

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El maíz (*Zea maíz*) es originario de América. Representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria mundial. Tanto como el arroz y el trigo son consideradas como las tres gramíneas más cultivadas del mundo

El *Zea maíz* es uno de los Cereales que ha experimentado un crecimiento rápido en la agricultura moderna, una gramínea americana cuyo cultivo es exclusivo de América especialmente en México con la llegada de los españoles en 1492 (ROGELIO OSORIO C. 2011)

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. El maíz es un cereal que se adapta a altas y diversas condiciones ecológicas y edáficas, razón que es cultivada en casi todo el mundo. (Morfología México .2016)

Comisión Europea (2000), señala al maíz como el cereal más importante, tradicional cultivado en diferentes regiones de Bolivia, presenta una fuente importante de nutrientes, tanto para el consumo humano como animal, comercial e industrial.

Acebey (2005), asegura que el maíz en Bolivia, constituye el segundo cultivo más importante desde el punto de vista de seguridad alimentaria, después de la papa, logrando alcanzar una superficie de 301.650ha, cultivado gran parte en forma tradicional, es parte casi todos los sistemas de producción agrícola, cultivándose en diferentes latitudes y altitudes.

Romero (2007), indica que por su alto valor alimenticio de carbohidratos, proteína y grasa el maíz se sitúa como materia prima para la elaboración de alimentos

balanceados, además es componente esencial en la dieta de sus habitantes, en especial de los agricultores de bajos ingresos, aportando con el 50% a 60% de energía que el ser humano precisa en su dieta diaria. La gran riqueza alimenticia de grano con 8.5 % es de proteínas, 7,2% de hidratos de carbono y 83% de sustancia seca, convierte al maíz en la base de la alimentación del hombre y muchos animales domésticos, así mismo por la diversidad- de variedades que se produce y las formas en las que se consumen: choclo, mote, tostado, sopas, mazamorras, refrescos, harinas, etc. (CARDOZO .2016).

Comisión Europea (2000), afirma que, en Bolivia, el cultivo de maíz grano amarillo representa el 60% del total de producción nacional en cereales, la producción está destinada esencialmente al mercado interno.

Según Laurelio (2000), Santa Cruz, Chuquisaca, Tarija, Cochabamba tienen la mayor producción de maíz, alcanzando el 89.19 % la que se explica en el cuadro 1 y figura 1; es cultivado esencialmente para la elaboración de alimento balanceado de los animales como ser, aves de postura, pollos de engorde, porcinos, cunicultura, etc.

Tabla 1. Superficie, rendimiento y producción de maíz en Bolivia gestiones 2010/2011 - 2011/2012

CAMPAÑA AGRICOLA 2010-2011					CAMPAÑA AGRICOLA 2011-2012			
departamento	Sup. ha	Rend Ton/ha	Produc. ton	%	Sup. Ha	Rend Ton/ha	Produc. ton	%
Santa cruz	114500	3250	372125	55,31	106100	3980	412729	58,32
Chuquisaca	69350	1620	111347	16,69	69320	1625	112645	15,92
Tarija	36720	1710	62791	9,33	36730	1720	63176	8,93
Cochabamba	37500	1410	52875	7,86	37400	1300	48620	6,87
Potosi	20200	1220	24644	3,66	20050	1140	22857	3,23
La paz	18500	1368	25308	3,76	18350	1360	24956	3,53
Beni	9000	1659	14931	2,22	9015	1670	15055	2,13
Pando	4650	1660	7719	1,15	4645	1650	7674	1,08
Oruro	45,0	0,711	32,0	0,005	40,0	0,675	74,0	0,004
Total	310465	2167	672723	100	301650	2346	707738	100

Fuente: INE 2013 y Estadísticas agropecuarias

El cultivo del maíz es uno de los más importantes del departamento de Tarija por la extensión que se le dedica y por ser uno de los productos principales de la cadena alimentaria. Además, es un producto importante como insumo alimenticio en la cría de cerdos, aves y otros animales. (Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. 2020)

La dieta del campesino se basa, en gran medida, en el consumo de maíz en modalidades como: harina, mote, choclo, chicha y otras. Se estima que el 46% de la producción es destinada a consumo y el restante 54% es comercializado.

Según la INIAF (2019), en la campaña del 2018/2019, fueron certificadas 2.787 ton, de semilla de maíz, correspondiendo el 36% a variedades y el 64% a híbridos. Las variedades con las que se está trabajando son: algarrobal 101, Algarrobal 102, Swan Saavedra, CIAT, Chiriguano 36, Ibo 128, Chaqueño 101, Tuxpeño 02, Opaco 2, cubano amarillo.

El INIAF en su informe del (2020), registró 2.254,42 ton de semilla de maíz certificada por toneladas de variedades e híbridos.

En el departamento de Tarija, la producción de maíz se practica en todos los municipios, sin embargo, tiene mayor cobertura en la provincia Gran Chaco (Villa Montes, Yacuiba, Caraparí) y el municipio de Entre Ríos.

La información recopilada de la Identificación, Mapeo y Análisis de la Cadena Productiva de Maíz indica que la participación de la producción de maíz al Producto Interno Bruto (PIB), hasta el año 2001, es de 0,7%. La participación del maíz en todo el sector agropecuario es de 5%. Dentro del sector agrícola no industrial, la producción del maíz participa del 13%. (Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. 2020)

La evolución histórica de la superficie, producción y rendimiento en el departamento de Tarija, en la década 2010 - 2020, se ilustra en el Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Evolución histórica de la Cadena de Maíz

Años	Superficie (has)	Rendimiento (tn/ha)	Producción ITM
2010-2011	41145	1683	69249
2011-2012	39742	1699	67507
2012-2013	39598	1616	63982
2013-2014	40365	1685	68000
2014-2015	40040	1751	70114
2015-2016	41700	1760	73392
2016-2017	40000	1466	58647
2017-2018	40040	1856	75000
2018-2019	41900	1881	78810
2019-2020	42027	1906	80100

Fuente: Identificación, Mapeo y Análisis de la Cadena Productiva de Maíz. 2020

Las razas de maíz se clasifican de la siguiente manera:

- Maíz dentado
- Maíz duro
- Maíz blando o amiláceo
- Maíz reventón

El desarrollo del presente aporta en la identificación de una dosis adecuada de nitrógeno en el cultivo de maíz, de manera que permita mejorar los rendimientos en cantidad y calidad de este importante cultivo. Para esto se parte de la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, el cual se realizó en base a un análisis físico químico, el requerimiento nutricional del cultivo y la variedad INIAF PIRITI de híbrido de alto rendimiento.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La principal limitante de producción de maíz en Bolivia y en Tarija, son los bajos rendimientos pues con los actuales rendimientos, el agricultor apenas alcanza a pagar los costos de producción, sin embargo, existe disponibilidad de terreno apto para el cultivo y puede incrementarse la producción considerablemente teniendo en consideración los diferentes factores que afecta de forma directa los rendimientos de este cereal. En Bolivia se tiene una agricultura convencional donde los productores no hacen un buen manejo en la fertilización, y por lo cual se ve el problema de bajos rendimientos en maíz.

Los aspectos tecnológicos que limitan el rendimiento son: el uso de variedades de polinización abierta, la falta de fertilización de los suelos y la poca disponibilidad y uso de implementos agrícolas que permitan una mayor retención de agua en el suelo las limitantes actuales.

El nitrógeno en la planta es esencial para el crecimiento ya que forma parte de cada célula viva. La planta absorbe el nitrógeno en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3) y algo en forma de urea y aminoácidos solubles por el follaje; en casos de deficiencia las plantas se tornan de un color amarillento ya que se le dificulta la síntesis de clorofila (INPOFOS, 2002).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas de producción practicados en el cultivo de maíz son muy variados y dependen mucho de la zona productiva, el tipo de productor, el acceso a elementos claves en la producción, la tradición y la superficie cultivada, entre otros aspectos. Se han identificado cuatro sistemas con características propias. El sistema manual es el más utilizado; está presente en todas las zonas productoras de maíz y es practicado por pequeños productores; el sistema con tracción animal es propio de las zonas que presentan altura, como por ejemplo los valles, y es una variante del sistema manual; el sistema mecanizado se emplea en lugares bajos y donde se cultivan superficies de terreno mayores a las dos hectáreas. Por último, el sistema combinado, utilizado por

los campesinos que intentan cambiar del sistema manual al mecanizado, pero que, por sus limitaciones, deben combinar actividades de ambos sistemas. Se ha registrado este sistema en todas las zonas productoras de maíz en el país. El trabajo en estos tres últimos sistemas es similar al realizado en otros cultivos de carácter extensivo, donde se evidencian serias limitaciones por la carencia de recursos y otros elementos de producción en los estratos de pequeños productores.

Uno de los problemas en la actualidad es la erosión de los suelos y la baja fertilidad del mismo, causada por la extracción de nutrientes por parte de los cultivos en ciclos continuos de siembra, al no reponer los elementos extraídos, lo que hace pertinente la aplicación de fertilizantes, especialmente nitrógeno que es uno de los elementos que más consume el cultivo de maíz (Íñiguez, 2007).

La nutrición es la práctica agronómica a la cual responde más el cultivo de maíz, es indispensable para la productividad, y, por ende, en la economía y seguridad alimentaria de la población. Esta gramínea ha tenido problemas de productividad que se atribuyen a la pérdida de fertilidad del suelo, al uso de variedades de baja producción y prácticas productivas que degradan el suelo y contaminan el ambiente (García y Espinosa, 2009). Sin embargo, los rendimientos se pueden incrementar con un mejor manejo de la nutrición (Melgar et al., 2001).

El rendimiento del maíz depende de las variedades seleccionadas, la producción continuada se ve afectada por la alta extracción de macro y micro nutrientes indispensables para el maíz, por ello el uso de fertilizantes específicos, es una alternativa inmediata, económica, social y ambiental para mejorar de los rendimientos del cultivo.

El nitrógeno (N) en la planta es quizá el nutriente más importante en los agroecosistemas, dada su participación en múltiples reacciones bioquímicas implicadas fisiológicamente en el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos (Rao, 2009). Sin embargo, los suelos aptos para la agricultura, presentan severa deficiencia de N disponible y baja fertilidad natural (Sánchez y Logan, 1992; Giller, 2001) y al momento

de suplirlo vía insumos inorgánicos, es el más costoso, lo cual disminuye la relación beneficio/costo del agroecosistema, tornándolo insostenible para los agricultores.

Generar alternativas tecnológicas sobre nutrición en el cultivo de maíz para mejorar la productividad y rentabilidad del mismo, es un aspecto importante y que abarca el presente estudio.

Actualmente, la agricultura se encamina a la producción comercial. La fertilidad del suelo en la agricultura moderna es parte de un sistema dinámico. Los nutrientes son continuamente exportados en los productos vegetales y animales que salen de la finca, también los nutrientes se pierden por lixiviación y erosión, otros son retenidos por ciertas arcillas o inmovilizados por la materia orgánica y sus organismos (INPOFOS, 2002).

En este sentido, en el área de estudio se identifica como principal problema la mala práctica en la fertilización, de los diferentes cultivos, los agricultores fertilizan los cultivos sin ninguna dosificación en específico, agregan los fertilizantes al azar, lo que influye directamente en los rendimientos de los mismos y en los costos de producción.

JUSTIFICACIÓN

En los sistemas de producción agrícola continuos sobre suelos con distinto grado de degradación química, como los que caracterizan a los suelos de Bolivia y en especial de Tarija, la fertilización es una práctica clave para alcanzar el rendimiento en grano y la calidad objetivo del cultivo de maíz. Las recomendaciones de fertilización para el cultivo maíz normalmente han sido construidas utilizando como referencia el rendimiento sin tener en cuenta los atributos de calidad del grano. Este enfoque es útil cuando se produce maíz, no obstante, cuando el producto tiene una calidad diferenciada y su comercialización es hacia el exterior, las recomendaciones de fertilización deberían contemplar simultáneamente el impacto sobre la calidad, ya que es este atributo el que determinará el logro del precio estimado por el agricultor. (Melgar y Torres Duggan, 2004).

En el contexto actual de la producción de maíz, diagnosticar correctamente el estado nutricional del cultivo es condición necesaria para mejorar la eficiencia de utilización de los recursos e insumos involucrados en el sistema productivo. Así, el concepto central del Manejo Responsable de Nutrientes es realizar, para cada situación específica, un diagnóstico nutricional que permita la aplicación de la "fuente" correcta de nutrientes, en la "dosis" correcta, en el "momento" correcto, y en la "forma" correcta. Estos cuatro "requisitos", son necesarios para un manejo responsable de la nutrición, que contribuya de manera sostenible a la productividad del cultivo. (Echeverría. Et-al 2001)

De todos los nutrientes esenciales el nitrógeno (N) es el que tiene mayor impacto en el crecimiento del cultivo de maíz en casi todos los sistemas de producción. Su adecuado suministro es necesario para mantener la capacidad fotosintética del cultivo y la acumulación de biomasa durante el ciclo (Sinclair et al., 1989). La concentración de este nutriente en los suelos no es la suficiente para explorar los rendimientos potenciales que exigen las áreas productivas actuales. La fertilización nitrogenada resulta una práctica común entre los productores que desean alcanzar altos rendimientos. (Roberts y Henry, 2000).

En el cultivo de maíz, la respuesta en rendimiento a la dosis de N utilizada presenta una curva tipo cuadrática con un umbral que puede variar según el potencial de rendimiento que otorgue el ambiente, el tipo de suelo, y las prácticas culturales que realice el productor.

En los últimos años el mejoramiento y las prácticas agronómicas han contribuido a la obtención de elevadas producciones en el cultivo de maíz. La fertilización nitrogenada (N) es una práctica habitual ya que este nutriente influye sobre el crecimiento, el rendimiento del cultivo y según Governatori y Uhart (1997) también incide significativamente en la calidad de los granos de maíz. El maíz requiere alrededor de 20 a 22 kg de N por tonelada de grano producida, para maximizar los rendimientos del cultivo, la oferta del suelo debería ser del orden de los 140 a 150 kg N/ha. (Melgar y Torres Duggan, 2004).

Las aplicaciones de fertilizantes, ya sean sintéticos u orgánicos, influyen directamente en la dinámica nutricional del suelo. La dinámica del nitrógeno a su vez está regida de forma importante por la influencia de los microorganismos del suelo, dado que todos los procesos que derivan en la mineralización de ese nutriente en dicho medio son llevados a cabo por procesos enzimáticos microbianos (Tisdale y Nelson, 1991).

En el presente trabajo se evalúa la producción (rendimiento) de maíz en kg/ha con diferentes niveles de fertilización nitrogenada (urea) en la variedad INIAF PIRITI, variedad híbrida de altos rendimientos, este trabajo se desarrolló en el Centro de Innovación Agropecuaria y Forestal de Chaguaya.

Después de varios análisis y estudios científicos, se ha logrado producir maíces de alto rendimiento mediante el desarrollo de híbridos simples y variedades mejoradas, a través del Proyecto Nacional de Maíz dependiente del INIAF; la variedad INIAF PIRITI, fue validada y liberada a nivel Nacional representando la máxima expresión en vigor y rendimiento frente a variedades comerciales e híbridos transnacionales, con adaptación a condiciones agroclimáticas de las regiones maiceras del país como el Chaco, Trópico y Valle Meso térmico. Trabajo que se ha venido realizando en favor de medianos y pequeños agricultores con menores recursos, así como para su uso en zonas de producción con mayores limitaciones agroecológicas para la producción de maíz, (INIAF.CHACO 2015.)

De acuerdo al rendimiento en campo la variedad INIAF PIRITI tiene un rendimiento de 4 toneladas por ha, bajo un sistema de siembra convencional, donde el productor no realiza el análisis de suelo, que le permita incorporar el requerimiento nutricional adecuado exigido por el cultivo, es por eso que a través de la fertilización nitrogenada se pretende establecer la dosis más adecuada, para recomendar al productor y lograr mejorar el rendimiento del cultivo del maíz.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de rendimiento en grano del cultivo del maíz (*Zea mays*) variedad INIAF PIRITI, con seis niveles de fertilización nitrogenada, en la comunidad de Chaguaya, de manera que permita mejorar la productividad y rentabilidad del mismo.

Objetivos específicos

- Determinar la dosis óptima de nitrógeno, (Urea) como fuente de nitrógeno, considerando el requerimiento base del cultivo de maíz y la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.
- Evaluar el comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de maíz variedad INIAF – PIRITI, con la aplicación de seis dosis de nitrógeno, usando la urea como fuente de nitrógeno.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos, (relación beneficio y costo) de manera que permita establecer la mejor alternativa económica en la producción del maíz variedad INIAF – PIRITI

- **HIPÓTESIS.**

Los estudios de los niveles de fertilización nitrogenada, presentan respuestas diferentes en el comportamiento agronómico y el rendimiento del cultivo de maíz, porque a medida que se aplique al cultivo una fuente de nitrógeno como la urea, la variedad híbrida INIAF - PIRITI tendrán efectos diferentes en cuanto al comportamiento agronómico y de rendimiento.

H₀: No existen diferencias significativas en el comportamiento y en el rendimiento, del maíz variedad INIAF – PIRITI, con la aplicación de los seis niveles de fertilización nitrogenada.

H₁: Existen diferencias significativas en el comportamiento y en el rendimiento, del maíz variedad INIAF – PIRITI, con la aplicación de los seis niveles de fertilización nitrogenada, mejorándose la productividad a 6 ton/ha de maíz

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ORIGEN DEL CULTIVO DE MAIZ

El maíz (*Zea Mays*) es una planta gramínea anual, originaria de México, introducida en Europa durante el siglo XVI, después de la invasión española. Actualmente es el cereal de mayor producción en el mundo, por encima del trigo y el arroz. (CARDOZA BENITEZ C.G.2012)

Su nombre científico proviene del griego *Zea*, que significa vivir y de la palabra *Mays*, palabra que los nativos del Caribe, llamados Taínos, utilizaban para nombrar al grano. El maíz es llamado de diferentes maneras, dependiendo del país y de la cultura. En América es conocido como elote, choclo, jojoto, Sara o zara. En las diferentes regiones de España es llamado danza, millo, mijo, panizo, borona u oroña. (OSORIO C. 2011)

El lugar de origen del maíz se ubica en el Municipio de Coxcatlán, en el Valle de Tehuacán, Estado de Puebla, en el centro de México. Este valle se caracteriza por la sequedad de su clima, con un promedio anual de lluvia muy reducido; alberga principalmente especies vegetales y animales propias de tierra caliente y seca. La región cuenta con numerosos endemismos, lo que la convierte un territorio “único”. (CARDOZA BENITEZ C.G.2012)

El antropólogo estadounidense Richard Stockton, encontró restos arqueológicos de plantas de maíz, que se estima de hace aproximadamente ocho milenios. Indicios de los procesos que llevaron al pueblo nativo de este valle a dominar el cultivo de este cereal, que hoy en día es de vital importancia para el mundo, han sido encontrados en la cueva de Coxcatlán, Ajalpan y otros sitios de la zona. Esto fue posible gracias a las condiciones tan secas del clima de Tehuacán, que impidieron la descomposición de los xilotes (maíz tierno) de los primeros maíces cultivados en la zona. (internet 2018. el maíz su origen e historia y expansión). (Paliwal et al., 2001).

Considerando que en esta zona estuvo el centro de la civilización Azteca, es lógico concluir que el maíz fue un logro de esta cultura y fue parte importante de su alimentación y de su cultura. En las galerías de algunas pirámides, es posible observar pinturas, grabados y esculturas que representan al maíz.

Sus avances en el sistema de medición del tiempo, permitieron a las civilizaciones prehispánicas conseguir importantes logros en la agricultura. Logros que benefician hoy en día, prácticamente, a toda la humanidad. (Badillo. 2016)

Hasta antes de la invasión española, el maíz se distribuyó, desde su lugar de origen a lo largo de casi todo el continente americano, llegando en el norte hasta los territorios de lo que hoy en día es, Canadá, y hasta el sur de lo que hoy es conocido como Chile, pasando por América Central. Este llegó al Caribe por la costa del Atlántico y se expandió hasta Brasil y Argentina, por medio de los “maíces Flint” y mazorcas amarillas, anaranjadas y coloradas, en el siglo XVII. Estas migraciones del cereal permitieron desarrollar nuevas formas que dieron origen a una gran variedad de maíces; en la actualidad existen más de 300 tipos. El desarrollo de distintos tipos de maíz, fue paralelo al desarrollo de las civilizaciones indígenas, se piensa que los invasores españoles y europeos que vinieron a América, no tuvieron influencia en él. Los dentados del sur de México y América central están asociados a la cultura Maya, mientras que los maíces cónicos de la parte central de México, lo están con la civilización Azteca. (Badillo. 2016)

La alimentación es el principal uso que se le da al maíz. Su versatilidad en la cocina lo hace ingrediente esencial en platillos de todo tipo. Muy variados son los usos de la harina de maíz, que puede emplearse sola o como ingrediente en recetas. El aceite de maíz es uno de los más económicos. Para mucha gente en Latinoamérica, los productos a base de maíz sustituyen al pan de trigo.

El maíz es una de las bases de la cocina mexicanas y de muchas culturas centroamericanas. Su presencia en los platillos mexicanos se traduce en una larga lista, en donde funge ya sea como ingrediente principal o secundario.

Entre sus usos más populares a nivel mundial, se encuentran las hojuelas para el desayuno, y las palomitas de maíz. (Badillo. 2016)

1.2 TAXONOMÍA

Según Terán (2008), la clasificación botánica del maíz es:

Reino: Vegetal

Phylum: Telemophytae

División: Tracheophytae

Sub división: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub clase: Monocotyledoneae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Sub Familia: Panicoideae

Tribu: Maydeae

Nombre científico: *Zea mays* L.

Nombre común: Maíz morochillo, maíz duro amarillo.

1.3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual

La estructura de la planta está constituida por una raíz fibrosa y un tallo erecto de diversos tamaños de acuerdo al cultivo con hojas lanceoladas dispuestos y encajados en el tallo es una panoja que contiene la flor masculina, ya que la femenina se encuentra a un nivel inferior y es la que da origen a la mazorca. La planta puede alcanzar una altura de 2,50- 3 mts, según el cultivo y las condiciones de explotación. (Valladares. 2010).

1.3.1. Sistema Radicular

El maíz presenta 4 tipos de raíz que se describen a continuación:

1.3.1.1 Raíz seminal o principal: Tiene de 1- 4 raíces que pronto dejan de funcionar y que se originan en el embrión. La planta se alimenta de la semilla las primeras dos semanas después de la germinación (Valladares, 2010).

1.3.1.2 Raíces adventicias: Casi la totalidad del sistema radicular son de este tipo, las que pueden alcanzar hasta 2 metros de profundidad, dependiendo de las reservas de humedad de los suelos (Valladares, 2010).

1.3.1.3 Raíces de sostén o soporte: Que se originan en los nudos basales, favoreciendo una mayor estabilidad de la planta y forman parte en el proceso fotosintético (Valladares, 2010).

1.3.1.4 Raíces aéreas: Las cuales no alcanzan el suelo (Valladares, 2010).

1.3.2 Tallo.

Es erecto, de estructura carnosa formado por nudos, se convierte en el eje central del sostén de la planta en donde se adhieren las hojas en posición alterna. La consistencia interior es carnosa, filamentosa y con mucho contenido de agua.

El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares. (Zulia 2011).

Puede tener varios o ningún brote, pero la producción de mazorcas tiene lugar sobre todo en el tallo principal leñoso y cilíndrico, longitudinalmente compuesto de nudos y entrenudos, los cuales varían de 8-25 con un promedio de 14, exponiendo una hoja en cada nudo y una yema en la base de cada entrenudo. (Valladares, 2010).

Comparando el maíz tropical con el de zonas templadas se observa que en el primero hay un mayor porte de los tallos y una mayor frondosidad de la planta, además de poseer una diferente orientación de las hojas (Sánchez, 2014). Por otro lado, el maíz

tropical suele tener un solo tallo principal además de una menor productividad que el maíz de la zona templada (Sánchez, 2014).

1.3.3. Hojas

Son largas y anchas y los bordes generalmente lisos. Es una vaina foliar (lígula) pronunciada, cilíndrica en su parte inferior y que sirve de cubierta de los entrenudos del tallo, abrazándolo (aurículas), pero con los extremos desnudos (Valladares, 2010). Su color usual es verde, pero se pueden hallar rayadas en blanco y verde o verde y púrpura, presentándose en igual cantidad que los entrenudos. (Valladares, 2010).

Su longitud es de 40-45 cm y 6-8 cm de anchura. El número es constante para cada variedad. La planta tiene de 4 a 5 hojas embrionarias que van protegidas hasta que salen a la superficie por el coleoptilo, que se rompe saliendo la primera hoja. (ANTONIO B. PAVÓN .C).

1.3.4 Inflorescencia.

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina (espiga) y femenina (Mazorca) separada dentro de la misma planta. De las yemas localizadas en la base de los entrenudos se desarrollan en el tallo, de 1-3 mazorcas (elotes), que contienen los ovarios que, a su vez, se convertirán en granos después de la polinización (Valladares, 2010). Cada ovario tiene un largo estilo (pelo, cabello o barba), que sobresale de las hojas modificadas (tuza o espatas), que forman las hojas que recubren la mazorca; el polen que cae

1.3.4.1 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. (Valladares, 2010).

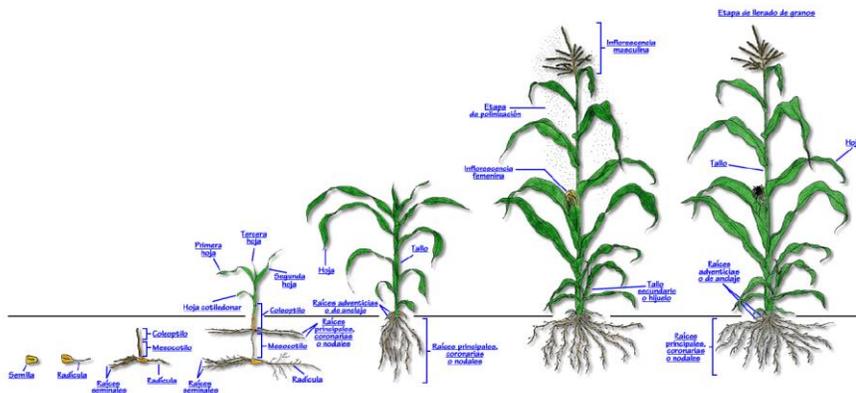
1.3.4.2 Inflorescencia femenina

La inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral. La inflorescencia femenina corresponde a una espiga; su eje, que es grueso y de forma cilíndrica, se conoce con el nombre de "coronta". La espiga, por su parte, se presenta cubierta por brácteas u hojas envolventes denominadas comúnmente "chalas". La espiga, conjuntamente con las brácteas. (Valladares, 2010).

La inflorescencia femenina está conformada por espiguillas, las cuales se ubican en forma individual en cada una de las cavidades de la coronta; cada espiguilla, a su vez, contiene dos flores, de las cuales solo una logra emitir su estilo; la otra flor aborta, originándose, por lo tanto, solo un grano por cavidad.

Cada flor funcional tiene un ovario simple, el cual genera un estilo que se elonga y emerge a través de las brácteas en el extremo superior de la mazorca. Los estilos originados por cada flor femenina, conforman una característica cabellera en cada mazorca (Valladares, 2010)

Figura 2: Morfología raíz, tallo, hoja y sistema floral del Maíz.



Fuente: (Valladares, 2010).

1.3.5 El grano

El grano se dispone en hileras longitudinales y hay varios cientos en una mazorca. El grano se inserta a la mazorca por el pedúnculo de la flor.

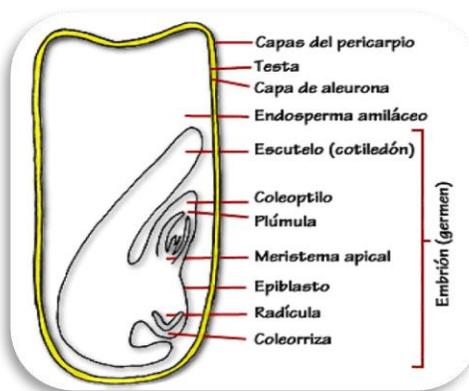
El grano posee un número de líneas por mazorca de 10 a 22. Un número por línea de 18 a 42. El color del grano de maíz es muy variado pero el más común es amarillo, al igual que su forma que puede ser prismática, ovoidal, lisa, picuda... el grano está formado por las siguientes partes:

a) pericarpio: protege la semilla antes y después de ser sembrada impidiendo la entrada de hongos. La lesión en la cubierta puede inutilizar la semilla

b) endospermo amiláceo: es la reserva alimenticia del grano, está compuesto por un 90% de almidón, 7% de proteína y el resto son aceites minerales. La función principal consiste en proporcionar alimento energético a la planta joven hasta que sus raíces estén bien desarrolladas y las hojas puedan elaborar sustancias energéticas en cantidad suficientes para satisfacer sus necesidades, en el endospermo, las proteínas conforman una matriz córnea en cuyo interior se hallan los gránulos de almidón.

c) embrión: está formado por el eje embrionario y por el escutelo. El eje embrionario está formado por la plúmula (esbozo de 4-5 hojas) y radícula. El escutelo corresponde al (Blog spot.2009).

figura 2. El grano de maíz



Fuente: (Paliwal et al., 2001)

1.4 MECANISMO FOTOSINTÉTICO

El maíz es una planta C4 típica ya que tiene anatomía foliar imprescindible para la operación de este mecanismo como en la presencia de dos compartimientos celares definido en la estructura anatómica de la hoja: un mesófilo radial y una vaina vascular rica en cloroplastos, (especialmente cloroplastos) que rodean el haz vascular; esta anatomía es conocida como tipo Kranz; el mecanismo C4 le confiere a la planta como el maíz una mayor eficiencia en fijación del CO₂, debido a la fijación de CO₂ endógeno. En las plantas C4 no se detecta la fotorespiración. (Dorembos y Kassam 1979).

1.5 EXIGENCIA DE CLIMA

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C, el maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requiere temperaturas de 20 a 32°C. (Blogspot. Com/ 2009).

El cultivo de maíz está adaptado a regiones tropicales, subtropicales y templadas (Doorenbos y Kassam, 1979; citado por Ruiz et al., 2013). La altitud a la cual el maíz puede desarrollarse va de 0 a 3,300 msnm (Ruiz et al., 2013); sin embargo, en altitudes mayores a 3,000 msnm disminuyen los rendimientos del maíz, se obtienen buenos rendimientos en alturas de 0 a 2500 msnm (Santacruz y Santacruz, 2007; citados por Ruiz et al., 2013).

Requiere mucha insolación, por ello no son aptas las regiones con nubosidad alta, necesita abundante insolación para máximos rendimientos; la intensidad óptima de luz está entre 32.3 y 86.1 klux (Baradas, 1994; citado por Ruiz et al., 2013).

1.5.1. Temperatura

El maíz es una planta cuyo potencial de rendimiento es bajo en los ambientes tropicales típicos, con altas temperaturas diurnas y nocturnas. Su potencial de rendimiento se expresa mejor en ambientes templados y subtropicales con altas temperaturas diurnas

y noches frescas (FAO, 2000; citado por Ruiz et al., 2013). La temperatura óptima para la germinación está entre 18 y 21°C; por debajo de 13°C se reduce significativamente y de 10°C hacia abajo no se presenta germinación (Purseglove, 1985; citado por Ruiz et al., 2013). La mayoría de los procesos de crecimiento y desarrollo en maíz están fuertemente influidos por temperaturas entre 10 y 28°C (Warrington y Kanemasu, 1983; citados por Ruiz et al., 2013). El desarrollo es de 10 a 38°C, dependiendo de las variedades; la media debe ser superior a 20°C, con un óptimo para fotosíntesis entre 25 y 35°C (Ruiz et al., 2013). Prefiere noches relativamente frescas, pero con temperaturas mayores a 16°C (Ruiz et al., 2013). Presenta termoperiodismo, temperaturas medias superiores a los 26.5°C reducen los rendimientos unitarios (Ruiz et al., 2013).

1.5.2 Precipitación

De la siembra a la madurez el maíz requiere de 500 a 800 mm de precipitación pluvial (es por eso que para el cultivo de maíz se prefieren regiones donde la precipitación anual va de 700 a 1100 mm.), dependiendo de la variedad y del clima (Ruiz et al., 2013). Cuando las condiciones de evaporación corresponden a 5-6 mm/día, el agotamiento del agua del suelo hasta un 55% del agua disponible, tiene un efecto pequeño sobre el rendimiento. Para estimular un desarrollo rápido y profundo de las raíces puede ser ventajoso un agotamiento algo mayor del agua durante los periodos iniciales de desarrollo (Ruiz et al., 2013).

Son periodos críticos por necesidad de agua la germinación, primeras tres semanas de desarrollo y el periodo comprendido entre 15 días antes hasta 30 días después de la floración (Ruiz et al., 2013). Hay una estrecha correlación entre la lluvia que cae en los 10-25 días luego de la floración y el rendimiento final, aunque un exceso de lluvias puede volverse perjudicial (Ruiz et al., 2013). Se ha encontrado que, si hay un estrés por falta de agua, la baja en el rendimiento final puede ser de 6 a 13% por día en el periodo alrededor de la floración y de 3 a 4% por día en los otros periodos (Ruiz et al., 2013). El periodo más crítico por requerimiento hídrico es el que abarca 30 días antes de la polinización, ahí se requieren de 100 a 125 mm de lluvia (Ruiz et al., 2013). Con menos de esta humedad y con altas temperaturas se presenta asincronía floral y pérdida

parcial o total de la viabilidad del polen; desde los 30 días después de la floración, o cuando la hoja de la mazorca se seca, el cultivo no debería recibir más agua (Ruiz et al., 2013).

1.5.3. Riegos

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y a gravedad.

El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión.

Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración.

Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permitan una eficaz polinización y cuajado.

Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada (Freddy 2016).

1.6 REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

El cultivo de maíz, prefiere suelos franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos (Benacchio, 1982; citado por Ruiz et al., 2013). Prospera en suelos de textura ligera a media (FAO, 1994; citado por Ruiz et al., 2013). Requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Doorenbos y Kassam, 1979; citados por Ruiz et al., 2013). Suelos inundados por más de 36 horas suelen dañar a las plantas y su rendimiento final (Baradas, 1994; citado por Ruiz et al., 2013).

1.6.1 Drenaje

Requiere buen drenaje ya que no tolera encharcamiento, suelos inundados por más de 36 horas suelen dañar a la planta y su rendimiento final (Baradas 1994).

1.6.2 pH

El rango de pH para el desarrollo del cultivo de maíz va de 5.0 a 8.0, siendo el óptimo 5.5 y 7.5 (Ruiz et al., 2013)

Aunque es muy sensible a la acidez, especialmente con la presencia de iones de aluminio (Montaldo, 1982; citado por Ruiz et al., 2013).

Este cultivo se considera moderadamente sensible a la salinidad (Ruiz et al., 2013). La disminución del rendimiento como consecuencia del aumento de la salinidad del suelo es la siguiente: 0% para una conductividad eléctrica de 1.7 dS m⁻¹, 10% para 2.5 dS m⁻¹, 25% para 3.8 dS m⁻¹; 50% para 5.9 dS m⁻¹ y 100% para 10 dS m⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979, Ayers y Westcot, 1985; citados por Ruiz et al., 2013).

1.6.3 Salinidad

Tolera la salinidad siempre y cuando esta no sea mayor a 7 mmhos/cm; este cultivo se considera moderadamente a la salinidad (Benacho 1984).

1.6.4 Profundidad del suelo

En suelos profundos las raíces pueden llegar a una profundidad de 2 m, el sistema muy ramificado se sitúa en la capa superior de 0.8 a 1m, produciendo el 80% de absorción del agua del suelo; dentro de esta misma capa normalmente el 100% del agua se absorbe de la primera capa de una profundidad de uno a 1,7m (Doorenbos y kassam).

1.7 MANEJO DEL CULTIVO

1.7.1 Labores culturales

1.7.1.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada 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.

También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40cm; en las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros). (INFOAGRO 2012).

1.7.1.2 Siembra

Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades virosis y plagas.

Se efectúa la siembra cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12°C. Se siembra a una profundidad de 5cm. la siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm. la siembra se realiza por el mes de abril (Yáñez 2005).

1.7.1.3 Aporque

El aporque tiene el objeto de favorecer el desarrollo del sistema radicular adventicio, mejora el anclaje evitando de esta manera el encamado (Yáñez 2005).

1.7.1.4 control de malezas

Las malezas pueden ser controladas con el método cultural, que consiste en la rotación de cultivos, el arado y la utilización de semilla certificada, libre de semilla de mala hierba, también se puede realizar el control de malezas con el método químico. (Infoagro, 2012).

1.7.1.5 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 ir dejando una sola planta por golpe, eliminando las restantes. (Infoagro, 2012).

1.7.1.6 Deshierbe

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

1.7.1.7 Fertilización

El maíz necesita para su desarrollo ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso, el abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual.

Según FAO (2001), el maíz produce 4.0tn/ha de grano, requiere alrededor de 150 Kg/ha nitrógeno (N), 180 Kg/ha de fósforo (P) y 668 Kg/ha de potasio (K) por ciclo de producción, el pH dentro del cultivo de maíz puede variar entre 5.5 y 8.0 siendo óptimo entre 6.0 - 7.0.

Fotoperíodo, el maíz es una especie de fotoperíodo corto, aun cuando algunos autores lo consideran de fotoperíodo neutro o insensible; esto puede ser explicable si se considera la gran variación genética de la especie, el suelo de textura media de buena fertilidad, con un contenido de materia orgánica mayor 2% y contenido de fósforo mayor 6 ppm. Este cultivo no tolera suelos encharcados por lo que se debe evitar el cultivo en terrenos bajos y terrenos compactados.

Delgadillo (1993), señala que la extracción media que se calcula de elementos nutritivos de N.P.K., en el maíz es por toneladas métricas de 26 kg de N, 11 kg de P_2O_5 y 23 kg de K_2O .

Torrez (2000), indica que el maíz requiere alrededor de 20 -25 kg/ha de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida, por ello para producir por ejemplo 10.000 kg/ha de grano, el cultivo debería disponer de alrededor 200-250 kg de N. esta cantidad es la demanda de nitrógeno para este nivel de rendimiento, la oferta de nitrógeno para cubrir las necesidades nitrogenadas proviene de varios componentes.

1. Nitrógeno de nitratos disponible a la siembra ($N-NO_3^-$ disponibles de 0 - 60 cm), de profundidad.
2. Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica humificada esta cantidad de nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo varía según temperatura, humedad y tipo de suelo.

3. Nitrógeno del fertilizante en el caso de que el nitrógeno inicial medido por análisis de suelos a la siembra (nitratos) y el nitrógeno mineralizado desde la materia orgánica humificada sean inferiores al requerido por el cultivo, se deberá fertilizar la diferencia para mantener el balance en equilibrio (oferta de nitrógeno = demanda de nitrógeno).

1.7.2 Requerimientos nutricionales del cultivo del maíz

Según Ortas (2008), el cultivo de maíz necesita suelos estructurados, fértiles y profundos que permitan un correcto desarrollo de las raíces y que permitan el aprovechamiento óptimo de los nutrientes del suelo.

De acuerdo a Manrique (1997), el nitrógeno y el fósforo son los macronutrientes a los que más se les tiene que tener en cuenta dado que son los principales aportantes para lograr rendimientos óptimos de forraje y grano en el maíz. La dosis recomendada para suelos normales es de 160 - 80 - 30 kg/hectárea. El elemento nitrógeno es crítico para cuando la planta llega al estadio de desarrollo vegetativo dado que estimula el crecimiento de follaje y el fósforo es crucial en la etapa de llenado de grano.

En general podemos decir que las extracciones del cultivo de maíz por Ton de cosecha son:

- Nitrógeno: 28-30 kg de N.
- Fósforo: 10-12 kg de P₂O₅.
- Potasio: 23-25 kg de K₂O.

(Antonio Tarazona)

Si el análisis de suelo indica por una parte deficiencia de nitrógeno y materia orgánica, se debe agregar el nitrógeno en dos formas de fertilizantes: urea y sulfato de amonio. De igual manera, si el análisis manifiesta deficiencias en fósforo y potasio, estos elementos deben incorporarse en forma de superfosfato y muriato de potasio. De una manera general y atendiendo a la manera de absorción y el desdoblamiento de los elementos N, P y K, se recomienda que el fertilizante que contiene el nitrógeno debe aplicarse fraccionado (50 % a la siembra y el resto entre los 35 a 45 días del cultivo).

Los fertilizantes que contienen fósforo y potasio se deben incorporar al suelo previo a la siembra (Orozco, 2010).

Tabla 3. Requerimientos promedios nutricionales para híbridos de alto rendimiento.

Análisis de suelo	N	P₂O₅	K₂O
Bajo	160	60	120
Medio	80	40	60
alto	40	0	30

Fuente: Calero (2006)

El mismo autor nos dice que el maíz es un cultivo con altas demandas nutricionales. Entre los elementos del suelo que se utiliza en mayores cantidades cabe mencionar el nitrógeno, seguido del potasio y el fósforo. Estos nutrimentos forman parte de numerosos fertilizantes químicos, ya sea en forma individual o combinados en fórmulas.

Tabla 4. Dosis de nutrientes absorbidos en el cultivo de maíz, para cosecha de 9.5 toneladas/ha de grano.

nutrientes puros extraídos kg/ha

N	P₂O₅	K₂O
191	89	235

Fuente: Netafim - Latinoamérica.

Tabla 5. Recomendación para fertilización en el cultivo de maíz para grano.**Kg de nutrientes puros por hectárea**

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
120-180	45-80	30-80

Fuente: Netafim - Latinoamérica.

1.7.3. El Nitrógeno (N)

El maíz requiere alrededor de 20 a 25 kg/ha de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida. Por ello, para producir, por ejemplo 10 t/ha de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 200 a 250 kg de N/ha absorbidos por el cultivo. Esta cantidad sería la demanda de nitrógeno para este nivel de rendimiento.

La oferta del lote (nitrógeno en el suelo + N del fertilizante) debería satisfacer esa necesidad para mantener el sistema en equilibrio nutricional. Esta aproximación es lo que se conoce como criterio o modelo de balance. Sin embargo, la diferencias entre las cantidades de N en el suelo y las absorbidas por el cultivo son determinadas por las llamadas eficiencias de absorción, que varían según se considere al N presente en el suelo a la siembra, al N mineralizado durante el cultivo y al N aportado como fertilizantes (Melgar y Torres, s.f.).

El nitrógeno se encuentra en forma libre como componente del aire; en forma orgánica, constituyendo la formación de tejidos y órganos vegetales, animales, desechos y en forma mineral como compuestos simples que se caracterizan por su solubilidad mayor o menor según los distintos medios (Rodríguez, 2001).

El nitrógeno en la planta es esencial para el crecimiento ya que forma parte de cada célula viva. La planta absorbe el nitrógeno en forma de iones amonio (NH₄⁺) o nitrato (NO₃⁻) y algo en forma de urea y aminoácidos solubles por el follaje. En casos de deficiencia, las plantas se tornan de un color amarillento ya que se le dificulta la síntesis de clorofila (INPOFOS, 2002).

El nitrógeno (N) es uno de los principales nutrimentos vegetales, favorece un crecimiento rápido de tallos y hojas, asegura el color verde oscuro y aumenta la producción. Aumenta el contenido proteico ya que forma parte de los aminoácidos y por ende de la estructura de las proteínas en los cultivos (16 a 18 %). Su deficiencia provoca un crecimiento lento y puede retardar la formación de granos y frutos (SAGARPA, s.f.).

Calero (2006) indica que los rendimientos de una plantación de maíz están en función de los nutrientes disponibles en el suelo, especialmente del que se encuentra en menor cantidad y del potencial de producción de la variedad o híbrido que se siembra en una determinada zona.

En una producción de 6.000 kg/ha de grano, el cultivo extrae del suelo 156 kg de nitrógeno, 32 kg de fósforo y de potasio. De ahí la importancia de conocer de qué cantidad de nutrientes dispone el suelo, para lo cual es necesario realizar un análisis de suelo y en base a este planificar qué clase de fertilizante y las cantidades a incorporar previo a la siembra y durante el desarrollo del cultivo.

1.7.4 Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz

Blacut (1997), menciona que el nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento del maíz, este macro nutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta, su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de nitrógeno se evidencian por clorosis (amarillamiento) de las hojas más viejas.

Romero (2007), menciona que el nitrógeno es un nutriente indispensable a considerar en el manejo de nutrición del cultivo de maíz, el análisis del balance de nitrógeno en el sistema suelo-planta es el criterio conceptual al tener una primera aproximación a las necesidades de fertilización nitrogenada del cultivo. De los componentes de este esquema de diagnóstico de la fertilización, el nitrógeno mineralizado y la magnitud de

las pérdidas de nitrógeno son los parámetros más variables y más difíciles de cuantificar.

1.7.5 Efecto fisiológico del nitrógeno sobre el cultivo de maíz

Choque (2005), indica que el nitrógeno es el constituyente fundamental de los tejidos vegetales, necesario para la formación de núcleos celulares, para la biosíntesis de proteínas, es el elemento que confiere el color verde y condiciona el desarrollo vegetal, su escasez produce raquitismo, su exceso produce desequilibrio en el área foliar, radicular, que se convierte en un retraso en la floración, fructificación.

Torrez (2000) señala que el nitrógeno en su totalidad en el cultivo del maíz penetra en la raíz en forma de nitrato mientras que la mayor parte del nitrógeno contenido en los abonos y restos de materia orgánica está en forma amoniacal, en general, aunque existe algunas diferencias entre zonas son necesarios 25 Kg de nitrógeno/tn de grano.

Avila y Brandolin (1999), nos indican que la absorción del nitrógeno se pueden distinguir en tres fases: la primera, desde el nacimiento hasta antes de un mes de la aparición de las barbas, el ritmo es lento, la planta suele extraer el 8% de su necesidad total, en segundo lugar la velocidad de absorción aumenta hasta alcanzar un valor de 3.5 kg/día como un máximo durante el periodo de la floración, encontrándose el nitrógeno fundamentalmente en las hojas, en esta fase la absorción llega al 60%, la tercera se distingue por un descenso de la velocidad de extracción al 30%, en esta fase, parte del nitrógeno de los órganos vegetales emigra hacia los granos.

1.8. UREA

Como fuente de nitrógeno la urea es económicamente competitiva debido a su alta concentración del mismo (46 % de N) (SAGARPA, s.f.). Los principales abonos nitrogenados son la urea, el nitrato de amonio, el amoníaco y el sulfato de amonio; uno los más utilizados debido a su alta concentración de nitrógeno y precio atractivo, es la urea.

Es común la práctica de aplicar urea a la superficie del suelo, tanto en sistemas de cultivo convencional como sistemas de siembra directa (labranza cero), aun cuando se

ha demostrado que un alto porcentaje de urea se pierde por volatilización. Por esa razón vamos a comparar en el cultivo qué dosis da mejor rendimiento (SAGARPA, s.f.).

Las pérdidas de nitrógeno son mayores cuando la urea se aplica al voleo, especialmente sobre residuos orgánicos, comparado con las soluciones UAN (agua más urea y nitrato de amonio) y nitrato de amonio. La eficiencia de recuperación es mayor cuando la urea se aplica en bandas a 10 cm de profundidad (SAGARPA, s.f.).

La utilización de urea convencional como principal fuente de nitrógeno conlleva pérdidas importantes por volatilización y lavado si se lo aplica al voleo; la eficiencia de recuperación es mayor cuando la urea se aplica en bandas a 10 cm de profundidad; dependiendo del rendimiento se planificará el calendario de fertilización (Melgar y Torres s.f.).

Agregar 70 kg/ha de urea para que la cantidad de N que se pierda sea menor al 10% por lixiviación-desnitrificación, representa el 30 % aplicado al momento de la siembra; el 70% restante se lo aplicará en la segunda fertilización y corresponde a 140 kg/ha de urea, dándonos un total de 210 kg/ha de fertilizante aplicado para obtener un buen rendimiento (Torres, s.f.).

La producción de maíz y la utilización de nitrógeno pueden ser afectadas por el tipo y época de aplicación del fertilizante nitrogenado, condiciones climáticas, y propiedades físicas y químicas de los suelos. (Delgado et al., 2004).

Los agricultores que siembran maíz lo que más utilizan en la fertilización es el nitrógeno con el nombre comercial de urea 46 %, dependiendo su dosis; pues para variedades comerciales sacadas por el INIAP se recomienda 4 qq/ha mientras que para híbridos la dosis es de 6 qq/ha (SICA, s.f.).

Los fertilizantes nitrogenados se utilizan para favorecer el crecimiento de las plantas, aumentar el área foliar y favorecer la activación del celular encargadas de las fotosíntesis.

La urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ es un fertilizante químico, que se puede clasificar, de origen orgánico ya que su estructura química corresponde a una carbamida, contiene un 46 %

de N en forma amónica. Se fabrica a partir del amonio y anhídrido carbónico, bajo alta presión y temperatura. Posee una alta solubilidad (alrededor de 1000 g/l a 20 °C). Al disolverse reduce la temperatura en forma importante. La urea no puede ser aprovechada por las plantas ya que necesita ser transformada en el suelo; una vez disuelta e incorporada al suelo, después del riego, sufre una primera transformación por efecto de una enzima que está presente, ureasa, esta transforma la urea a carbonato de amonio. En el amonio este contenido el nitrógeno proveniente de la urea y la planta puede absorber y utilizar este amonio para su crecimiento. Aunque lo normal es que el amonio se transforme en nitrato por acción de los microorganismos del suelo, el nitrato es la forma preferente de absorción de N por las plantas.

Por otra parte, bajo algunas condiciones y sobre todo en suelos alcalinos, el amonio se puede transformar en amoniaco, el cual, al ser gas se pierde hacia la atmosfera, pero si se aplica correctamente las pérdidas son mínimas (INTAGRI, 2021).

Tabla 6. Ventajas y desventajas

	Ventajas	Desventajas
Pre siembra	Simplicidad operativa	Riesgo de lavado de nitratos hasta desarrollo de las raíces. No recomendable antes de 30 días de la siembra.
A la siembra	Simplicidad operativa	Riesgo de lavado (lixiviación) de nitratos hasta desarrollo de raíces.
	El N queda disponible inmediatamente para el cultivo.	Riesgo de fitotoxicidad en la aplicación junto con la semilla. Depende de d ambiente.
	Facilidad para incorporar al suelo.	

Entre 2 y 8 hojas (V-2 y V-8)	Mayor eficiencia de fertilización con fuentes de fertilizantes que no volatilizan	Si no se incorpora al suelo, hay pérdida de N por volatilización amoníaco (fertilizantes con urea). Depende del ambiente (temperatura humedad de suelo)
		Dependencia de las lluvias que a ocasiona retrasos o imposibilidad de aplicar por falta de piso (común en húmedos como el actual).
Fraccionada	Necesaria para aplicar dosis elevadas.	Mayor complejidad operativa.

(Ing. Agrs. Ricardo Melgar¹ y Martín Torres Duggan (ex - Coordinador, Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino)

1.9. MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

El nitrógeno (N), es el nutrimento motor de crecimiento. Cuando la planta absorbe, lo acumula como nitrato en las hojas, y es este nitrato el encargado de motorizar la síntesis del complejo hormonal del crecimiento, cuyo exponente principal es el AIA (ácido indol acético) (Gaspar y Tejerina, 2008). Así mismo, el nitrógeno es el componente principal de los aminoácidos que integran las proteínas (Gaspar y Tejerina, 2008).

El maíz, como todas las gramíneas, es un cultivo muy demandante de nitrógeno (Gaspar y Tejerina, 2008), es por eso que este nutrimento es el que más comúnmente deficiente para la producción de maíz (García, 2005). Los métodos de diagnóstico para la fertilización nitrogenada pretenden predecir la probabilidad de respuesta a partir de la disponibilidad de N en suelo y/o en planta, y el requerimiento previsto para un determinado nivel de rendimiento (García, 2005).

Haciendo uso del conocimiento del comportamiento del cultivo en cuanto a formación de componentes de rendimiento, se deduce que es fundamental durante las primeras etapas del ciclo, pero en especial en el periodo que va desde V6 hasta pre-floración (Gaspar y Tejerina, 2008).

La mejor forma de aprovechar el nitrógeno es dividiendo las aplicaciones (Melgar y Torres, 2005, Gaspar y Tejerina, 2008):

1. Fertilizar únicamente a la siembra o incluso antes.
2. Fertilizar solo con el cultivo implantado entre 2 y 7 hojas verdaderas.
3. Fraccionar la dosis entre la siembra y V7 (Inicio de la floración) en dos aplicaciones.

El maíz requiere alrededor de 28 a 30 kg/ha de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida. Por ello, para producir por ejemplo 10 t/ha de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 200 a 250 kg de N/ha absorbidos por el cultivo. Esta cantidad sería la demanda de nitrógeno para este nivel de rendimiento. La oferta del lote (nitrógeno en el suelo + N del fertilizante) debería satisfacer esa necesidad para mantener el sistema en equilibrio nutricional. Esta aproximación es lo que se conoce como criterio o modelo de balance. Sin embargo, la diferencias entre las cantidades de N en el suelo y las absorbidas por el cultivo son determinadas por las llamadas eficiencias de absorción, que varían según se considere al N presente en el suelo a la siembra, al N mineralizado durante el cultivo y al N aportado como fertilizantes.

1.10. COSECHA Y MANEJO POST COSECHA

La cosecha se realiza normalmente en forma manual, una vez que hayan madurado los granos, inmediatamente deberán ser trasladados a un secadero y mantenerlo hasta bajar la humedad a 15 -16%. Posteriormente realizar la trilla en forma manual o con desgranadora, y someter de nuevo al secado a sol hasta alcanzar por lo menos 13% de humedad. Secar el grano es un paso muy importante para evitar daños, principalmente de hongos e insectos. (FAO 2001)

(FAO 2001) El secado en carpas se puede hacer en mazorcas o desgranado. El uso de la carpa facilita la protección de la cosecha en caso de lluvias inesperadas. Guardar los granos en un silo, aplicar Gastoxin y cerrar herméticamente.

Antes de guardar los granos en el silo es importante: Limpiar el interior del silo con un trapo seco, si hay daños por el uso, como agujeros, rotura de soldaduras o corrosión

debe repararse, se debe colocar el recipiente sobre una tarima o plataforma de madera para evitar la oxidación debido al contacto con el suelo. (INFOAGRO 2011)

Recuerde que el buen almacenamiento es necesario para que tenga a salvo su cosecha. Un mal almacenamiento provoca la pérdida de peso, calidad y valor nutritivo del grano, consecuentemente también pérdida de dinero. (INFOAGRO 2011)

2.1.2 Latitud y longitud

Latitud de 210 53' 50.38" S Longitud de 640 49' 31.91" Altitud de 1957 m.s.n.m. (INIAF, 2019).

2.1.3 Clima

En general, el verano se caracteriza principalmente por una temperatura y humedad relativa alta y masas de aire inestables, produciéndose precipitaciones aisladas de alta intensidad y corta duración. Por otro lado, el invierno se caracteriza por temperaturas y humedad relativa generalmente bajas y la ausencia de precipitaciones. El invierno también está asociado a la llegada de frentes fríos provenientes del sur, llamados “surazos”, que traen consigo masas de aire frío, dando lugar a veces a precipitaciones de muy baja intensidad. (INIAF, 2019).

2.1.4 Temperaturas máximas y mínimas

La temperatura media anual es de 16.7 °, con una máxima y mínima de 24.6 °C y 8.8 °C respectivamente. Los días con heladas se registran en los meses de mayo a septiembre.

La humedad relativa promedio es de 67 %. La dirección del viento aproximadamente es el Sureste con una velocidad promedio de 2.6 km/hora (INIAF, 2019).

2.1.5. Precipitaciones Pluviales, Periodos

Las precipitaciones pluviales totales anuales en el municipio oscilan entre 1,0 mm en el mes de julio a una máxima de 145.4 mm en el mes de enero; identificándose dos periodos: un periodo seco que abarca los meses de mayo a septiembre y un periodo húmedo en los meses de octubre a abril. La precipitación anual es 927,0 (mm) (INIAF).

2.1.6 Suelos

Según el PDM Municipal de Padcaya, los suelos que predominan en el fundo de Chaguaya de acuerdo a la clasificación taxonómica americana son los siguientes: Asociación LixisolCambisol. Las comunidades como referencia: Abra de San Miguel, Chaguaya donde los suelos dominantes son profundos a muy profundos, de texturas

francas en la superficie y franco arcillosas a arcillosa en el subsuelo, con pH ligeramente alcalino a alcalino, y fertilidad natural baja a moderada (INIAF 2020).

2.2 DESCRIPCIÓN ECONÓMICA DE LA ZONA

La actividad económica de la zona se basa en actividades de turismo y agropecuario.

La producción se da en terrenos de pequeña escala menor a 10 ha se cultiva especies rotativamente de acuerdo a la estación.

Tabla 7. Descripción económica de la zona

CULTIVO	NOMBRE CIENTIFICO
Papa	<i>(Solanun tuberosum)</i>
Maíz	<i>(Zea mays)</i>
Cebolla	<i>(Alluim cepa)</i>
Tomate	<i>(Licopericum escuelentun)</i>
Alfalfa	<i>(Medica sativa)</i>
Avena	<i>(Avena sp)</i>

Fuente: herbario universitario

2.2.1 Vegetación

La unidad se localiza en la mayor parte de la Cordillera Oriental, con una superficie de 354,1 km² (8,0 % del total de la superficie del Municipio de Padcaya), cubriendo un paisaje de ladera de serranía alta, muy disectada y parte de piedemonte, desde los 2000 a 2500 msnm, con clima templado semiárido, con una precipitación anual de 600 a 1300 mm/año. Está formación se caracteriza por presentar especies con apéndices espinosos.

Tabla 8. Vegetación nativa

ESPECIES	NOMBRE CIENTÍFICO
Churqui negro	<i>(Acacia caven)</i>
Espinillo	<i>(Duranta serratifolio)</i>
Paja	<i>(Spita sp)</i>
Pasto cakco	<i>(Aristida sp)</i>

Fuente: herbario universitario

2.3 CLIMA DE LA REGIÓN

Con datos de la estación meteorológica de cañas dependiente del servicio nacional de meteorología e Hidrología SENAMHI se elaboró un resumen climatológico de los últimos 20 años: según la clasificación climática de koppen el área se describe como: clima de latitudes medias, templados con inviernos secos.

Tabla 9. Resumen climatológico de los últimos 20 años, estación meteorológicos cañas.

Temperatura media anual	17.1°C	Precipitación anual media	746mm
Temperatura mínima media anual	9.3°C	Precipitación invernal (abril – sep.)	53.8mm (7.21%)
Temperatura máxima anual	24.8°C	Diferencia entre el mes con mayor precipitación y el mes con menor precipitación 160,6 mm (ene) – 0,5 m(jun)	160. 1mm

Diferencia entre el mes cálido y mes más fr. io 25.8°c dic-29°c (jun)	22.9°c	Dirección del viento (en todo el año con mayor intensidad en julio y agosto)	Este
---	--------	--	------

SENAMHI, (2017)

2.4 MATERIALES

2.4.1 Materiales de campo

- Estacas
- Cinta métrica
- Letrero
- Marcador
- Planilla de apuntes
- Cámara fotográfica

2.4.2 Materiales de escritorio

- Cuaderno
- Lápiz
- Lapiceras
- Borrador
- Computadora

2.4.3 Equipos y herramientas

- Tractor
- Rastra
- Arado
- Mochila fumigadora
- Machete
- Wincha

- Balanza pesa kilogramos y gramos
- Cámara fotográfica

2.4.4 Productos químicos aplicados al cultivo

Insecticida

Tabla 10. Insecticidas utilizados en el cultivo

producto	Dosis/ha	No de aplicaciones	Momento de aplicación
proclaim benzoato	10gr /mochila de 20 ltrs	2	En el momento de la aparición del gusano cogollero

FUENTE: elaboración propia

Herbicidas

El control de malezas se efectuó mediante el uso de herbicidas pre emergente (2, 4, D) 200 ml y (Nicosulfuron) 8 gr, todo se preparó en una mochila de 20 litros con agua. El control de malezas se realizó manualmente a los 23 días después de la siembra

Tabla 11. Herbicidas utilizados en el cultivo

Producto	Dosis/ha	No de Aplicaciones	Momento de Aplicación
Nicosulfuron	100ml/mochila de 20 litros	2	Pre-emergente y post-emergente
2-4-D	70 ml/mochila de 20 litros	2	Pre-emergente y post-emergente

FUENTE: elaboración propia

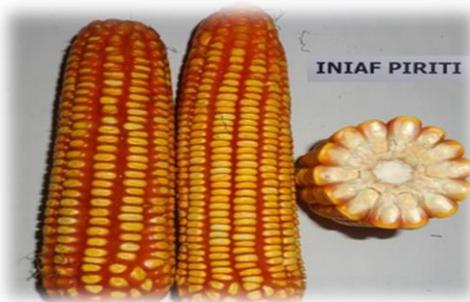
2.4.5 Material vegetal

Según algunos estudios Bolivia cuenta con 7 complejos raciales, 45 razas y centenares de variedades de maíz nativo mientras otros calculan en 77 las razas de maíz en los diferentes pisos ecológicos del país. (Melgar y Torres, 2005)

En este sentido, el material vegetal seleccionado para realizar el presente trabajo es maíz de la variedad PIRITI producidas por el INIAF, semilla de categoría básica

2.4.5.1 VARIEDAD INIAF PIRITÍ

Imag. 1 esta es una variedad de maíz híbrido, maíz de grano.



2.4.5.1.1 Según el informe del iniaf (2018) las características de la variedad son: (ficha técnica)

Registro. - RV-MA-1161-16

Variedad de maíz INIAF PIRITÍ

Descripción de la planta

- Altura de la planta. 220 – 230 cm
- Longitud de la mazorca. 17 cm con 14 hileras.

Características del grano

Color amarillo anaranjado. Textura semi - dentado, tamaño mediano.

Maduración

Variedad de maíz INIAF PIRITÍ, es de ciclo intermedio cuyo periodo fenológico es de 130 días a la cosecha

Rendimiento

El rendimiento en grano de esta variedad es de 4 toneladas/ha, con un nivel de fertilización media de 80 – 40 – 60 de N P K. requerimiento medio de la planta.

Usos

Gastronomía en grano seco y grano duro

Áreas recomendadas para su cultivo

Se recomienda los Valles de Tarija; Cochabamba: Chuquisaca; Potosí y chaco boliviano (INIAF 2018)

2.5 METODOLOGÍA

El presente trabajo está basado en “Evaluar el efecto de rendimiento en grano del cultivo del maíz (*Zea mays*) variedad INIAF PIRITI, con seis niveles de fertilización nitrogenada, en la comunidad de Chaguaya, de manera que permita mejorar la productividad y rentabilidad del mismo”.

Para lo cual se realizó un diseño experimental consistente en bloques completamente al azar con un arreglo mono factorial.

2.5.1 Diseño experimental

El diseño experimental fue realizado con bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones lo que hace en total 24 parcelas o unidades experimentales.

2.5.2 Equipos y herramientas

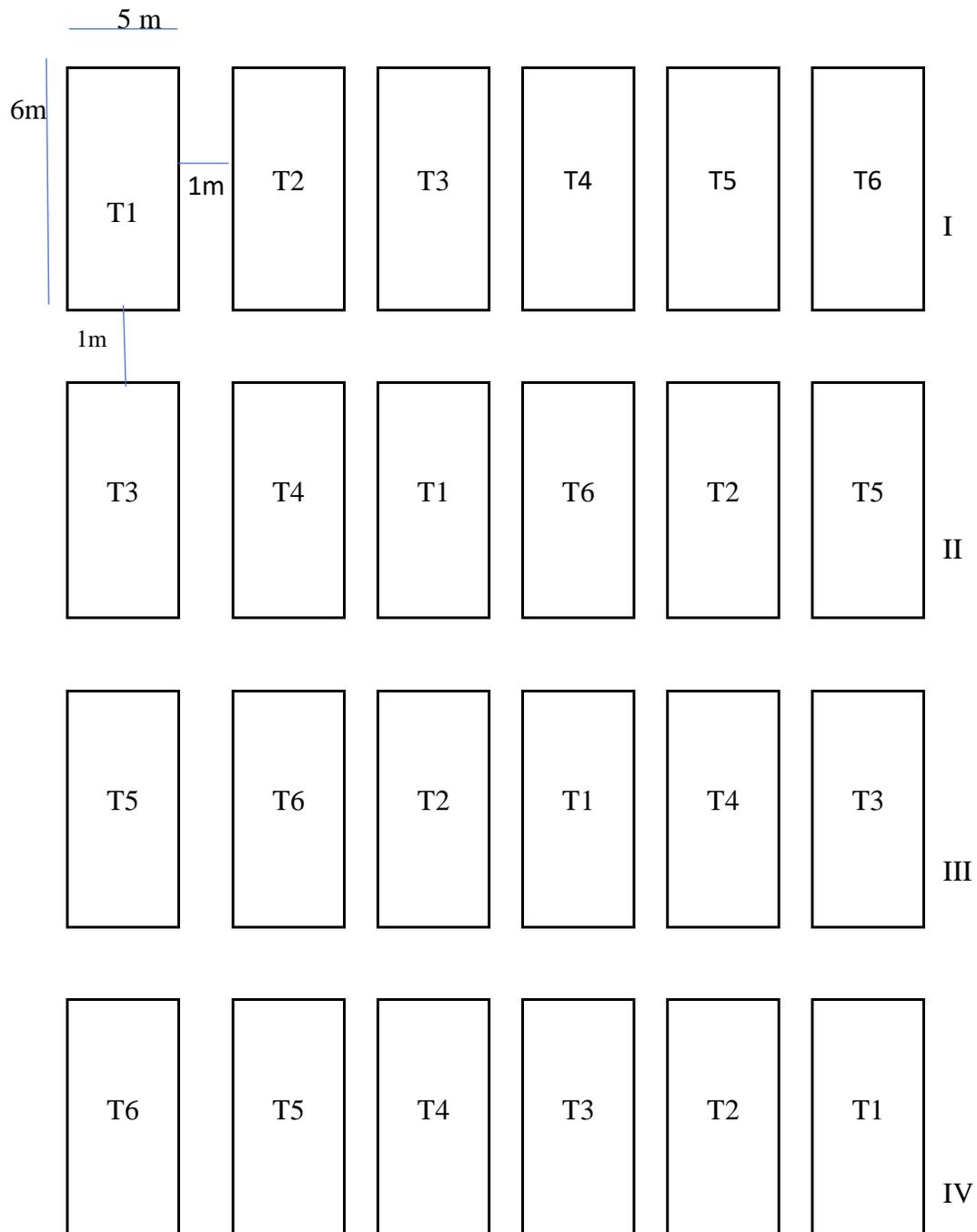
- Tractor
- Rastra
- Arado
- Mochila fumigadora
- Machete
- Wincha
- Balanza pesa kilogramos y gramos

- Cámara fotográfica

2.5.3 Tratamientos y dosificaciones

TRATAMIENTO	FUENTE DE NITRÓGENO	DOSIS KG N/HA
T1	UREA	dosis de urea 0kg/ha
T2	UREA	dosis de urea 80kg/ha
T3	UREA	dosis de urea 110kg/ha
T4	UREA	dosis de urea 140kg/ha
T5	UREA	dosis de urea 170kg/ha
T6	Urea	dosis de urea 200kg/ha

2.5.4 Diseño de campo



2.5.5. Datos de la unidad experimental

• Numero de surcos	10
• Distancia entre surco	0.6 m
• Largo de surco	6.0 m
• Ancho de la unidad experimental	5.0 m
• Largo de la unidad experimental	6.0 m
• Superficie de la unidad experimental	30 m ²
• Unidades experimentales	24 und
• Superficie neta del ensayo	720 m ²
• Distancia entre bloques (unidad experimental)	1.0 m

2.6. VARIABLES DE RESPUESTA

- Altura de planta (Cm)
- Altura a la inserción de mazorca (Cm)
- Número de mazorcas por planta
- Días a floración masculina (Días)
- Días a floración femenina (Días)
- Peso del total de granos por mazorca (gr.)
- Diámetro del grano (mm)
- Longitud del grano (mm)
- Rendimiento (kg/Ha)

2.6.1 Altura de planta (cm)

Al momento que todas las plantas estuvieron con su inflorescencia masculina, se tomaron cinco plantas de cada surco (seis surcos) y se midió la altura de la planta, desde la base del tallo hasta donde empieza la ramificación de la espiga y sus datos se registraron en centímetros.

2.6.2 Altura de inserción de la mazorca (cm)

Se midió con una cinta graduada desde la base del tallo hasta el punto de inserción de la mazorca de cinco plantas de cada surco (seis surcos) y luego se promediaron los valores en centímetros.

2.6.3 Número de mazorcas/planta

Al momento de la cosecha se contaron el número de mazorcas de cinco plantas tomadas al azar de cada surco (seis surcos) dentro del área útil; su dato se expresó en número de mazorcas/planta.

2.6.4 Peso del total de granos por mazorca (g)

Esta variable se tomó pesando con una balanza los granos de maíz seco y limpio al 14 % de humedad de cada mazorca; los resultados se los expresaron en gramos.

2.6.5. Diámetro del grano y longitud del grano

Esta variable se registró, tomando los granos del maíz al azar y se procedió a medir su diámetro correspondiente, sacando la media del total de granos medidos, registrando este dato en los formularios correspondientes.

2.7 METODOLOGIA DEL TRABAJO DEL CAMPO

El siguiente trabajo se realizó con la cooperación del INIAF-TARIJA, el cual cuenta con su Centro de Innovación Agropecuario y Forestal Chaguaya, donde se realizan trabajos de investigación y producción en cultivos agrícolas, la siembra se realizó a fines de octubre, previamente se realizó un análisis de suelo, posteriormente a la preparación de suelos para realizar el ensayo experimental el cual se utilizó 6 niveles de fertilización nitrogenada en 4 repeticiones usando parcelas de 5 m por 6 m en una densidad de 0.60 m por 0.25 m. Una población a 64 mil plantas por ha, el objetivo es aumentar el rendimiento ya conocido de 4 toneladas/ha; la aplicación de urea se realizó en dos periodos en V3 y V8 (cuando la planta alcanzo a tener las 3 primeras hojas y luego cuando tuvo 8 hojas) y el rendimiento se calculó de acuerdo a normas del CIMMYT MEXICO, abajo descrito.

2.8 PROCEDIMIENTO EN CAMPO

- **Preparación del suelo**

La preparación del suelo se realizó mediante el sistema convencional después de las primeras lluvias, lo cual consistió en una arada profunda seguida de dos pasadas de rastra. Estas operaciones se realizaron en el mes de OCTUBRE del 2020, con el fin de dejar el terreno en buenas condiciones para la siembra.

- **Replanteo del ensayo**

Una vez preparado el terreno se procedió a la demarcación y delimitación de cada uno de los bloques

- **Siembra** La siembra del maíz (variedades de INIAF PIRITI) se realizó el 27 de octubre del 2020 de forma manual, en un marco de plantación de 25 cm entre planta y 60 cm entre surcos siendo la densidad de 64.000 plantas/ha, distribuido en 10 surcos por unidad experimental y dos semillas por golpe.

2.8.1 Labores culturales

Las labores culturales se efectuaron en los meses de noviembre, diciembre y enero.

Realizando:

- **Control de malezas.** El control de malezas y deshierbes se efectuó en forma manual con aplicación de herbicidas (2 – 4 - D y nikosulfurn) en mochilas de 20 litros. Revisar punto 3.4.4
- **Fertilización.** Se realizó la primera aplicación a los 30 días (V3), la segunda a los 60 días (V8). Cada tratamiento con su respectiva dosis de nitrógeno(urea)
- **Aporque.** Se realizó en forma manual con azadones y/o azadas el mismo día de la fertilización.
- **Tratamiento fitosanitario.** El control de plagas se lo realizo con el producto químico (proclaim) en el momento de la aparición del trips y gusano cogollero.

2.8.2 Riego

El riego se lo realiza, riego por surcos de acuerdo a la necesidad del cultivo. (falta de lluvia). Solo se realizó 3 riegos en todo el transcurso del cultivo. Ya que realizamos una siembra temporal y no a riego

2.8.3 Lectura fenológica

Las observaciones se realizan en cada una de las etapas fenológicas, los registros se encuentran en anexos.

3.8.4 Cosechas

Se realizó de forma manual cuando este llego a su madurez máxima (grano maduro) con un porcentaje de humedad del 14% cada bloque en respectivas bolsas

2.9. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA DEL CIMMYT, PARA EL CÁLCULO DEL RENDIMIENTO EN GRANO

1. Primeramente, se procedió a la determinación del área de cosecha, anotando el ancho y longitud de área de cosecha. El área de cosecha debe ser tan grande como para captar la variabilidad que hay dentro del campo
2. Seguidamente se procedió a la cosecha de todo el grano del área, establecida para la evaluación.
3. Posteriormente se procedió a la limpieza de las impurezas de las mazorcas cosechadas, quedando los granos limpios.
4. Se procedió a rotular y colocar los granos en las bolsas, de cada tratamiento identificando cada una de las parcelas
5. A continuación, se pesó cada una de las muestras cosechadas, anotándose este como peso de campo.
6. Igualmente se procedió a pesar 3 a 4 mazorcas al azar de cada muestra, registrando como peso con marlo, luego se desgrano y se volvió a pesar solo el grano y se registró como peso de grano sin marlo, con estos datos se obtuvo el % de desgrane.

7. Una vez obtenido el % de desgrane y ajustada la humedad a un porcentaje mínimo de entre 12 al 16% (14.5 % para cálculos), se realizó el cálculo de rendimiento de acuerdo a la fórmula de rendimiento (SAGARPA CIMMYT 2012)

$$Pa = \frac{Pm*(100-Hi)}{100-Hd} * \frac{10}{ac}$$

Donde:

Pa = peso ajustado al tratamiento

Hi = humedad inicial al momento de pesar

Hd = humedad deseada al 14 %

Pm = peso de la muestra (g)

ac = área cosechada (m²)

2.10. PROCEDIMIENTO Y CALCULO DE LA EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO POR EL CULTIVO DE MAIZ

Todas las plantas requieren una serie de nutrientes que los obtienen del medio que las rodea y se clasifican en no minerales (carbono, hidrógeno y oxígeno) y minerales. En el caso de los minerales se clasifican en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio), secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc); todos son importantes y deben mantener un equilibrio para el óptimo desarrollo de los vegetales; se podría decir que el N, P y K son los elementos que más se toman en cuenta ya que éstos son absorbidos en mayor cantidad por las plantas; es menos probable encontrar deficiencias en los minerales secundarios y micronutrientes (INPOFOS, 2002).

Según IPNI (s.f.) los requerimientos de absorción y extracción se expresan en términos de kg de nutrientes por tonelada de grano o materia seca. Es importante destacar la variabilidad de resultados cuando las concentraciones de los nutrientes en granos se expresan con diferentes porcentajes de humedad, sin la corrección necesaria. Para comprender este concepto utilizamos un ejemplo sencillo, el caso del cultivo de maíz con la humedad comercial (Hc) de 14.5 %, para un rendimiento objetivo de 12 T/ha.

El INPOFOS (2002) nos dice que la cantidad de materia seca (MS) en una tonelada (T) de maíz a 14.5% de humedad es de 0.873 T, según la siguiente fórmula $MS = MH * (100 / (100 + \% \text{ humedad}))$. Entonces, para 6 Ton/ha de maíz, con la Hc de 14.5%, la extracción de nitrógeno (N), es de 15 kg/T; sería:

- Extracción de N (kg/ha) = Rto (T/ha) * 100 / (100 + % Hc) * extracción N grano (kg/T).
- Extracción de N (kg/ha) = 6 T/ha * 100 / (100+14.5) * 15 kg/T.
- Extracción de N (kg/ha) = 78.60 kg N/ha, lo redondeamos a 80 kg/ha.

A partir de esta cantidad de nitrógeno, que extrae el maíz para grano se procedió a determinar los niveles a evaluar, los cuales son:

T1 Dosis de urea 0 Kg/Ha (Testigo)

T2 Dosis de urea de 80 Kg/Ha

T3 Dosis de urea de 110 Kg/Ha

T4 Dosis de urea de 140 Kg/Ha

T5 Dosis de urea de 170 Kg/Ha

T6 Dosis de urea de 200 Kg/Ha

EL INPOFOS (2002) indica que, respecto a la aplicación excesiva de fertilizantes, una sobredosis afecta al cultivo ya que va a tener un crecimiento exagerado, por ello es necesario, antes de aplicar cualquier tipo de fertilizante, hacer un análisis de suelo para así determinar qué cantidades adecuadas necesita el cultivo.

Es este sentido, se procedió al cálculo de la disponibilidad de nutrientes en el suelo a partir del análisis de suelo, presentándose los siguientes resultados.

Tabla 12. Análisis físico del suelo

No	VARIABLE	RESULTADOS
1	Profundidad (cm)	20.00
2	Densidad Aparente gr/cm ³	1.49
3	Conductividad eléctrica mmho/cm	0.173
4	Textura	Franco - Arcillosa

Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio. 2019

Los resultados del análisis de suelos muestran, para las características físicas, los siguientes valores: con respecto a la textura del suelo es franco – Arcillosa ambiente apto para el cultivo de maíz con la adición de materia orgánica al suelo. Por otro lado, la conductividad eléctrica es de 0,173 mmho/cm suelos (no salino), comparado con el cuadro de interpretación de la conductividad eléctrica proporcionado por el SEDAG, se tiene un suelo débilmente salino, el cual puede restringir el rendimiento del cultivo de maíz. En cuanto a la densidad aparente es de 1.49 gr/cm³, considerándose un suelo apto para el cultivo.

Tabla 13: Valores para la Interpretación de la conductividad eléctrica (SEDAG)

CATEGORIAS	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (MILIMHOS /CM 0 25°C)		TOLERANCIA DE LAS PLANTAS
	Relacion 1:5	Extracto saturado	
No salinos	0-0.2	0-2	Prosperan todos los cultivos
Debilmente salinos	0.2-0.4	2 a 4	Rendimientos de cultivos muy sencibles pueden ser restringidos
Moderadamente salinos	0.4-0.8	4 a 8	Rendimientos de muchos cultivos restringidos
Fuertemente salinos	0.8-1.16	8 a 16	Solo cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente
Muy fuertemente salinos	≥ 1.6	≥ 16	Impropio para fines agricolas

Fuente: SEDAG. 2019

En el siguiente cuadro se presentan los valores obtenidos del análisis químico del suelo, cuya interpretación se realiza en base a los indicadores proporcionados por el laboratorio de suelos del SEDAG, en este sentido para el pH, en la siguiente tabla se presentan los valores para su interpretación.

Tabla 14: Valores para la Interpretación del pH

CATEGORÍAS	pH
Muy fuertemente ácido	< 4.5
Fuertemente ácido	4.5 - 5.2
Moderadamente ácido	5.3 - 5.9
Débilmente ácido	6.0 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.0
Débilmente alcalino	7.1 - 7.5
Moderadamente alcalino	7.6 - 8.0
Fuertemente alcalino	8.1 - 9.0
Muy fuertemente alcalino	> 9.0

Fuente: SEDAG. 2019

De los resultados del análisis del suelo, se tienen un pH de 5.8 un suelo moderadamente ácido, suelo apto para la producción del cultivo de maíz donde la planta tiene la facilidad de asimilar los nutrientes disponibles del suelo.

Tabla 15. Análisis químico del suelo

N°	VARIABLE	RESULTADOS
1	pH	5.80
2	Materia Orgánica (%)	0.97
3	Nitrógeno Total (%)	0.05
4	Fosforo Elemental (ppm)	31.96
5	Potasio Elemental (meq/100 gr)	0.09

Fuente Elaboración propia con datos del análisis de suelo

El contenido de materia orgánica es de 0.97% lo cual está dentro de los parámetros de contenido muy bajo de materia orgánica, por lo cual se requiere un porcentaje de nitrógeno alto, según el cuadro de interpretación de MO proporcionado por el SEDAG.

Tabla 16. Valores para la Interpretación de la Materia Orgánica en el suelo

CATEGORÍAS	MATERIA ORGÁNICA %	FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO
Muy bajo	0.0 - 1.5	Se requiere alto porcentaje de Nitrógeno
Bajo	1.6 - 3.0	Se requiere moderado porcentaje de Nitrógeno
Moderado	3.1 - 4.0	Aplicar Nitrógeno para mantenimiento
Alto	4.1 - 6.0	No se requiere Nitrógeno
Muy alto	> 6.0	No se requiere Nitrógeno

Fuente: SEDAG, 2019

En cuanto al nitrógeno total se tiene un 0.05%, existe un muy bajo contenido de nitrógeno en el suelo, por lo cual se requiere la aplicación alta de nitrógeno al suelo.

Tabla 17. Valores para la Interpretación del Nitrógeno Total (Método Kjendahl) en el suelo (SEDAG)

CATEGORÍAS	NITRÓGENO TOTAL %	FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO
Muy bajo	< 0.075	Se requiere alto porcentaje de Nitrógeno
Bajo	0.08 - 0.15	Se requiere moderado porcentaje de Nitrógeno
Moderado	0.16 - 0.20	Aplicar Nitrógeno para mantenimiento
Alto	0.21 - 0.30	No se requiere Nitrógeno
Muy alto	> 0.30	No se requiere Nitrógeno

Fuente: SEDAG, 2019

El fósforo disponible o fósforo elemental en campo fue 31.96 ppm; según los parámetros cuando el fósforo disponible es mayor a 25 ppm (Muy Alto) existe alto contenido de fósforo y no se requiere fósforo en el suelo.

Tabla 18. Valores para la Interpretación del fosforo (Método Olsen Modificado) en el suelo

CATEGORÍAS	FOSFORO SOLUBLE		FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO
	ppm	kg/ha	
Muy bajo	0.0 - 3.0	0.0 - 7.5	Se requiere alto porcentaje de fósforo
Bajo	3.0 - 6.0	7.5 - 15.0	Aplicar moderado porcentaje de fósforo
Moderado	7.0 - 15.0	15.0 - 38.0	Aplicar fósforo para mantenimiento
Alto	16.0 - 25.0	38.0 - 53.0	No se requiere fósforo
Muy alto	>25.0	> 63.0	No se requiere fósforo

Fuente: SEDAG, 2019

Cuando la planta está saturada de fosforo bloquea otros elementos como el calcio, magnesio entre otros, por lo tanto, se obstruye la absorción de nutrientes y existe un desequilibrio fisiológico en la planta, como consecuencia se desencadena la presencia de enfermedades.

Finalmente, el potasio intercambiable es bajo en el suelo presenta un valor de 0.09 meq/100 gr. por lo cual hay que agregar potasio al suelo de forma moderada.

Tabla 19. Valores para la Interpretación del potasio intercambiable en el suelo

CATEGORÍAS	POTASIO INTERMAMBIABLE		FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO
	meq/100 gr	kg/ha	
Muy bajo	<0.2	<200	Se requiere agregar Potasio
Bajo	0.21 - 0.30	200 - 300	Agregar potasio moderadamente
Moderado	0.31 - 0.45	300 - 440	Aplicar potasio para mantenimiento
Alto	0.46 - 0.60	440 - 590	No se necesita agregar potasio
Muy alto	>0.60	> 590	No se necesita agregar potasio

Fuente: SEDAG, 2019

Las Necesidades aproximadas de Nitrógeno (N), Fosforo (P_2O_5) y Potasio (K_2O), para el cultivo de maíz con riego por surcos es de 80 kg/ha de Nitrógeno, 40 kg/ha de Fósforo y 60 kg/ha de Potasio, constituyendo se en la dosis adoptados, para los niveles de producción especificados.

Tabla 20. Oferta de nutrientes del suelo

ELEMENTOS NUTRITIVOS	REQUERIMIENTO DEL CULTIVO kg. /ha	CANTIDAD DE NUTRIENTES EN EL SUELO kg./ha.	CANTIDAD DE ABONOS A APLICAR kg./ha.
Nitrógeno (N)	80	28.91	51.09
Fosforo (P₂O₅)	40	218.10	0
Potasio (KCl)	60	68.16	0

Fuente Elaboración propia con datos del análisis de suelo, 2021

Como se puede observar en la anterior tabla (N° 20), en base al requerimiento del cultivo y cantidad de nutrientes en el suelo, se determinó la cantidad de nutrientes a aplicar al suelo, se establece que existe deficiencia en nitrógeno (51.09 kg. /ha), y un exceso en fosforo elemental y potasio.

Tabla 21 elementos disponibles en el suelo en función al pH

Elementos disponibles en el suelo en función al pH(5.8)		
Nitrógeno asimilable kg	Fosforo asimilable kg	Potasio asimilable kg
20,952	117,709	51,23

Fuente: elaboración propia

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

A partir de la determinación de las necesidades de Nitrógeno (N), Fosforo (P_2O_5) y Potasio (K_2O), para el cultivo de maíz, detallados en el anterior capítulo (80 - 40 – 60), se pudo determinar la cantidad de nutrientes a aplicar al suelo, en este sentido se establece que existe deficiencia en nitrógeno (51.09 kg. /ha), y un exceso en fosforo elemental y potasio, en este sentido la evaluación de las diferentes variables se lo realiza a partir de estos criterios fundamentales.

3.1 ALTURA DE PLANTAS (m)

La altura de la planta se tomó semanalmente durante 7 semanas hasta la cosecha, en cada unidad experimental se tomaron al azar 5 plantas y se midió la distancia en metros desde la superficie del suelo hasta la primera ramificación de la flor masculina.

Tabla 22. Escala del CIMMYT (1985), para la altura de la planta en el cultivo de maíz.

PLANTA	ALTURA
Alta	A 250cm
Media	200-250cm
Baja	A 200

Tabla 23. Cuadro de datos de la altura de la planta(m)

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	1,66	1,96	1,52	1,92	7,06	1,76
T2 (U80)	1,94	1,88	1,85	2,03	7,7	1,92
T3 (110)	1,71	1,80	1,96	1,92	7,39	1,84
T4 (140)	1,80	1,90	1,83	1,86	7,39	1,84
T5 (170)	1,84	1,80	1,74	1,80	7,18	1,79
T6 (200)	1,80	2,14	1,89	2,02	7,85	1,96
TOTAL	10,75	11,48	10,79	11,55	44,57	1,85

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

De los datos recogidos para la altura de planta, vemos que los promedios entre cada uno de los tratamientos son diferentes, considerando que la media general es de 1,85 metros, vemos que los promedios van desde los 1,76 metros hasta 1,96 metros de altura en los tratamientos T1 (U0), tratamiento sin la aplicación de urea y el tratamiento T6 (200) con la aplicación de 200 kilogramos de urea por hectárea.

La altura tiene mucho que ver con la fertilización nitrogenada. Aplicando una fertilización nitrogenada en distintas densidades de siembra, se pudo alcanzar una altura promedio con 1,63 m con una fertilización de 225 Kg/ha de urea siendo este el mejor tratamiento, a diferencia del tratamiento con la altura más inferior de 1,58 m correspondiente al tratamiento testigo (Martinez & Perez, 2004).

Tabla 24. Análisis de varianza de la altura de planta

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRA. TOTAL	23	0,38				
TRATAMIENTOS	5	0,11	0,02	2 n.s	2,90	4,56
BLOQUES	3	0,09	0,03	3n.s	3,29	5,42
ERROR	15	0,18	0,01			
C. V. (%)	5,82					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

El análisis de varianza realizado para la variable de altura de planta, muestra que los tratamientos no tienen diferencia significativa, ya que es claro que el valor de la F tabulada no sobrepasa los valores de la F calculada al 1 y 5 % de probabilidad de error, por lo que no amerita realizarse una prueba de comparación de medias. Por otro lado, considerando que el coeficiente de variación es de 5,82 % lo que indica que los datos recogidos son homogéneos.

3.2. DIAS A FLORACIÓN

Esta variable es importante evaluarla ya que nos da indicios de la precocidad del cultivo, en general el promedio entre la emergencia a la floración fue de 57 días, con variaciones de un a dos días (56 – 59), mientras que el ciclo total del maíz en promedio fue de 130 días con variaciones de entre 125 – 135 días.

Tabla 25. Días a floración de la planta

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	57.00	56.00	56.00	56.00	225.00	56.25
T2 (U80)	56.00	57.00	59.00	59.00	231.00	57.75
T3 (110)	62.00	57.00	57.00	59.00	235.00	58.75
T4 (140)	58.00	62.00	57.00	58.00	235.00	58.75
T5 (170)	59.00	55.00	56.00	56.00	226.00	56.50
T6 (200)	56.00	58.00	57.00	57.00	228.00	57.00
TOTAL	348.00	345.00	342.00	345.00	1380.00	57.5

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

En la comparación entre los tratamientos, se puede apreciar que el tratamiento T3 y T4 con la aplicación de 110 y 140 kg de urea, presentan 59 días a la floración en comparación con el testigo, que no se aplicó ninguna dosis de nitrógeno, este presenta 56 días a la floración.

Tabla 26. Análisis de varianza para días a floración

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	G.L.	S.C.	CM	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	24.00	4.800	1.53n.s	2,90	4,56
BLOQUES	3	3.00	1.000	0.32n.s	3,29	5,42
ERROR	15	47.00	3.133			
TOTAL	23	74.00	3.217			
C.V. (%)	3.08					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

En cuanto al análisis de varianza, no existen diferencias significativas, entre tratamiento y entre bloques ya que la "F" calculada es menor que la "F" Tabulada al 5 y 1 % de significancia. El coeficiente de variación fue de 3,08 %, con una media general de 58 días a la floración.

3.3 ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA (m)

En las mismas 5 plantas donde se determinó la altura de planta, se evaluó la altura de la inserción de mazorca en metros, desde la base de la planta hasta el nudo de la mazorca superior

Posteriormente se comparó el resultado con la siguiente escala

Tabla 27 Escala del CIMMYT (1985), para la altura de mazorca.

Mazorcas	Alturas
Alta	> a 150cm
Media	100- 150
Baja	< a 100 cm

Tabla 28. Cuadro de datos de inserción de mazorcas(m)

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	0,98	0,83	0,92	1,08	3,81	0,95
T2 (U80)	1,06	1,00	0,98	1,15	4,19	1,05
T3 (110)	0,80	0,91	1,01	1,00	3,72	0,93
T4 (140)	0,75	0,86	1,03	0,94	3,58	0,90
T5 (170)	0,97	1,07	0,83	1,04	3,91	0,98
T6 (200)	0,81	1,21	0,91	1,08	4,01	1,00
TOTAL	5,37	5,88	5,68	6,29	23,22	0,97

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

Recogidos los datos de la altura de inserción de mazorcas vemos promedios muy similares difiriendo por poco entre sí, ya que bordean los 1 metros de altura a la inserción de mazorcas, ya que tenemos valores desde los 0,90 hasta los 1,05 metros de altura, además de contar con un promedio de 0,97 metros de altura.

Datos muy inferiores a los obtenidos por Panayco, (2018), el cual obtuvo altura a la inserción de mazorca de 1,40 metros difiriendo en poco más de 40 centímetros en todos los resultados obtenidos en los tratamientos de la presente investigación.

Tabla 29. Análisis de varianza de inserción de mazorca

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	0,06	0,01	0,99n.s	2,90	4,56
BLOQUES	3	0,07	0,02	2,11n.s	3,29	5,42
ERROR	15	0,18	0,01			
TOTAL	23	0,31	0,01			
C. V. (%)	11,21					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

El análisis de varianza para la variable altura de inserción de mazorcas, muestra con claridad que no existe diferencias significativas en los tratamientos al 1% y 5 % de probabilidad de error, de la misma forma ocurre en los bloques donde no existe diferencias significativas de tal forma no hay necesidad de realizar una prueba de comparación de medias. Por otro lado, el coeficiente de variación demuestra que los datos son medianamente homogéneos.

3.4 NÚMERO DE MAZORCAS POR PLANTA

Se contó las mazorcas cosechadas de cada unidad experimental, excluyendo las mazorcas secundarias que fueron muy pequeñas.

Tabla 30. Cuadro de datos de números de mazorca

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	2,00	1,00	2,00	1,00	6,00	1,50
T2 (U80)	2,00	2,00	1,00	2,00	7,00	1,75
T3 (110)	2,00	3,00	2,00	2,00	9,00	2,25
T4 (140)	3,00	2,00	2,00	3,00	10,00	2,50
T5 (170)	2,00	2,00	3,00	2,00	9,00	2,25
T6 (200)	3,00	3,00	3,00	2,00	11,00	2,75
TOTAL	14,00	13,00	13,00	12,00	52,00	2,17

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

En cuanto al número de mazorcas por planta de los datos recogidos podemos evidenciar que existen diferencias leves entre los promedios de los tratamientos, ya que los promedios van desde los 1,50 en el tratamiento testigo T1 (U0) hasta 2,75 mazorcas por planta en el tratamiento T6 (200) difiriendo en poco más de 1 mazorca por planta entre los tratamientos mínimo y máximo.

De acuerdo con los resultados obtenidos por Badillo Herrera, (2016), con una fertilización a base de un fertilizante preparado con estiércol de origen gallinaza se obtuvo promedios de 1 mazorca por planta y 2 mazorcas por planta mínimo y máximo promedio respectivamente, a diferencia del promedio obtenido por la presente investigación alcanzando promedios de 2 mazorcas por planta en la mayoría de los tratamientos.

Tabla 31. Análisis de varianza de números de mazorca

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	4,33	0,87	2,79n.s	2,90	4,56
BLOQUES	3	0,33	0,11	0,36 n.s	3,29	5,42
ERROR	15	4,67	0,31			
TOTAL	23	9,33	0,41			
C. V. (%)	25,74					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

El análisis de varianza realizado número de mazorcas por planta pone en evidencia que no existe diferencias significativas en los tratamientos al 1% y 5 % de probabilidad de error, de la misma forma en los bloques no se aprecian diferencias significativas, por lo que no amerita realizarse una prueba de comparación de medias. Por otro lado, vemos que el coeficiente de variación alcanzó un porcentaje de 25,74 % siendo datos heterogéneos, ya que se encuentran muy cercano a los 30 %, que es el límite aceptable en investigaciones a campo abierto, a diferencia de lo obtenido por Badillo Herrera, (2016) con un coeficiente de variación de 36,3 % demostrando una heterogeneidad notable.

3.5. DIÁMETRO DE LA MAZORCA (cm)

Los resultados obtenidos para 8 mazorcas de cada unidad experimental se presentan en la tabla 29, el diámetro de la mazorca es importante ya que se piensa que a mayor diámetro y longitud mayor número de granos y mayor rendimiento.

Tabla 32. Diámetro de la mazorca

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	5.60	8.20	6.20	7.00	27.00	6.75
T2 (U80)	5.58	6.24	6.90	6.60	25.32	6.33
T3 (110)	6.04	6.54	6.72	6.22	25.52	6.38
T4 (140)	5.89	5.94	6.04	6.18	24.05	6.01
T5 (170)	6.16	6.28	6.46	5.74	24.64	6.16
T6 (200)	6.00	7.10	6.36	5.86	25.32	6.33
TOTAL	35.27	40.30	38.68	37.60	151.85	6.33

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

Como se muestra en la tabla la comparación de medias, los niveles más altos de nitrógeno presentan menor diámetro del tratamiento testigo (6.75 cm), los cuales presentan un diámetro que oscila entre 6.01 cm a 6.38 cm. Según Reyes (1986), la magnitud del diámetro de la mazorca y su número son de mayor importancia por ser elementos correlativos en el rendimiento del grano; los atributos anteriores tienen una baja heredabilidad, es decir se ven sumamente afectados por el medio ambiente los valores obtenidos del porcentaje de heredabilidad van de 10- 30%.

Tabla 33. Análisis de Varianza para el diámetro de la mazorca

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	G.L.	S.C.	CM	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	1.23	0.247	0.91n.s	2,90	4,56
REPLICAS	3	2.23	0.742	2.74n.s	3,29	5,42
ERROR	15	4.07	0.271			
TOTAL	23	7.53	0.327			
C.V. (%)	8.23					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

El análisis estadístico presentado para la variable diámetro de mazorca con 5% y 1% de probabilidad, detalla que no existen diferencias significativas entre tratamientos y bloques, lo que indica que las diferentes dosis de nitrógeno aplicados al suelo no tienen efecto diferenciado, para el carácter en evaluación.

Ramos (2000), menciona que los componentes de rendimiento, diámetro de la mazorca, se comportan de manera similar ya sea que tengan riego, nutrientes en el suelo o no dispongan de ello, debido a la plasticidad de crecimiento fenotípica de la especie, ya que hasta esta fase los requerimientos de nutrientes no son altos no pasan del 45-50% del requerimiento total de la planta.

Para esta variable el coeficiente de variación es 8.23 % valor menor al 30% recomendable, y aceptable para ensayos en campo.

3.6 PESO DE LA MAZORCA (gr)

Al igual que la anterior variable, el peso de mazorca, es una de las variables que inciden directamente en el rendimiento en grano del cultivo de maíz. En la siguiente tabla se presentan los valores registrados para cada tratamiento.

Tabla 34. Peso de la mazorca (gr)

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	162.80	163.00	167.30	173.50	666.60	166.65
T2 (U80)	176.04	186.20	192.60	188.14	742.98	185.75
T3 (110)	196.70	172.20	174.60	179.12	722.62	180.66
T4 (140)	163.60	196.50	199.40	172.80	732.30	183.08
T5 (170)	178.90	166.80	175.30	182.69	703.69	175.92
T6 (200)	165.20	164.40	162.70	189.56	681.86	170.47
TOTAL	1043.24	1049.10	1071.90	1085.81	4250.05	177.09

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

En el cuadro se observa que el tratamiento T2 (80 Kg de urea), presenta el valor más alto en el peso de mazorca, con valor de 185.75 gr., seguido del tratamiento T4 y T3 con valores de 183.08 gr y 180.66 gr, respectivamente, difiriendo de la media y el testigo que presentan valores de 177.09 y 166.65 g/mazorca, respectivamente. Al respecto Tanaka y Yamaguchi (1984), citado por Cusicanqui (1992), indican que el peso de las mazorcas es un carácter genético, que no es afectado por las condiciones del cultivo, pero que el número de granos por hilera puede variar con un decremento del nivel de nitrógeno.

Tabla 35. Análisis de Varianza para el peso de la mazorca

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	G.L.	S.C.	CM	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	1110.74	222.149	1.71 n.s	2,90	4,56
REPLICAS	3	197.04	65.679	0.50n.s	3,29	5,42
ERROR	15	1952.80	130.187			
TOTAL	23	3260.58	141.764			
C.V. (%)	6.44					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

El análisis de varianza presentó no presento diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación. El coeficiente de variación fue de 6,44 %, valor aceptado para esta evaluación.

Blacut (1997), demostró que la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y fertilizantes químicos, influyen de forma significativa en el peso de las mazorcas y el número de hileras por mazorca, las variedades mejoradas presentan mayor peso de las mazorcas y mayor número de hileras por mazorcas en promedio 12 hileras.

3.7. PESO DE LOS GRANOS DE TODA LA MAZORCA

El peso total de los granos de la mazorca es también una de las variables, que influyen en el rendimiento final del cultivo, en la tabla se presentan los valores medios para cada nivel de nitrógeno aplicado al suelo.

Tabla 36. Peso de los granos de toda la mazorca (gr)

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	178.40	180.70	180.50	181.30	720.90	180.23
T2 (U80)	180.20	181.80	183.20	180.60	725.80	181.45
T3 (110)	175.80	178.30	182.40	181.70	718.20	179.55
T4 (140)	177.50	181.70	183.70	179.50	722.40	180.60
T5 (170)	175.80	173.60	178.80	180.30	708.50	177.13
T6 (200)	173.20	178.20	177.90	179.80	709.10	177.28
TOTAL	1060.90	1074.30	1086.50	1083.20	4304.90	179.37

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

En la tabla 33, se muestra que el mayor peso de los granos de toda la mazorca se obtuvo con el tratamiento T2 (80 kg de urea), con un peso de 181.45 gramos, comparados estos con la media general no difiere en peso, lo cual demuestra que existe efecto significativo de los niveles de nitrógeno en el peso del grano.

Tabla 37. Análisis de Varianza para el peso de los granos de toda la mazorca

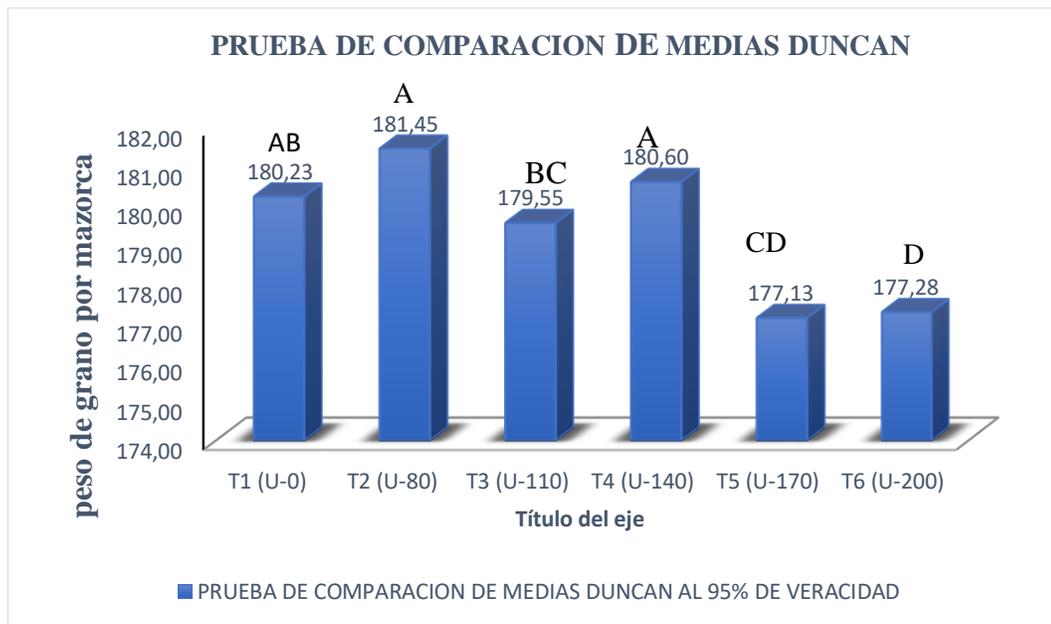
FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	G.L.	S.C.	CM	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	64.13	12.825	4.17*	2,90	4,56
REPLICAS	3	65.46	21.822	7.10**	3,29	5,42
ERROR	15	46.10	3.073			
TOTAL	23	175.69	7.639			
C.V. (%)	0.98					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

Los niveles de fertilización con nitrógeno muestran diferencias significativas entre tratamientos y diferencias altamente significativa entre replicas al 5% y 1% de significancia ya que al 5 % “F” Calculado 7.10 es mayor que “F” Tabulado en los dos niveles de significación. Rivera y Morales (1997), no encontraron respuestas significativas para esta variable de grano al estudiar niveles de nitrógeno similares en las variedades mejoradas NB-6 y NB-12, respectivamente.

Para esta variable el coeficiente de variación es 0.98 % valor menor al 30% recomendable, y aceptable para ensayos en campo.

Gráfico 3: prueba de comparación de medias para el peso de grano de mazorca Duncan



Observando el grafico 3 después de realizar la prueba de comparación de medias podemos decir que los t2(U-80) y t4(U-140) son los que demuestran un mayor peso de grano por mazorca entre réplicas y t3(U-140), t5(U-170) y t6(U-200) son estadísticamente iguales

3.8. PESO DE 100 GRANOS DE SEMILLA

De igual forma se registró como variable el peso de 100 granos de semilla, lo cual ha permitido, realizar comparaciones con las variables de rendimiento, en la tabla se presentan estos valores.

Tabla 38. Peso de 100 granos de semillas de Maíz (gr)

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	39.00	50.90	54.78	56.32	201.00	50.25
T2 (U80)	40.39	48.48	55.36	55.20	199.43	49.86
T3 (110)	47.88	52.12	56.70	48.98	205.68	51.42
T4 (140)	57.26	56.38	55.88	54.26	223.78	55.95
T5 (170)	41.52	46.16	51.26	56.82	195.76	48.94
T6 (200)	52.98	58.00	55.38	53.87	220.23	55.06
TOTAL	279.03	312.04	329.36	325.45	1245.88	51.91

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

De acuerdo a los resultados se resalta, que el T4 (Aplicación de 140 kg de urea), presenta el mayor peso de los 100 granos de maíz con un valor de 55.95 gr., seguido del tratamiento T6 (Aplicación de 200 kg de urea), con un valor de 55.06 gr. Se llegó a determinar una media de 51,91 gr de peso de los 100 granos de maíz.

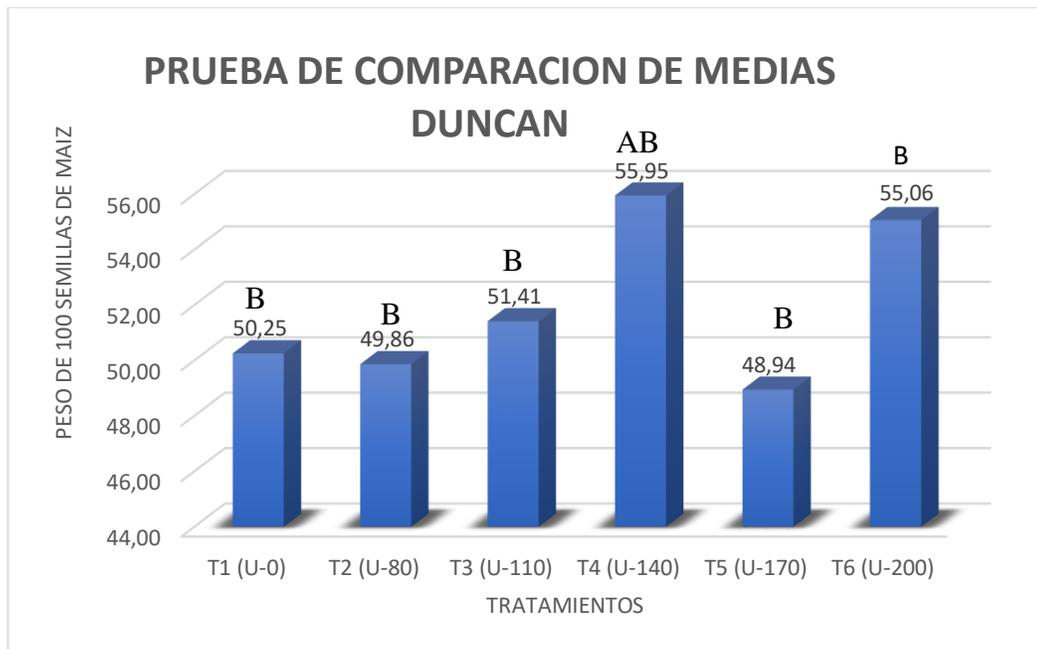
Tabla 39. Análisis de Varianza para el peso de los 100 granos de semilla de maíz

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	G.L.	S.C.	CM	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	168.87	33.774	1.88 n.s	2,90	4,56
REPLICAS	3	261.36	87.121	4.845*	3,29	5,42
ERROR	15	269.71	17.980			
TOTAL	23	699.94	30.432			
C.V. (%)	8.17					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

De acuerdo con el análisis de la varianza para esta variable presentó valores significativos entre las réplicas a un 5% de significación, un coeficiente de variación de 8,17 % valor menor al 30% recomendable, y aceptable para ensayos en campo.

Torrez (2000), menciona que al aumentar la densidad de siembra disminuye el rendimiento de grano por mazorca y sus componentes, tamaño de grano, peso de grano, se puede corroborar que los niveles de nitrógeno del suelo intervienen en número y en el peso del grano.

GRAFICO 4: Prueba de comparación de medias para el peso de 100 semillas

Tal como podemos observar en el grafico 4, después de realizar la prueba de medias se puede decir que estadísticamente no existe diferencias entre las réplicas.

3.9. DIAMETRO DEL GRANO DE MAIZ (mm)

La calidad física de mayor importancia para clasificar las variedades es por su tamaño de grano, en este caso el diámetro del grano de maíz. En la tabla se establecen los valores del diámetro del grano de maíz para cada uno de los niveles de nitrógeno aplicados.

Tabla 40. Diámetro del grano de Maíz (mm)

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	8.10	7.88	8.34	8.84	33.16	8.29
T2 (U80)	9.02	8.16	8.12	8.37	33.67	8.42
T3 (110)	8.65	9.52	8.83	8.14	35.14	8.79
T4 (140)	8.66	9.71	8.84	9.14	36.35	9.09
T5 (170)	7.98	8.48	8.54	9.06	34.06	8.52
T6 (200)	9.10	9.34	8.71	8.05	35.20	8.80
TOTAL	51.51	53.09	51.38	51.60	207.58	8.65

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

La tabla anterior, nos muestra una variación en el diámetro del grano leve entre los diferentes tratamientos, estos están ente 8.29 mm a 9.09 mm. Siendo que el T4 (Aplicación de 140 kg/ha de urea), el que presenta el mayor diámetro con un valor de 9.09 mm, seguido del tratamiento T6 (Aplicación de 200 kg/ha de urea) que presenta un valor de 8.80 mm. Se pudo establecer la media de 8.65 mm. de diámetro.

Torrez (2000), menciona que al aumentar la dosis de nitrógeno disminuye el tamaño del grano y el peso del grano, producido por plantas, se puede corroborar que la fertilidad del suelo interviene en el tamaño del grano los que influye en el rendimiento final.

Tabla 41. Análisis de Varianza para el diámetro de los granos de maíz

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	G.L.	S.C.	CM	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	1.74	0.347	1.35 n.s	2,90	4,56
REPLICAS	3	0.32	0.107	0.42 n.s	3,29	5,42
ERROR	15	3.86	0.257			
TOTAL	23	5.91	0.257			
C.V. (%)	5.86					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

De acuerdo con el análisis de la varianza para esta variable no se presentan diferencias significativas, entre tratamientos y entre las réplicas, al 5% y 1% de probabilidad, presenta un coeficiente de variación de 5.86 % valor menor al 30% recomendable, y aceptable para este tipo de ensayos en campo.

3.10. LONGITUD DEL GRANO

De igual forma para determinar la calidad física del grano de maíz, en la longitud del grano. En la tabla se establecen los valores la longitud del grano de maíz para cada uno de los niveles de nitrógeno aplicados.

Tabla 42. Longitud del grano de Maíz (mm)

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	11.34	11.68	10.88	12.10	46.00	11.50
T2 (U80)	11.92	12.64	11.24	11.44	47.24	11.81
T3 (110)	12.60	11.88	10.87	12.54	47.89	11.97
T4 (140)	11.34	11.66	10.20	12.59	45.79	11.45
T5 (170)	11.15	12.54	11.52	11.83	47.04	11.76
T6 (200)	11.40	12.12	11.63	10.54	45.69	11.42
TOTAL	69.75	72.52	66.34	71.04	279.65	11.65

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

De igual forma en la tabla anterior, nos muestra una variación en la longitud del grano donde no existe mucha variación entre los diferentes tratamientos, los valores están ente 11.42 mm a 11.97 mm., lo cual nos muestra uniformidad en la longitud y tamaño del grano. Siendo que el T3 (Aplicación de 110 kg/ha de urea), el que presenta el mayor diámetro con un valor de 11.97 mm, seguido del tratamiento T2 (Aplicación de 80 kg/ha de urea) que presenta un valor de 11.81 mm. Siendo la media general de 11.65 mm. de diámetro. Este trabajo es corroborado por Torrez (2000), que establece que la dosis de nitrógeno no influye en la longitud del grano. Esta variable es importante tomarla en cuenta ya que influye en la calidad del grano y el rendimiento final.

Tabla 43. Análisis de Varianza para la longitud de los granos de maíz

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	G.L.	S.C.	CM	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	1.03	0.206	0.54 n.s	2,90	4,56
REPLICAS	3	3.48	1.159	3.05 n.s	3,29	5,42
ERROR	15	5.70	0.380			
TOTAL	23	10.20	0.444			
C.V. (%)	5.29					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

De acuerdo con el análisis de la varianza, no se presentan diferencias significativas, entre tratamientos y entre las réplicas, al 5% y 1% de probabilidad, se presenta un coeficiente de variación de 5.29 % valor menor al 30% recomendable, y aceptable para este tipo de ensayos en campo.

3.11. NUMERO DE GRANOS EN LA MAZORCA

Otro de los aspectos fundamentales que inciden en el rendimiento final del maíz, es el número de granos que presentan cada mazorca. Según Acebey (2005), demostró que la fertilización nitrogenada, permite desarrollar mayor número de granos por mazorca, comprobados en las variedades Opaco 2 con 509.48 y la variedad Ibo 28 que es el de menor número de granos con 356.70 granos, también atribuye las diferencias a la constitución genética de las variedades y a los factores ambientales que incidieron en él. En la tabla se presenta los valores registrados para el presente estudio.

Tabla 44. Número de granos en la mazorca de Maíz (mm)

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDI A
	I	II	III	IV		
T1 (U0)	424.00	405.00	419.00	411.00	1659.00	415.00
T2 (U80)	420.00	424.00	439.00	445.00	1728.00	432.00
T3 (110)	468.00	433.00	434.00	433.00	1768.00	442.00
T4 (140)	416.00	449.00	436.00	483.00	1784.00	446.00
T5 (170)	433.00	497.00	473.00	455.00	1858.00	464.00
T6 (200)	413.00	435.00	429.00	449.00	1726.00	432.00
TOTAL	2574.00	2643.0 0	2630.0 0	2676.0 0	10523.0 0	439.00

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

Las medias de los niveles de nitrógeno aplicados al suelo nos muestran que existe una variación en el número de granos de la mazorca, que oscila entre 415 a 464 granos/mazorca, siendo que el T5 (Aplicación de 170 kg/hectárea de urea), es el que mayor número de granos presenta (464 granos/mazorca) y el T1 (Sin Aplicación de urea) presenta el menor número de granos/mazorca con un valor de 415 granos, estableciéndose una media de 439 granos/mazorca, la aplicación de estiércol libera una cantidad de nutrientes que se encuentra disponibles para la planta y este favorecería el llenado del grano que requiere mayor porcentaje de nutrientes, corroborado por Aldrich y Leng (1986), que indican que la disponibilidad de N, P y K en suelo, apoya al llenado del grano y por ende al número de granos en la mazorca, donde la planta absorbe el 50 -60% de nitrógeno requerido por cultivo.

Tabla 45. Análisis de Varianza para el número de granos en la mazorca de maíz

FUENTES DE VARIACIÓN (FV)	G.L.	S.C.	CM	"F" CALCULADA	"F" TABULADO	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	5599.21	1119.842	2.85 n.s	2,90	4,56
REPLICAS	3	903.13	301.042	0.77n.s	3,29	5,42
ERROR	15	5893.63	392.908			
TOTAL	23	12395.96	538.955			
C.V. (%)	4.52					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

El análisis estadístico del cuadro 42, demuestra que para el carácter número de granos por mazorca al 5% y 1% de probabilidad, no existen diferencias significativas ni entre tratamientos y replicas, presenta un coeficiente de variación de 4.52% valor menor al 30%, se considera confiable y aceptable para ensayos en campo, el cual varía entre 9% - 30% de coeficiente de variación según Calzada (1982).

3.12 RENDIMIENTO (Kg/ha)

Peso de campo

Para obtener el rendimiento, primeramente, se cosecharon los 2 surcos de cada unidad experimental, se procedió al pesado de las mazorcas con marlo y sin chala, registrando este dato en kilogramos.

Coefficiente de desgrane

Se tomó al azar 3 mazorcas seleccionadas por cada unidad experimental pesando las mazorcas con marlo, seguidamente se desgranaron y se determinó el peso sin marlo. De acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Desg. (\%)} = \text{peso de la mazorcas con marlo} \div \text{peso de mazorcas sin marlo} \times 100$$

Humedad de grano

El grano de las mazorcas cosechadas y pesadas, fue utilizado para determinar el porcentaje de humedad de grano individual; es decir, por cada tratamiento y repetición. Homogenizando todas a una sola humedad

. Rendimiento

Una vez que se determinó el peso de campo y el contenido de humedad fue ajustada al 14.5%. Se calculó el rendimiento en kg/ha de cada unidad experimental de los diferentes híbridos con la siguiente fórmula.

$$\text{Rto (kg/ha.)} = PC \times \frac{100-Hc}{100-Hs} \times \frac{10000}{Ap} \times \text{Desg. (\%)}$$

Donde:

Rend= Rendimiento

Pc = Peso de campo (kg)
cosechados (2)

Hc = Porcentaje de humedad
cm)

Hs = Porcentaje de humedad estándar (13%)
(5m)

10000 = Superficie de una hectárea (10000 m2)
(0,25cm)

Ap = Superficie de una parcela

Donde:

Ap= (A x B) x (C x D)

A =Número de surcos

B =Distancia entre surcos (0,60

C = Longitud del surco

D =Distancia entre plantas

Tabla 46. Cuadro de datos del rendimiento

TRATAMIENTOS	REPLICAS				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1	2840	2650	2980	2650	11120	2780
T2	3410	3960	3840	3650	14860	3715
T3	3860	3540	3770	3650	14820	3705
T4	3950	3950	3910	4470	16280	4070
T5	3800	3620	3580	3530	14530	3633
T6	3870	4180	4060	3960	16070	4018
SUMA	21730	21900	22140	21910	87680	

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

De los datos obtenidos para el rendimiento por medio de las formulas establecidas por el CIMMYT, vemos que los promedios están desde los 2780kilogramos hasta los 4070 kilogramos por hectárea, en los tratamientos testigo T1 (U0) y tratamiento T4 (140) respectivamente difiriendo en 2000 kilogramos por hectárea, asimismo llegamos a observar que el promedio general es de 3650 kilogramos por hectárea.

Tabla 47. Análisis de varianza del rendimiento

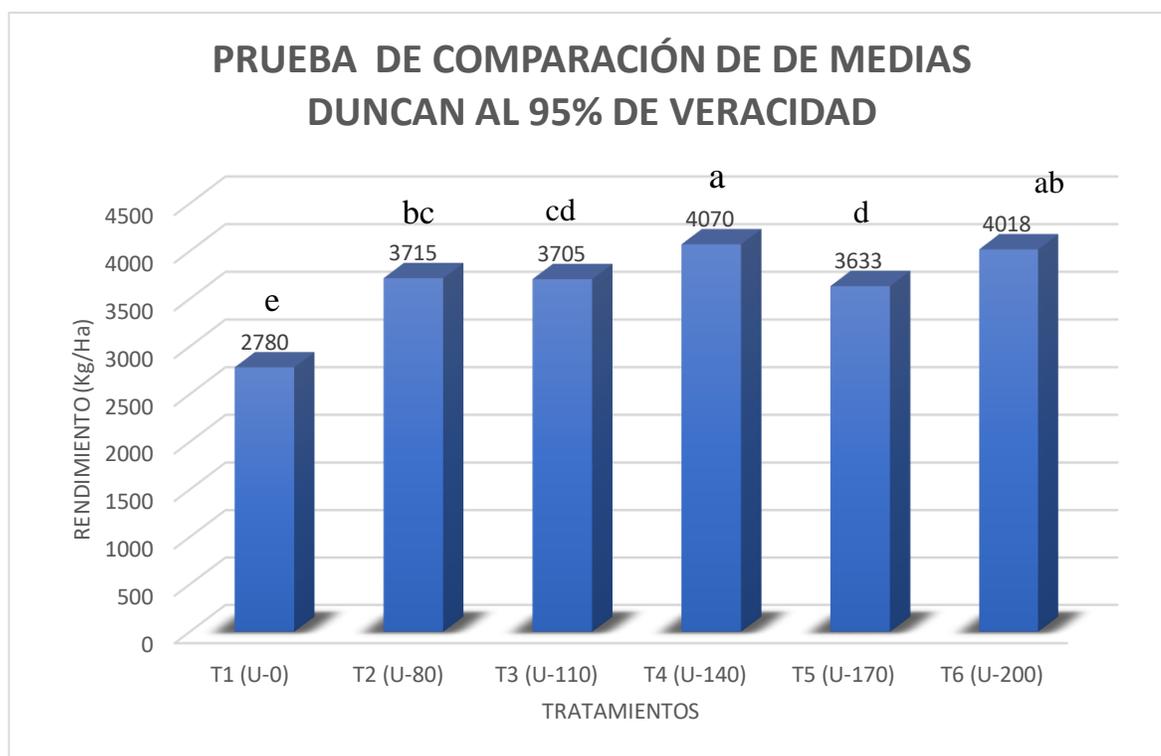
FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	5	4303383,33	860676,67	21,38**	2,90	4,56
Bloques	3	14166,67	4722,22	0,12	3,29	5,42
Error	15	603783,33	40252,22			
Total	23	4921333,33				
C.V. (%)	5,49					

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

Concluido el análisis de varianza observamos que sí, existe diferencias significativas en los tratamientos al 5 % de probabilidad de error y no así al 1 %, sin embargo, es necesario recurrir a una prueba de comparación de medias con el fin de establecer los niveles de confianza. Por otro lado, el coeficiente de variación demuestra que los datos son homogéneos, debido a que cuenta con 5,81 %.

En cuanto al rendimiento Moreira, (2021) obtenido, una investigación con distintos niveles de fertilización nitrogenada alcanzó un promedio mayor fue 17.07 Ton/ha, perteneciente a la interacción N1D1, nitrógeno 120 kg/ha y distanciamiento de siembra de 0,8m * 0,20 m; superior a los demás tratamientos y el menor rendimiento lo obtuvo los tratamientos N3D3, nitrógeno 180 kg/ha y distanciamiento de siembra de 0,8m * 0,30m, con 13.26 Ton/ha, ambos rendimientos muy superiores los obtenidos en la presente investigación ya que el promedio general obtenido fue de 10,66 toneladas por hectárea.

Gráfico 5. Prueba de comparación de medias de tratamientos del Rendimiento



Tal como apreciamos la Gráfica de prueba de comparación de medias, vemos que existe diferencias estadísticas entre los tratamientos, por lo que según los niveles de confianza establecidos, el tratamiento T4 (140), con una dosis de 140 kilogramos por hectárea de urea alcanzó un rendimiento superior con 4070 kg/ha representado por la letra A, sin embargo los tratamientos T2 (U80) representado por la letra D, T3 (110) representado por las letras CD, y T6 (200) representados por las letras AB alcanzaron un rendimiento entre las 3705 hasta 4020 kg por hectárea, encontrándose con el rendimiento más inferior el tratamiento T5 (170) con 3633 representado por la letra D y el tratamiento testigo T1 (U0) sin la aplicación de ninguna cantidad de urea que alcanzó 2780 kilogramos por hectárea representado por la letra E.

Según una investigación realizada por Panayco, (2018) estudiando fuentes solas y combinadas de nitrógeno en dos variedades de maíz choclo, con la variedad Chancayano obtuvo un rendimiento de 12,123 kg./ha, superando a la variedad Criolla, que alcanzó un rendimiento de 9,661 kg./ha. La fuente de abonamiento combinada de 50% urea + 50% sulfato de amonio, alcanzó el mayor rendimiento de 12,806 kg. /ha., de maíz choclo. El mejor tratamiento fue la combinación de la variedad Chancayano con el abonamiento combinado de 50% urea + 50% sulfato de amonio, arrojando el mayor rendimiento de 14,279 kg. /ha., de maíz choclo; así como para los componentes del rendimiento. Rendimientos muy altos que claramente pueden ser atribuidos a la respuesta dada por las variedades en estudio.

3.13 ANÁLISIS ECONÓMICO

En la elaboración del análisis económico del cuadro 45, se consideró la pérdida del 10% (rendimiento ajustado), para obtener los costos de producción, se calculó de acuerdo a los insumos utilizados para cada tratamiento los que derivaron en costos diferentes entre cada tratamiento. Los datos se presentan a continuación.

Tabla 48. Relación Beneficio / Costo (R B/C)

TRATAMIENTO	Costo Total (Bs)	Beneficio (Bs)	Beneficio/Costo
T1 (U0)	3952,00	26628,00	6,73
T2 (U80)	4383,00	36537,00	8,33
T3 (110)	4478,00	36332,00	8,11
T4 (140)	4621,00	40149,00	8,68
T5 (170)	4765,00	35165,00	7,37
T6 (200)	4908,00	39312,00	8,00

FUENTE: elaboración propia, con datos de campo

En cuanto al análisis económico que se realizó para la presente investigación proyectados para una hectárea, considerando que el precio en el mercado es de Bs 11 el kilogramo de maíz (semilla certificada), se pudo observar que existe un retorno económico muy alto en todos los tratamientos aplicados, ya que tenemos retornos económicos arriba de los 6 bolivianos por cada unidad monetaria invertida como mínimo y arriba de los 8 bs como máximo

Siendo el mejor beneficio en el tratamiento (T4) con un retorno de 8,68 bs por unidad monetaria invertida

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- En base a la cantidad de materia seca (MS) producida en una tonelada (T) de maíz a 14.5% de humedad, y una extracción de nitrógeno (N), de 15 kg/T, se pudo determinar que para la producción de 6 Ton/ha de maíz, establecido como meta inicial, la extracción de nitrógeno por la planta es de 80 kg/ha, valor base para la determinación de los niveles de fertilización a aplicar en el presente estudio.
- Los resultados del análisis de suelos muestran, que, para las características físicas, los siguientes valores: con respecto a la textura del suelo es franco – Arcillosa ambiente apto para el cultivo de maíz con la adición de materia orgánica al suelo. Por otro lado, la conductividad eléctrica es de 0,173 mmho/cm suelos (no salino) y una densidad aparente es de 1.49 gr/cm³
- Los resultados del análisis químico del suelo muestran, que el pH es de 5.8 un suelo moderadamente ácido, el contenido de materia orgánica es de 0.97% lo cual está dentro de los parámetros de contenido muy bajo de materia orgánica, igual situación se presenta con el nitrógeno total se tiene un 0.05%, existe un muy bajo contenido de nitrógeno en el suelo, por lo cual se requiere un porcentaje de nitrógeno alto. El fósforo disponible o fósforo elemental en campo fue 31.96 ppm; según los parámetros cuando el fósforo disponible es mayor a 25 ppm (Muy Alto) existe alto contenido de fósforo y no se requiere fósforo en el suelo. Finalmente, el potasio intercambiable es bajo en el suelo presenta un valor de 0.09 meq/100 gr. por lo cual hay que agregar potasio al suelo de forma moderada.
- Las Necesidades aproximadas de Nitrógeno (N), Fósforo (P₂O₅) y Potasio (K₂O), para el cultivo de maíz es de 80 kg/ha de Nitrógeno, 40 kg/ha de Fósforo y 60 kg/ha de Potasio, constituyéndose en la dosis adoptados, para los niveles de producción especificados, en base a este requerimiento del cultivo y cantidad de nutrientes en el suelo, se determinó la cantidad de nutrientes a aplicar al suelo, se establece que existe deficiencia en nitrógeno (51.09 kg./ha), y un exceso en fósforo elemental y potasio.

- En relación a la respuesta de los seis niveles de fertilización, se pudo evidenciar que existe un comportamiento muy similar en el desarrollo ya que no existió diferencias estadísticas en las variables de altura, altura a inserción de mazorcas y número de mazorcas por planta, ya que solo se observó diferencias en el rendimiento donde los tratamientos T4 (140) y T6 (200), con una dosis de 140 y 200 kilogramos de urea por hectárea alcanzaron rendimientos superiores a las 4000kgs por hectárea.
- En el caso del factor niveles de nitrógeno aplicados al cultivo de maíz variedad INIAF PIRITI, no se encontraron diferencias entre los diferentes niveles, para las variables agronómicas como ser: altura de planta, número de mazorcas por planta, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, pero si existe diferencias significativas para las variables de número de granos por mazorca y rendimiento de grano (kg/ha).
- En cuando a la altura de la planta no se observó diferencia significativa, se obtuvo un coeficiente de variación de 5,82. En la altura a inserción de mazorca un coeficiente de variación de 11,21 y en números de mazorca por planta un coeficiente de variación de 25,74
- En cuanto al rendimiento obtenido según las metodologías del CIMMYT, se observó el rendimiento más alto con el tratamiento T4 (140 kg de urea) con un rendimiento superior a los 4070 kilogramos y siguiente el tratamiento T6 (200 kg de urea) con un rendimiento de 4018 kg por hectárea.
- En cuanto a la categorización de mejor nivel de fertilización podemos mencionar el tratamiento T4 (140) ya que este obtuvo un rendimiento por encima de las 4000kgs por hectárea, sin embargo, todos los tratamientos donde se aplicó una dosis de urea tuvieron un rendimiento aceptable. Ya que a pesar de haber sufrido un factor incontrolable (granizo) de un 10% de afectación, se pudo observar buenos resultados
- En cuanto al análisis económico Se observó claramente que todos los tratamientos obtuvieron retornos económicos arriba de los 6 bolivianos por cada unidad monetaria invertida

4.2 RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos como resultado de la evaluación se les puede recomendar lo siguiente:

- De acuerdo al análisis de suelo y la determinación de la disponibilidad de nutrientes para la planta se recomienda la aplicación de materia orgánica como fuente de nitrógeno y que nos apoyaría a mejorar las características físico químicas del suelo
- Se recomienda utilizar una dosis media de 140 Kilogramos por hectárea ya que el mismo realizando un manejo adecuado es capaz de ofrecer altos rendimientos y buenos ingresos económicos.
- Se recomienda realizar un manejo adecuado en relación a la fertilización nitrogenada a ofrecer, ya que como se pudo observar niveles de fertilización superiores a 140 kilogramos por hectárea dieron un rendimiento igual o inferior, pero con un costo superior, por lo que debe considerarse esa cuestión para el cultivo del maíz.
- Se recomienda trabajar con semillas categorizadas para así poder obtener mejores mercados con mejores precios, ya que hoy en día un buen porcentaje de la población de agricultores opta por sembrar semilla de alguna categoría para así garantizar su producción y su retorno económico