo de estos límites, los granos se aplastan, se parten o pulverizan.

Cuando la cosecha se realiza en forma manual estos límites no son tan importantes y más bien dependen de las condiciones climáticas, mano de obra disponible y hábitos tradicionales. (FAO, 2015).

1.13.12. Post-cosecha

Dentro de la actividad de post-cosecha La selección de las mazorcas es una actividad muy importante pues aquí se eliminan las mazorcas dañadas por plagas, enfermedades, pequeñas y deformes, pues se busca obtener mazorcas que tengan el grano grueso y uniforme. Luego en la etapa de desgrane de las mazorcas es necesario además desechar todos los granos dañados y podridos, además aquí se separa el grano comercial del grano que será utilizado para semilla (Yáñez et.al., 2005).

1.13.13. Almacenamiento

La mazorca o el grano sea para el consumo o semilla se debe almacenar en un lugar fresco y seco donde la temperatura oscile entre 10 a 12 °C y la humedad relativa sea menor a 60%. Además se debe considerar que el porcentaje de humedad del grano debe ser inferior al 12% (Yáñez et.al., 2005).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del área de estudio

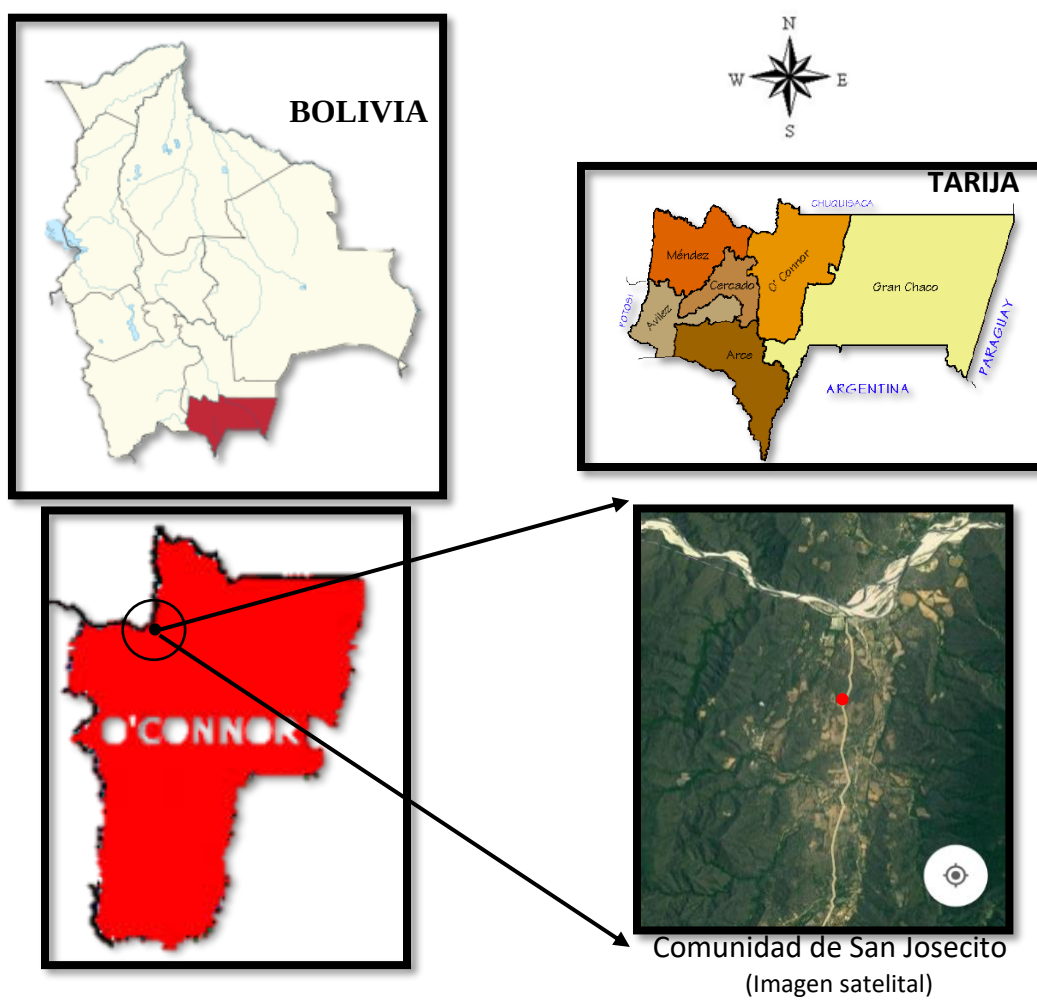
2.2. Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la comunidad de San Josecito. La comunidad de San Josecito se encuentra en la provincia O'connor del departamento de Tarija. Situado a 100 km al noreste de la ciudad capital de Tarija.

2.3. Ubicación

Latitud sur: $21^{\circ} 9' 45''$. Longitud: $64^{\circ} 13' 44''$. Altitud 907 m.s.n.m. (Senamhi, 2024)

UBICACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.



2.4. Clima

San Josecito tiene un clima subtropical húmedo con invierno seco (Cwa), de acuerdo con la clasificación climática de Köppen. (Wikipedia 2024). Hay muchas precipitaciones en verano y en invierno el clima es bastante seco. La temperatura media anual en San Josecito es 18° y la precipitación media anual es 824 mm. No llueve durante 104 días por año, la humedad media es del 70% y el Índice UV es 4. (Weather Spark, 2024).

Promedios climáticos de todo el año

- **Día:** la temperatura media diurna está entre 16°C y 20°C durante el día.
- **Noche:** la temperatura media nocturna está entre 5°C y 12°C.
- **Lluvia:** llueve 229 días y hay un total aproximado de 824 mm precipitaciones.

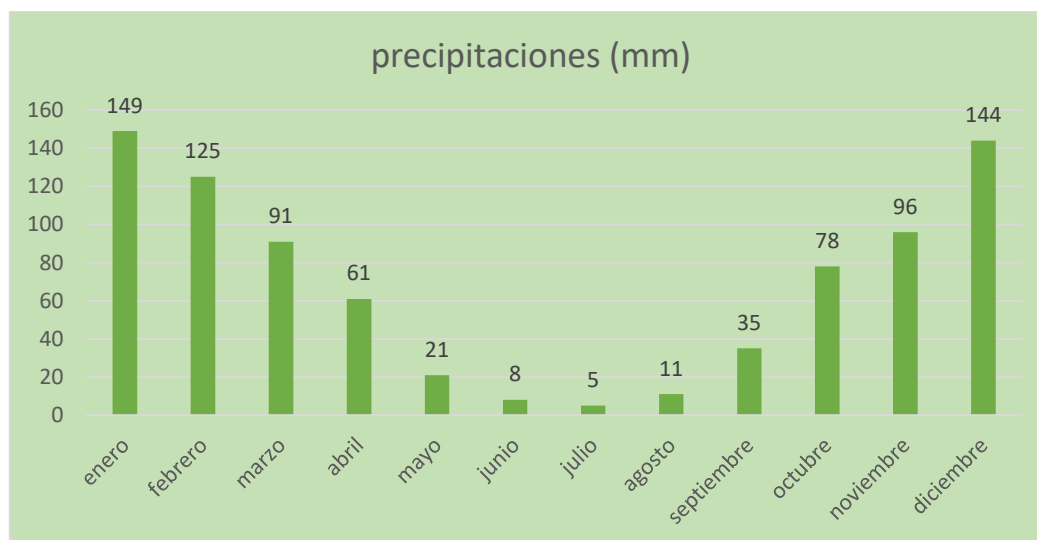
2.4.1. Temperatura

La temperatura media anual es de 18°C, con una máxima de 25,3°C y una mínima de 12,7°C. registrándose temperaturas máximas extremas de hasta 40°C en los meses de octubre y noviembre. (SENAMHI, 2024).

2.4.2. Precipitaciones

Las precipitaciones anuales rondan los 824 mm concentrándose fundamentalmente en verano, entre los meses de octubre a marzo. (SENAMHI, 2024).

Este gráfico muestra la cantidad media de precipitaciones por mes para San Josecito.

Gráfico N° 2. Precipitaciones de San Josecito

Fuente: Senamhi 2024

2.4.3. Heladas

Los días con heladas se presentan en los meses de junio hasta agosto, registrándose temperaturas mínimas extremas de hasta -7°C . El mes más frío del año es julio, con una temperatura mínima promedio de 8°C y máxima de 20°C . (SENAMHI, 2024).

2.4.4. Viento

La velocidad promedio del viento por hora tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura del mes de julio a diciembre, con velocidades promedio del viento de más de 10,5 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año es octubre, con vientos a una velocidad promedio de 11,5 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura de diciembre a julio. El mes más calmado del año es mayo, con vientos a una velocidad promedio de 9,4 kilómetros por hora. (Weather Spark, 2024).

2.5. Suelos

Los paisajes que conforman la comunidad de san Josecito son las terrazas y piedemontes de valles subandinos entre alturas de 360 y 1.400 msnm. Las pendientes varían entre 0,5 y 5% y los suelos son profundos, **con una disponibilidad natural de nutrientes de baja a media.** (ZONISIG, 2001).

2.6. Descripción económica de la zona

La actividad económica de la zona se basa principalmente en la producción agropecuaria, la producción se da en terrenos de pequeña escala menor a 10 hectáreas muchos de los cuales no cuentan con un sistema de riego.

Cuadro N° 13. Actividades agropecuarias de la zona

AGRÍCOLAS	PECUARIAS
Maíz (<i>Zea mays</i>)	Bovinos (<i>Bos Taurus</i>)
Tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>)	Caprinos (<i>Capra aegagrus hircus</i>)
Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	Gallina (<i>Gallus gallus domesticus</i>)
Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	Pato (<i>Anas platyrhynchos domesticus</i>)

2.7. Materiales

2.7.1. Material vegetal

El material vegetal a emplearse será semilla de maíz de la variedad IBTA ALGARROBAL 108.

Cuadro N° 14. Características vegetativas de la variedad

Variedad	Ciclo vegetativo	Altura de la planta	Color y tipo de grano
IBTA- ALGARROBAL-108	150 días	2.20m-2.37 m	Amarillo harinoso

2.7.2. Herramientas menores y equipo

Tractor.

Bomba espalda pulverizadora.

Estacas.

Pita plástica.

Cinta métrica.

Letreros.

Azadones.

Machete.

2.7.3. Materiales de gabinete

Libreta de campo, Lapiceras.

Equipo de computación, impresora.

Cámara fotográfica.

Balanza.

2.7.4. Insumos

Semilla (maíz variedad IBTA algarrobal 108)

Fertilizantes.

Insecticidas.

2.8. Metodología

La metodología a emplearse será mediante el diseño bloques al azar con tres tratamientos más 1 testigo y 5 repeticiones, sumando un total de 20 unidades experimentales.

Se realizó un análisis del suelo para saber los componentes nutricionales del mismo.

Se aplicó los fertilizantes en el momento del aporque cuando la planta está entre los 30 a 40 cm de altura.

Las distancias de siembra utilizadas fueron de 0.60 m entre plantas y 1 m entre hileras o surco, la unidad experimental de 4m de ancho por 5 m de largo.

La siembra se realizó con dos semillas por sitio.

Cada unidad experimental presenta 16 plantas por surco, en cinco surcos dando una población de 80 plantas por unidad experimental.

2.8.1. Diseño experimental

Se evaluara a través de un diseño de bloques al azar.

Factor de evaluación: fertilizantes.

- 3 niveles de fertilización.
- 1 testigo. (T 1).

Número de tratamientos: $3+1=4$

Número de repeticiones: 5

Número de unidades experimentales: 20

2.8.2. Fertilizante a emplearse:

Nitrato de amonio (UREA): 46-0-0

2.8.3. Niveles de fertilización

La dosis de fertilizante para cada tratamiento se estableció después de realizar el análisis de suelo de la parcela. Se aplicó los niveles de acuerdo a los resultados del análisis de suelo y requerimiento de la planta.

2.8.4. Tratamientos

Cuadro N° 15. Cantidad de fertilizante para cada tratamiento

TRATAMIENTOS	N Kg/ha	P2O5 Kg/ha	K2O Kg/ha
T1	67.2	127.38	2739.34
T2	88	127.38	2739.34
T3	176	127.38	2739.34
T4	264	127.38	2739.34

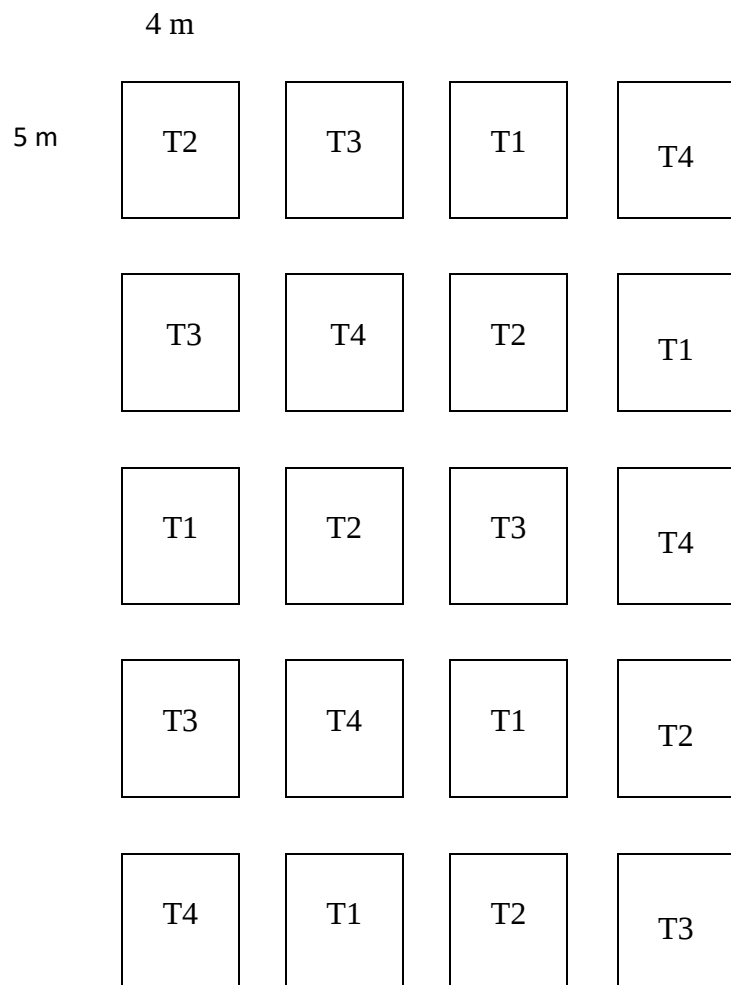
Nivel 1.- Sin incorporación de ningún fertilizante (Testigo).

Nivel 2.- Llegar al promedio nacional de 4 tn/ha.

Nivel 3.- Llegar al promedio de argentina de 8 tn/ha.

Nivel 4.- Obtener un rendimiento aproximado de 12 tn/ha.

2.8.5. Diseño de campo



Largo de cada unidad experimental = 5 m.

Ancho de cada unidad experimental = 4 m.

Ancho total de la parcela = 19 m.

Largo de la parcela = 29 m.

Superficie neta = 400 m².

Superficie total = 551 m².

2.9. Selección de la finca

La finca seleccionada para realizar la practica fue del señor José Rafael Salinas Vides. Ubicada en la comunidad de San Josecito Norte, a una latitud de -21.174065 y a una longitud de - 64.232591. Se seleccionó esta propiedad por razones económicas y por qué cuanta con riego, es de superficie plana lo que facilita el cultivo del terreno mediante tractor y está ubicada a la orilla del camino por lo tanto es de fácil acceso para realizar el manejo y verificación del cultivo.

2.10. Delimitación de parcelas

La delimitación de parcelas se realizó con estacas y pita plástica para diferenciar de manera adecuada las unidades experimentales, posteriormente se colocó letreros para identificar cada unidad experimental respectivamente.

2.11. Toma de muestras

El muestreo constituye la etapa inicial y fundamental para la adecuada interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio. Pero debido a que el suelo es un material muy heterogéneo, con diferentes condiciones de origen, topografía, manejo, tipos de vegetación, etc.; es necesario definir unidades con características más o menos similares, que permitan establecer lo que se conoce como unidades de muestreo.

2.11.1. Muestreo de suelos

Separe aquellas áreas con características similares, con base en los siguientes criterios:

- Grado de pendiente.
- Grado de erosión.
- Tipo de vegetación (edad de la explotación, cultivos anteriores).
- Presencia de rocas, cuerpos de agua, otros factores.

El muestreo se realizó con una pala y un balde limpios y procurando tomar una cantidad similar de suelo en cada punto y a la misma profundidad. El tipo de muestreo más adecuado y sencillo para su aplicación es en zig-zag. En este método se toman unas 15

ó 20 submuestras a lo largo y ancho del terreno que luego se mezclan en el balde o lona.

Para la toma de muestras con pala, abra un hoyo de 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, retire los 2 cm primeros del suelo y extraiga la muestra. En general la profundidad de muestreo está entre 2 y 20 cm que es el área de acción de las raíces.

Mezcle en un balde las submuestras hasta obtener una muestra compuesta homogénea.

Empaque aproximadamente 1 kg en bolsas plásticas o de papel encerado que no hayan sido usadas antes. Proceda a identificar la muestra en forma concisa y exacta; precise el número de lote o predio, el cultivo o uso actual y el tipo y la cantidad de fertilizantes y enmiendas aplicadas. El rótulo de identificación no debe estar en contacto directo con el suelo a analizar.

2.12. Análisis de suelo

Se efectuó antes de la implantación del cultivo por lo cual se realizó un muestreo posteriormente se llevó las muestras al laboratorio con los datos obtenidos se pudo realizar las fertilizaciones requeridas.

2.13. Labores culturales

– Preparación del terreno

Mediante un tractor agrícola se procedió a rastrear la parcela realizando dos pasadas, para su posterior surcado y siembra.

– Siembra

La siembra se efectuó de forma manual, colocando dos semillas por sitio a una distancia de 60 cm entre plantas y a 100 cm entre líneas.

– Riego

Se empleó el riego por gravedad. La frecuencia de riego fue de acuerdo a lo que requiere el cultivo y a las condiciones climáticas del lugar, manteniendo el suelo en

capacidad de campo. El riego se efectuó hasta que termino el ciclo vegetativo del cultivo.

– **Escardillado**

Se realizó de forma manual con un azadón con el propósito de aflorar el suelo, darle aireación a las raíces y eliminar las malas hierbas.

– **Aporque**

El aporque se realizó de forma manual con un azadón, cuando la planta tenía una altura aproximada de 40 cm. El propósito del aporque es eliminar las malas hierbas y darle un mejor anclaje a la planta para impedir el acame.

– **Fertilización**

Los fertilizantes fueron aplicados en las diferentes unidades experimentales en el momento del aporque, cuando la planta alcance unos 30 a 40 cm de altura.

– **Control de malezas**

Se realizó el control de malezas de forma manual ya que estas son perjudiciales en las primeras etapas del cultivo, compiten tanto por nutrientes, por agua y por luz.

– **Control fitosanitario**

En el transcurso del ensayo se realizaron tratamientos fitosanitarios para evitar ataques de plagas o enfermedades que afecten el desarrollo del cultivo.

– **Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual cuando el grano llegue a la madurez fisiológica.

2.14. Variable a evaluar

- **Altura de la planta.**

Se seleccionó un total de 30 plantas al azar por parcela, para lo cual se midió en metros desde el suelo hasta la inserción de la espiga.

- **Longitud de la mazorca.**

Para medir la longitud de la mazorca se midió 30 mazorcas al azar en centímetros, se procedió a medir la mazorca desde la base hasta el ápice de la misma.

- **Diámetro de la mazorca.**

Para medir el diámetro de la mazorca se midió en centímetros la parte central o media de 30 mazorcas al azar de cada parcela por separado.

- **Peso de grano por mazorca.**

Para determinar el peso del grano por mazorca se pesó 30 mazorcas al azar por cada parcela por separado.

- **Rendimiento en grano/hectárea. (Tn/ha)**

Para determinar el rendimiento, se cosecho las mazorcas de cada unidad experimental de 20 m², se eliminaron las brácteas para luego proceder al desgrane y su posterior pesaje del grano de forma individual de cada parcela y obtener el rendimiento en kilogramos y convertirlos en tn/ha.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características físico-químicas del suelo

3.1.1. Análisis químico del suelo del lugar de ensayo

En el cuadro N° 16 se observa que el suelo presenta un pH de 7.08, con un porcentaje de nitrógeno del 0.120 %, fosforo 19.78 ppm y potasio 815.28 ppm.

Cuadro N° 16. Análisis químico del suelo

PARÁMETRO	RESULTADO	CLASIFICACIÓN	MÉTODO
pH H ₂ O 1:2.5	7.08	neutro	Electrométrico
C.E. H ₂ O 1:5	0.06 mmhos/cm	normal	Electrométrico
Materia Orgánica Walkley B.	2.15 %	Baja	Colorímetro
Nitrógeno total.	0.120 %	Bajo	Kejdhahl
Fosforo Olsen. T. Media	19.78 ppm	Medio	Colorímetro
Potasio Intercambiable.	815.28 ppm	Muy Alto	Abs Atómica

Fuente: Laboratorio de suelos UAJMS.

El nitrógeno total presento un valor de 0.12 % mostrando un contenido bajo de este elemento en el suelo, que no cumple con los requerimientos del cultivo de maíz.

La concentración de fosforo fue de 19.78 ppm. Que es un valor medio de contenido en el suelo, pero su contenido se encuentra por encima de los requerimientos del cultivo de maíz.

El contenido de potasio es 815.28 ppm lo que representa un contenido alto de potasio por lo tanto ya no es necesaria la aplicación de potasio al suelo.

La conductividad eléctrica presento un valor de 0.06 mmhos/cm lo que indica que no existieron problemas de sales, favoreciendo el desarrollo del cultivo.

El pH presento un valor de 7.08 lo que indica que el sustrato fue neutro, ideal para el cultivo de maíz que requiere un pH ideal entre 6 y 7.2 (Prasad & Power, 1997). Además el pH 7.08 favorece la solubilidad de los nutrientes.

El porcentaje de materia orgánica fue de 2.15%, un valor bajo por lo tanto se tiene un contenido bajo de nitrógeno.

3.1.2. Análisis físico del suelo.

El resultado del análisis físico del suelo donde se realizó el estudio indica que trata de un suelo de textura franca con una densidad aparente de 1.40 g/cm³.

Cuadro N° 17. Análisis físico del suelo.

PARÁMETRO	RESULTADO	CLASIFICACIÓN	MÉTODO
Clase textural.	50.20 % Arena	Franca	Bouyoucos
	34.00 % Limo		
	15.80 % Arcilla		
Densidad Aparente.	1.40 g/cm ³		Gravimetría/Cálculo

Fuente: Laboratorio de suelos UAJMS.

El maíz es una planta de gran desarrollo radicular, por lo tanto necesita suelos planos y profundos, de textura franca a franco-arcillosa, de buen drenaje y que puedan retener suficientes nutrientes y humedad. (Carlos Lagos, 2015).

3.2. Altura de la planta.

Para obtener la altura de planta se tomó al azar 30 plantas por cada unidad experimental y se procedió a medir desde el suelo hasta la última hoja.

Cuadro N° 18. Altura de la planta en metros (m)

TRATAMIENTO	BLOQUES					Σ	PROMEDIO (M)
	I	II	III	IV	V		
T1	2.13	2.45	2.55	2.28	2.34	11.75	2.35
T2	2.83	2.74	2.77	2.69	2.8	13.83	2.766
T3	2.55	2.72	2.67	2.64	2.59	13.17	2.634
T4	2.73	2.7	2.82	2.78	2.81	13.84	2.768
Σ	10.24	10.61	10.81	10.39	10.54	52.59	
PROMEDIO (M)	2.56	2.653	2.703	2.598	2.635		

Según el cuadro N°18 se puede ver que el tratamiento que obtuvo una mayor altura de planta fue el tratamiento T4 con una altura de planta promedio de 2.768 metros, seguido por el tratamiento T2 con una longitud de 2.766 metros y el tratamiento que obtuvo una menor altura fue el T1 con una altura de 2.35 m.

3.2.1. Análisis de varianza de la altura de planta.

Cuadro N° 19. Análisis de varianza de la altura de planta en (m)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					1%	5%
Total	19	0.7233				
Tratamiento	3	0.5798	0.1933	21.9659**	5.95	3.49
Bloque	4	0.047	0.0118	1.3409 ns	5.41	3.26
Error	12	0.0965	0.0088			

$$CV (\%) = \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{X}} \times 100$$

$$CV (\%) = 3.568$$

Se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos ya que f_c es mayor que f_t . Y también se puede observar que no existe diferencia significativa entre bloques ya que f_c es menor que f_t el 1% y 5%.

En el cuadro N°19 se observa que hay Significación Estadística en los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3.568% que indica precisión estadística de los resultados obtenidos en este ensayo. Para mejor interpretación de los resultados se hizo la prueba de Tukey que se detalla en el cuadro N° 20.

3.2.2. Prueba de Tukey para altura de planta.

Para la prueba de Tukey se debe calcular un comparador denominado W_p y luego compararlo con la resta de las medias de los tratamientos.

$$W_p = q_\alpha * S\bar{x}$$

$$q_\alpha = \text{trat, gl error}$$

$$q_\alpha = (4, 12)$$

$$q_\alpha = 4.20$$

$$S\bar{x} = \frac{\sqrt{CMe}}{r}$$

$$S\bar{x} = \frac{\sqrt{0.0088}}{5}$$

$$S\bar{x} = 0.04195$$

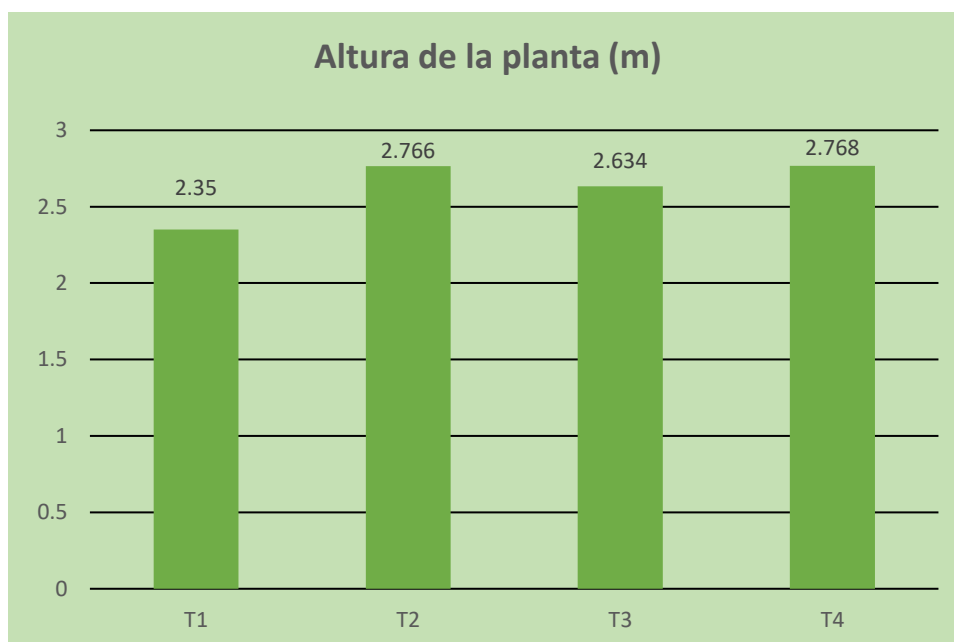
$$W_p = 0.176$$

Cuadro N° 20. Prueba de Tukey: altura de planta.

TRATAMIENTOS	MEDIA	LETRA
T4	2.768	a
T2	2.766	a
T3	2.634	a
T1	2.35	b

En el cuadro N°20. nos muestra que el tratamiento T4 con un promedio de 2.768 metros de altura supera a los demás tratamientos, donde T1 ocupa el último lugar con un promedio de altura de 2.35 metros de altura.

Gráfico N°3. Altura de la planta (m)



Como podemos observar en el gráfico N°3 el tratamiento T4 con una fertilización de 264 Kg N/Ha. obtuvo uno de los mejores resultados con un promedio de altura de 2.768 metros, seguido por el tratamiento T2 (88 Kg N/Ha.) con una altura de 2.766 y luego el tratamiento T3 (176 Kg N/Ha.) con un promedio de 2.634 y en último lugar ocupa el tratamiento T1 sin la incorporación de ningún fertilizante con 2.35 metros de altura.

3.3. Longitud de la mazorca

Para obtener la longitud de la mazorca en centímetros se procedió a medir 30 mazorcas al azar.

Cuadro N° 21. Longitud de la mazorca (cm).

TRATAMIENTOS	BLOQUES					Σ	PROMEDIO (cm)
	I	II	III	IV	V		
T1	17.18	16.98	16.62	17.31	17.26	85.35	17.07
T2	18.73	16.72	18.24	20	19.84	93.53	18.706
T3	19.63	18.9	18.85	21.76	20.15	99.29	19.858
T4	18.84	19.63	19.44	19.87	19.99	97.77	19.554
Σ	74.38	72.23	73.15	78.94	77.24	375.94	
PROMEDIO (CM)	18.595	18.0575	18.2875	19.735	19.31		

En el cuadro N°21 nos muestra que el tratamiento que obtuvo una mayor longitud de mazorca fue el T3 con un promedio de 19.858 cm seguido del tratamiento T4 con una longitud de 19.554 cm y por último lugar está el tratamiento T1 con 17.07 cm de largo.

3.3.1. Análisis de varianza de la longitud de la mazorca en (cm)

Cuadro N° 22. ANOVA longitud de la mazorca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					1%	5%
Total	19	37,394				
Tratamiento	3	23,448	7,816	15,663**	5.95	3.49
Bloque	4	7,961	1.99	3,988*	5.41	3.26
Error	12	5,985	0.499			

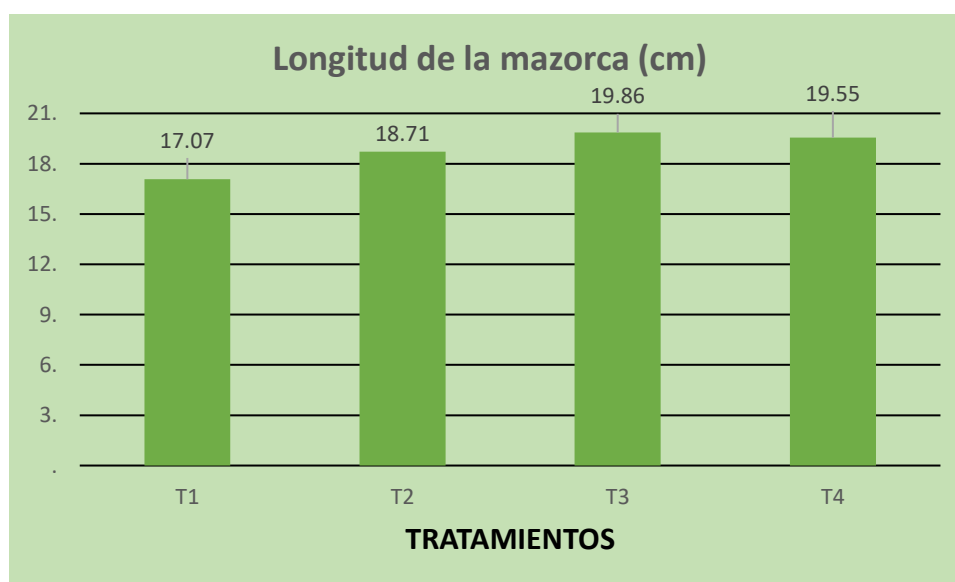
CV (%) = 3.758

En el cuadro N° 22. se observa que hay Significación Estadística en los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3.758% que indica precisión estadística de los resultados obtenidos en este ensayo. Para mejor interpretación de los resultados se hizo la prueba de Tukey ya que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos al 1% y 5% y también existe diferencia significativa entre los bloques al 1%.

Cuadro N° 23. Prueba de Tukey: longitud de mazorca.

TRATAMIENTOS	MEDIA	LETRA	$q\alpha$	S_x	$q\alpha * S_x$
T3	19.86	a	4.20	0.316	1.3272
T4	19.55	ab			
T2	18.71	b			
T1	17.07	c			

En el cuadro N° 23 nos muestra que el tratamiento T3 con una fertilización de 176 Kg N/Ha obtuvo un promedio de 19.86 cm de largo superando a los demás tratamientos, donde T1 como tratamiento testigo obtuvo el último lugar con un promedio de 17.07 cm de largo de la mazorca.

Gráfico N° 4. Longitud de mazorca (cm)

De acuerdo al grafico N°4. podemos ver que el mejor tratamiento es el T3 con una fertilización de 176 Kg N/Ha, obteniendo un promedio de 19.86 cm de largo mazorca, seguido por el T4 con una fertilización de 264 Kg N/Ha con un promedio de 19.55 cm de largo, después encontramos al tratamiento T2 con una fertilización de 88 Kg N/Ha,

con un largo de 18.71 cm y por último al tratamiento testigo T1 con promedio de largo de mazorca de 17.07 cm.

3.4. Diámetro de la mazorca en (cm)

Para obtener el diámetro de la mazorca se procedió a medir 30 mazorcas al azar, para luego con una cinta métrica medir la circunferencia de la mazorca que posteriormente se convirtió en el diámetro en cm.

Cuadro N° 24. Diámetro de la mazorca.

TRATAMIENTOS	BLOQUES					Σ	PROMEDIO (CM)
	I	II	III	IV	V		
T1	5.4	4.8	5.6	5.3	5.2	26.3	5.26
T2	5.7	6	5.5	5.4	5.9	28.5	5.7
T3	6	5.8	6.2	6	5.4	29.4	5.88
T4	5.7	6.4	6	5.9	5.8	29.8	5.96
Σ	22.8	23	23.3	22.6	22.3	114	
PROMEDIO (CM)	5.7	5.75	5.825	5.65	5.575		

Como se puede observar en el cuadro N° 24 se puede ver que el tratamiento T4 obtuvo el mayor diámetro con un promedio de 5.96 cm seguido por el tratamiento T3 con 5.88 cm y por último lugar se encuentra el tratamiento T1 con tan solo 5.26 cm. de diámetro.

3.4.1. Análisis de varianza del diámetro de la mazorca en (cm).

Cuadro N° 25. ANOVA de diámetro de mazorca.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					1%	5%
Total	19	2.74				
Tratamiento	3	1.468	0.48933333	5.21029281*	5.95	3.49
Bloque	4	0.145	0.03625	0.38598048	5.41	3.26
Error	12	1.127	0.09391667			

CV = 5.38%

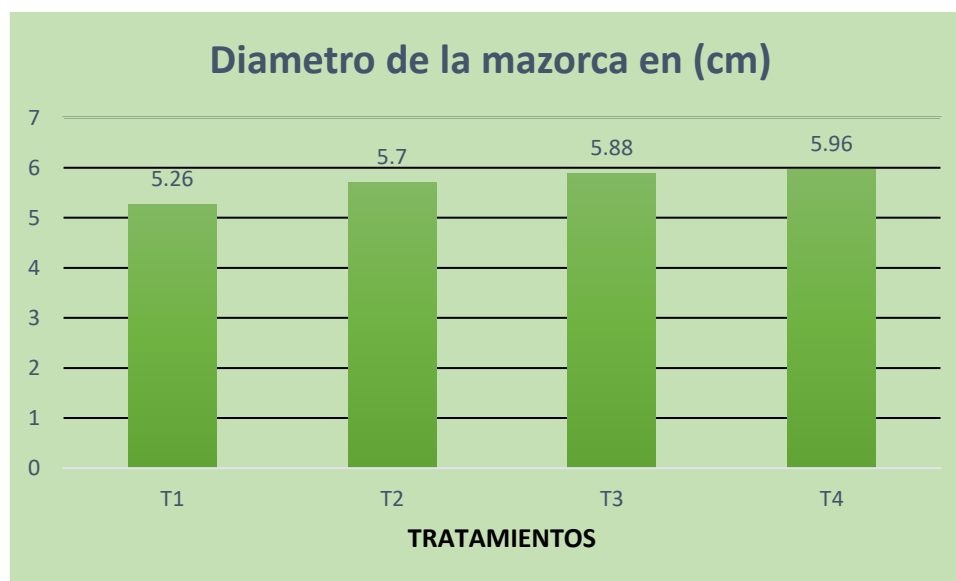
Como se puede ver en el cuadro N° 25 existe diferencia significativa al 5% pero no así al 1%. Para una mejor interpretación de los resultados se hizo la prueba de Tukey que se detalla en el cuadro N°26.

Cuadro N° 26. Prueba de Tukey para el diámetro de la mazorca.

TRATAMIENTOS	MEDIA	LETRA	$Q\alpha$	S_x	$q\alpha * S_x$
T4	5.96	a	4.20	0.13704	0.5756
T3	5.88	a			
T2	5.7	A			
T1	5.26	B			

En el cuadro N° 26 nos muestra que el tratamiento T4 con 264 Kg N/Ha de fertilizante, tuvo el mayor promedio con 5.96 cm de diámetro de mazorca, superando a los demás tratamientos, donde T1 obtuvo el último lugar con 5.26 cm de diámetro de mazorca.

Gráfico N° 5. Diámetro de mazorca en (cm).



De acuerdo al grafico N° 5 el tratamiento T4 obtuvo el primer lugar con un diámetro de mazorca de 5.96 cm, en segundo lugar se encuentra el tratamiento T3 con 5.88cm,

en tercer lugar se encuentra el tratamiento T2 con un promedio de 5.7 cm y en último lugar tenemos al tratamiento T1 con 5.26 cm de diámetro por mazorca.

3.5. Peso de granos por mazorca en (gr)

Para este parámetro se procedió al desgranado por separado de 30 mazorcas al azar para su posterior pesaje en gramos.

Cuadro N° 27. Peso de granos por mazorca en (gr)

TRATAMIENTOS	BLOQUES					Σ	PROMEDIO (Gr)
	I	II	III	IV	V		
T1	129.12	109.47	144.11	128.07	124.28	635.05	127.01
T2	166.71	174.14	156.04	155.39	154.61	806.89	161.378
T3	170.26	189.49	191.3	158.37	147.58	857	171.4
T4	172.41	208.24	195.23	179.87	190.77	946.52	189.304
Σ	638.5	681.34	686.68	621.7	617.24	3245.46	
PROMEDIO (Gr)	159.625	170.335	171.67	155.425	154.31		

Como se puede observar en el cuadro N° 27 se puede ver que el tratamiento T4 (264 Kg N/Ha) obtuvo el primer lugar con un promedio de 189.304 gramos por mazorca, en segundo lugar se encuentra el tratamiento T3 (176 Kg N/Ha) con un promedio de 171.4 gramos por mazorca, en tercer lugar está el T2 (88 Kg N/Ha) con un peso de 161.378 gramos y en último lugar se encuentra el tratamiento testigo con 127.01 gramos por mazorca.

3.5.1. Análisis de varianza del promedio de peso de granos por mazorca

Cuadro N° 28. ANOVA para peso de granos por mazorca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					1%	5%
Total	19	13437.809				
Tratamiento	3	10291.2864	3430.429	19.9438**	5.95	3.49
Bloque	4	1082.4633	270.616	1.5733 ns	5.41	3.26
Error	12	2064.0593	172.004942			

CV = 8.08

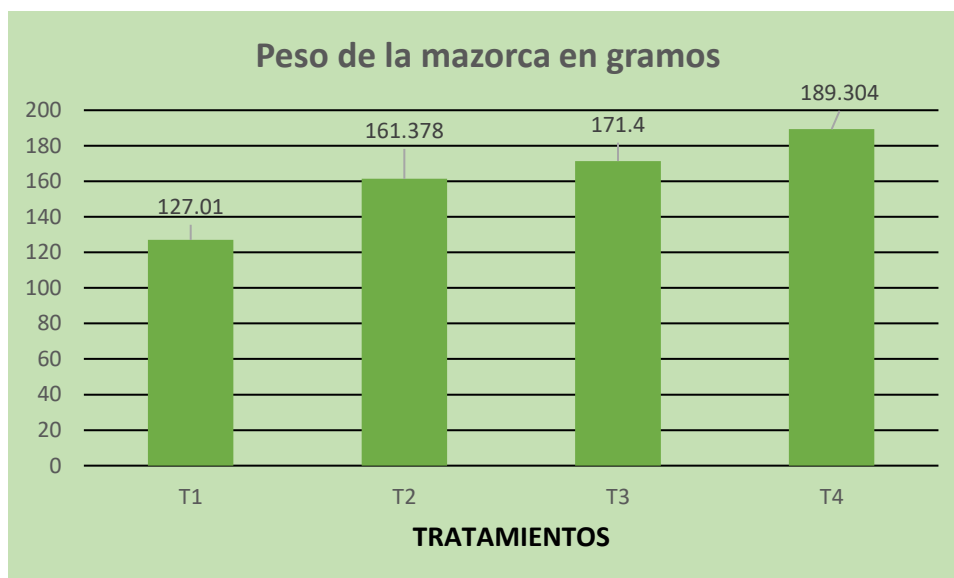
En el cuadro N° 28 se observa que hay Significación Estadística en los tratamientos, con un coeficiente de variación de 8.08% que indica precisión estadística de los resultados obtenidos en este ensayo. Para mejor interpretación de los resultados se hizo la prueba de Tukey ya que f_c es mayor que f_t al 1% y 5%.

Cuadro N° 29. Prueba de Tukey para peso de granos por mazorca.

TRATAMIENTOS	MEDIA	LETRA	Q_α	S_x	$q_\alpha * S_x$
T4	189.3	a	4.2	5.8652	24.63
T3	171.4	ab			
T2	161.38	b			
T1	127.01	c			

Luego de realizar la comparación de medias se puede observar que el tratamiento T4 obtuvo el primer lugar con una media de 189.3 gramos por mazorca en segundo lugar se encuentra el tratamiento T3 con 171.4 gramos, en tercer lugar se encuentra el tratamiento T2 con un promedio de 161.38 gramos de grano por mazorca y en último lugar se encuentra el tratamiento testigo con 127.01 gramos por mazorca.

Gráfico N° 6. Peso de granos por mazorca en (gr)



De acuerdo al grafico N° 6 podemos ver que el tratamiento T4 con una fertilización de 264 Kg N/Ha fue el que obtuvo un mejor promedio de peso de mazorca con 189.304 gr/mazorca, posteriormente está el tratamiento T3 con una fertilización de 176 Kg N/Ha. que obtuvo un peso de 171.4 gr/mazorca, seguido del tratamiento T2 con una fertilización de 88 Kg N/Ha. con un peso de 161.378 gr/mazorca y finalmente con el menor promedio encontramos al T1 sin incorporación de ningún fertilizante con un peso de 127.01 gr/mazorca.

3.6. Rendimiento por hectárea

Para la determinación de este parámetro se procedió a la cosecha para su posterior desgranado y pesado de cada parcela por separado. Obtenido esto se hizo el cálculo de área por parcela, para contrastarlo mediante una regla de tres simples con el área de una hectárea.

Cuadro N° 30. Rendimiento

TRATAMIENTO	BLOQUES					Σ	Promedio Tn/Ha
	I	II	III	IV	V		
T1	4.197	3.565	4.620	4.194	4.055	20.631	4.1262
T2	5.365	5.710	5.030	5.053	5.058	26.216	5.2432
T3	5.708	6.191	6.250	5.137	4.732	28.018	5.6036
T4	5.571	6.776	6.345	5.909	6.265	30.866	6.1732
Σ	20.841	22.242	22.245	20.293	20.110	105.731	
Promedio Tn/Ha	5.21025	5.5605	5.56125	5.07325	5.0275		

En el cuadro N° 30 nos muestra los promedios para la variable rendimiento obtenidas por cada tratamiento en la evaluación realizada donde podemos determinar cuál de los tratamientos obtuvo un mejor rendimiento. En el cual nos muestra que el tratamiento T4 obtuvo un rendimiento de 6.1732 Tn/ha, seguido del tratamiento T3 con un rendimiento de 5.6036 tn/ha, en tercer lugar se encuentra el tratamiento T2 con un rendimiento de 5.2432 Tn/ha y en último lugar se encuentra el tratamiento testigo T1 con un rendimiento de 4.1262 tn/ha.

3.6.1. Análisis de varianza del rendimiento del maíz (*Zea mays*) Var. IBTA algarrobal 108 en Tn/Ha.

Cuadro N° 31. ANOVA rendimiento (Tn/Ha)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					1%	5%
Total	19	14.682				
Tratamiento	3	11.175	3.725	18.350**	5.95	3.49
Bloque	4	1.076	0.269	1.325 ns	5.41	3.26
Error	12	2.431	0.203			

** Altamente significativa al 5% de probabilidad.

$$CV (\%) = \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{X}} \times 100$$

$$CV (\%) = 8.522$$

En el análisis estadístico presentado para la variable rendimiento con 1% y 5% de probabilidad, detalla que no existen diferencias significativas entre bloques, lo que indica que el suelo está en condiciones homogéneas, para el carácter en evaluación.

Se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos ya que f_c es mayor que f_t . Rechazamos la hipótesis nula

En el cuadro N° 31, se observa que hay Significación Estadística en los tratamientos, con un coeficiente de variación de 8.52% que indica precisión estadística de los resultados obtenidos en este ensayo. Para mejor interpretación de los resultados se hizo la prueba de Tukey que se detalla en el cuadro N° 32.

3.6.2. Prueba de Tukey

Para la prueba de Tukey se debe calcular un comparador denominado W_p y luego compararlo con la resta de las medias de los tratamientos.

$$W_p = q_\alpha * S\bar{x}$$

$$q_\alpha = \text{trat, gl error}$$

$$q_\alpha = (4, 12)$$

$$q_\alpha = 4.20$$

$$S\bar{x} = \frac{\sqrt{CMe}}{r}$$

$$S\bar{x} = \frac{\sqrt{0.203}}{5}$$

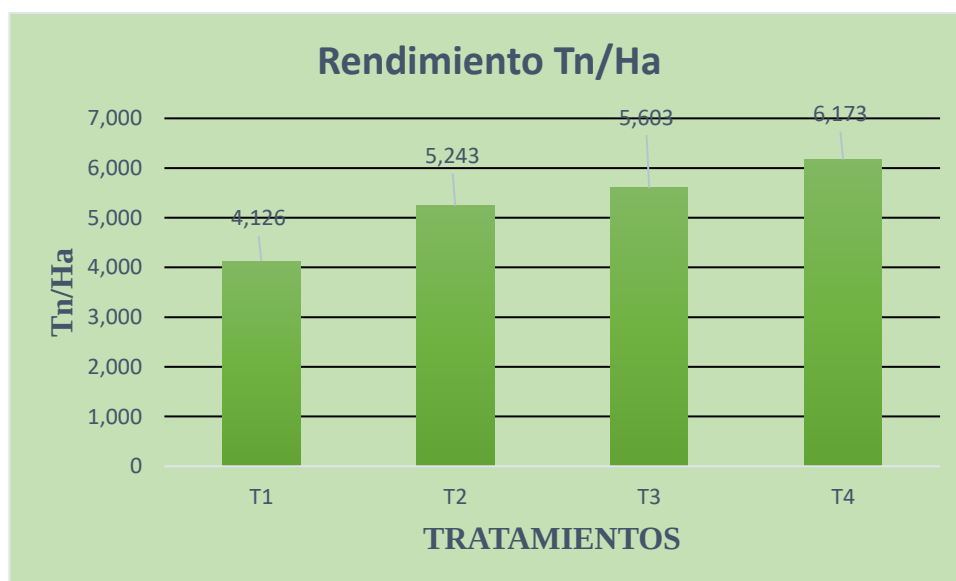
$$S\bar{x} = 0.201$$

$$W_p = 0.844$$

Cuadro N° 32. Prueba de Tukey para el rendimiento (tn/ha)

TRATAMIENTOS	MEDIA	LETRAS
T4	6.173	a
T3	5.603	ab
T2	5.243	b
T1	4.126	c

Luego de realizar la comparación de medias para la variable rendimiento se puede observar que el mejor tratamiento resulto ser el T4 con un rendimiento de 6.17Tn/Ha, donde T1 ocupo el último lugar con un rendimiento de 4.126 Tn/Ha.

Gráfico 7. Rendimiento Tn/Ha

De acuerdo al grafico N° 7 podemos ver que el tratamiento T4 con una fertilización de 264 Kg N/Ha fue el que obtuvo los mejores rendimientos con 6.173 Tn/Ha, posteriormente está el tratamiento T3 con una fertilización de 176 Kg N/Ha. que obtuvo un rendimiento de 5.6 Tn/Ha, seguido del tratamiento T2 con una fertilización de 88 Kg N/Ha. con un rendimiento de 5.2 Tn/Ha y finalmente con el menor rendimiento encontramos al T1 sin incorporación de ningún fertilizante con un rendimiento de 4.1 Tn/Ha.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Lo obtenido como resultado bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio permite establecer las siguientes conclusiones:

- Considerando el objetivo y de acuerdo a los resultados obtenidos del trabajo experimental, se concluye que el mejor efecto en la fertilización se obtuvo con el tratamiento T4 con un rendimiento de 6.1732 tn/ha.
- Se concluye que el tratamiento con menor rendimiento fue el T1 (testigo) con 4.1262 tn/ha.
- Se concluye que a pesar de que el tratamiento T4 obtuvo un mayor rendimiento, no es el más rentable económicamente para el productor ya que después de realizar un análisis de beneficio/costo es el que obtuvo una relación B/C de 1.4 menor a los demás tratamientos.
- Desde el punto de vista económico, después de realizar el análisis de costos de producción se concluye que el mejor tratamiento es el T2 con una relación B/C de 2.
- En cuanto a la altura de la planta el tratamiento T4 obtuvo un mejor promedio con 2.768 metros de altura, seguido por el tratamiento T2 con un promedio de altura de 2.766 m.
- El mejor resultado en lo que respecta a la variable longitud de mazorca, lo obtuvo el T3 (176 Kg N/Ha) con un promedio de 19.86 cm.
- El mayor promedio en lo que respecta al diámetro de la mazorca se obtuvo con el T4 (264 Kg N/Ha) con un valor de 5.96 cm.
- En cuanto al peso de granos por mazorca, el tratamiento T4 obtuvo el mejor resultado con un promedio de 189.3 gr/mazorca.

4.2. Recomendaciones

- De acuerdo a los niveles de fertilización aplicados y los resultados obtenidos del presente trabajo. Se recomienda utilizar el tratamiento T2 con una fertilización de 88 Kg N/Ha para mejorar el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays) Var. IBTA algarrobal 108. Ya que con este tratamiento se obtuvo una mayor utilidad con una relación B/C de 2.
- Se recomienda aplicar los fertilizantes en las etapas fenológicas donde la planta los requiere en mayor cantidad.
- Se recomienda continuar con la investigación de fertilización del cultivo de maíz en la comunidad de San Josecito.