

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

El maíz es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal. El origen y la evolución del maíz es un misterio, porque ha llegado a nosotros altamente evolucionado, sin que se conozcan formas intermedias (Asturias, 2004).

El maíz es un cereal nativo de América, cuyo centro original de domesticación fue Mesoamérica, desde donde se difundió hacia todo el continente. No hay un acuerdo sobre cuándo se empezó a domesticar el maíz, pero los indígenas mexicanos dicen que esta planta representa, para ellos, diez mil años de cultura (Riveiro, 2004).

Debido a su productividad y adaptabilidad, el cultivo del maíz se ha extendido rápidamente a lo largo de todo el planeta después de que los españoles y otros europeos exportaran la planta desde América durante los siglos XVI y XVII. El maíz es actualmente cultivado en la mayoría de los países del mundo y es la tercera cosecha en importancia (después del trigo y el arroz). Al momento, los principales productores de maíz son Estados Unidos, la República Popular de China y Brasil (Asturias, 2004).

El maíz es el principal cereal cultivado en el ámbito mundial, ya que aun cuando la superficie cosechada con trigo en promedio de los últimos cinco años en todo el mundo superó a la del maíz en alrededor de un 28%, la producción de maíz promedio obtenida en los últimos cinco años en el mundo superó a la media del mismo período registrada en el cultivo del trigo en un 23% (FAO, 2017).

El informe de la ONU (2003) destaca que la población mundial está en continuo crecimiento y con ella no solo crece la demanda de agua para usos domésticos, sino que también lleva a un aumento de la demanda de alimentos y por lo tanto a un aumento del agua necesaria para producirlos. En muchos casos para suplir esta demanda se recurre al riego para así obtener un mayor rendimiento del cultivo por año.

Los hidrogeles se pueden definir como materiales poliméricos entrecruzados en forma de red tridimensional de origen natural o sintético, que se hinchan en contacto con el agua formando materiales blandos y elásticos, y que retienen una fracción significativa del agua en su estructura sin disolverse. El mecanismo por el cual los polímeros son capaces de absorber tanto volumen de soluciones acuosas no es solamente físico, sino que depende de la naturaleza química del polímero. Las fuerzas que contribuyen al hinchamiento de los hidrogeles son la energía libre de mezcla y la respuesta elástica del entrecruzamiento (Carhuapoma y Santiago, 2005).

Entre las características más importantes de los hidrogeles se encuentran su capacidad de absorción y retención de agua, que depende de la naturaleza de los monómeros empleados en su síntesis y del grado de entrecruzamiento de la red macromolecular.

Una aplicación que está cobrando interés en la actualidad es el empleo de estos polímeros en el campo de la agricultura, para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas. Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, y por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma. Estos factores son suficientes para mejorar la actividad biológica y aumentar la producción del suelo.

La presente investigación se realizó en la comunidad de Campo Grande, perteneciente al cantón Porcelana, se encuentra al sudeste de la ciudad de Bermejo, distante a 10 kilómetros, los suelos de esta zona son de origen aluvial, son extensiones grandes con pocas ondulaciones. La textura de los suelos es franco arcillo-limoso y franco arcilloso.

1.1 Problema.

El cultivo de maíz es uno de los principales granos que se producen a nivel mundial, anualmente la producción es de 850 millones de toneladas, cultivadas en una superficie de 162 millones de hectáreas, con una producción promedio de 5.2 t/ha. (Yara Bolivia, 2022), siendo una de las principales fuentes de alimentación humana, así también para la alimentación de animales. Debido a su alto contenido de almidón, proteínas y otros compuestos. La producción de maíz en Bolivia actualmente es de 1.038.023 toneladas anuales (Claure, 2019), La producción de maíz

en el municipio de Bermejo se ve limitada por los escasos de agua determinada en la época estiaje es menor, de junio a septiembre; sin embargo, esto varía anualmente adelantándose o retrasándose un mes. El agua ha sido desde siempre el factor que más incide en la producción de maíz. El estrés hídrico es a menudo el factor ambiental más importante que afecta la sobrevivencia, el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. Para lo cual es importante buscar alternativas y formas para contrarrestar esta problemática.

De acuerdo a registros, las precipitaciones ocurridas en un año normal, sobrepasa los 1100 mm lo que significa un buen aporte hídrico vertical; sin embargo, su comportamiento experimenta una variabilidad gradual, ya que, el año 2011 la precipitación media llegó a 65.3 mm/diaria. En el año 2012 se registró la precipitación media máxima diaria de 73.8 mm/diaria. (Anexo 1.)

Un hidrotenedor mejora las condiciones del cultivo en regiones con escasez de agua, y ayuda a frenar la desertificación. El beneficio de utilizar estos retenedores de agua, es que la planta se desarrolla con normalidad al ser incorporado a la siembra. Este compuesto puede ser utilizado incluso cuando un área carece de una precipitación suficiente (Anderson, 2009)

Estos retenedores están formados por varias moléculas de monómeros de acrilato, tienen la capacidad de retener hasta 400 veces su peso en agua destilada (Porles, 2018). Este material polimérico forma una red entrecruzada con estructura tridimensional, que por su naturaleza tiene propiedades absorbentes. Las cargas negativas existentes, permite el ingreso del agua, mediante la repulsión de las cadenas poliméricas (Coggino, 2008).

Como una solución a este problema se propone realizar un estudio técnico, utilizando como enmienda el acrilato de potasio en la producción de maíz, bajo tres dosificaciones diferentes. Por lo que, el presente trabajo facilitara información técnica de la acción y efecto del acrilato de potasio para retener la humedad del suelo y ponerla a disposición de las raíces de las plantas y así evaluar el rendimiento del cultivo de maíz. Con lo cual se busca que los agricultores no pierdan sus cultivos por escasos de agua y logren mejorar su producción.

1.2 Justificación.

Con el presente trabajo de investigación sobre el rendimiento del cultivo de maíz aplicando tres dosificaciones diferentes de poliacrilato de potasio, se obtendrá datos estadísticos, los cuales estarán a disposición y beneficiarán a los productores de maíz de la comunidad de Campo Grande, y así también productores de otras comunidades que deseen basarse en el presente estudio para mejorar su producción a través de la aplicación de poliacrilato de potasio en el cultivo de maíz.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

- Evaluar la calidad y cantidad de producción de maíz mediante la aplicación de Poliacrilato de potasio, para contribuir a la seguridad alimentaria.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Realizar el seguimiento al desarrollo fenológico del cultivo en cada tratamiento.
- Determinar el rendimiento t/ha del maíz Var. Algarrobal 108, mediante la aplicación de diferentes dosis de Poliacrilato de potasio.
- Determinar el beneficio/costo de los tratamientos planteados en la presente investigación.

1.4 Hipótesis alternativa.

Con la aplicación de Poliacrilato de potasio se obtendrá un mejor y mayor rendimiento en la producción de maíz.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Origen del maíz.

El origen del maíz ha sido causa de discusión desde hace mucho tiempo. Numerosas investigaciones revelan que esta gramínea tiene su origen en México hace unos 7000 años, como el resultado de la mutación de una gramínea silvestre llamada Teosinte. Y seguramente antiguos mexicanos se interesaron en reproducir esta planta y por selección, produjeron algunas variedades mutantes (Grupo Semillas, 2012).

2.2 Taxonomía.

La clasificación del maíz puede ser botánica o taxonómica, comercial, estructural, especial y en función de su calidad.

2.3 Clasificación botánica.

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

Fuente: (CABRERIZO, C. 2012)

2.4 Estructura del maíz.

Cabrerizo, C (2006) señala que el maíz puede dividirse en varios tipos (razas o grupos), en función de calidad, cantidad y patrón de composición del endospermo. La primera clasificación se realizó en Estados Unidos, por lo que aún se conservan los nombres en inglés, siendo estos aceptados internacionalmente. Esta clasificación atiende a la estructura de los granos que produce, lo que origina los siguientes tipos de maíz:

- **Dent-corn** es el maíz dentado, también llamado “diente de caballo”, caracterizado por presentar una depresión.
- **Flint-corn** presenta un grano duro y liso, llamado “maíz duro”.
- **Sweet-corn** es el maíz azucarado.
- **Soft-corn** es el maíz blando.
- **Pop-corn** es el que se consume como una golosina.
- **Pot-corn** es el maíz vestido.
- **Waxy-corn** es el tipo de maíz que se destina a la industria para la producción de almidón. Recibe el nombre de “maíz ceroso o industrial”.
- **Coyote-corn** es el maíz silvestre, el que germina espontáneamente en los prados no cultivados. Recibe también el nombre de ramificado.

2.5 Características botánicas.

MAROTO, J (1998), afirma que el maíz presenta las siguientes características botánicas:

- **Raíces**
Son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.
- **Tallo**
Es simple, erecto en forma de caña y macizo en su interior, tiene una longitud elevada pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones.

- **Hojas**

Son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y de gran tamaño. Se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vellosidad en el haz, además los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

- **Inflorescencia**

Es una planta monoica pues presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, aquí se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se halla cubierta por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos.

- **Grano**

La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla el endosperma con el 85-90% del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula.

2.6 Ciclo vegetativo.

Llorente, J (2007), menciona, que el ciclo vegetativo del maíz empieza con la nacencia, de unos seis a ocho días de duración, comprende desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo. Una vez el maíz ha germinado, empieza el periodo de crecimiento, en el cual aparece una nueva hoja cada tres días, si las condiciones de cultivo y climáticas son normales. A los veinte días de nacencia, la planta deberá tener unas cinco o seis hojas, alcanzando su plenitud foliar dentro de la cuarta o quinta semana. Se considera como la fase de floración el momento en que la panoja, formada en el interior del tallo, se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de

los estilos, la emisión de polen suele durar, en función de la temperatura y de la disponibilidad hídrica, unos ocho o diez días.

Con la fecundación de los óvulos por el polen, se inicia la fructificación, finalizada la cual los estilos de la mazorca viran a un color castaño. La mazorca toma su tamaño definitivo a la tercera semana después de la polinización, se forman los granos, y dentro de ellos el embrión. Seguidamente los granos se llenan de una sustancia lechosa, rica en azúcares, que se transforman al final de la maduración, en almidón. Al mes y medio de la polinización, que corresponde al final de la octava semana, el grano alcanza su madurez fisiológica conteniendo su máximo de materia seca. Suele tener entonces 33% de humedad. Posteriormente, debido a las condiciones ambientales de humedad y temperatura, el grano se seca y se va aproximando a su madurez comercial.

2.7 Fenología del cultivo.

La fenología del maíz se divide en dos estados, (INTA, 2012).

Estados Vegetativos	Estados Reproductivos
VE emergencia	R1 sedas
V1 primera hoja	R2 ampolla
V2 segunda hoja	R3 Grano lechoso
V3 tercera hoja	R4 Grano pastoso
V(n) enésima hoja	R5 Dentado
VT Panoja	R6 Madurez Fisiológica

Dentro del desarrollo de los estados fenológicos del maíz ocurren eventos importantes en ciertos estados, que se mencionan a continuación:

V3: El punto de crecimiento está bajo tierra, las bajas temperaturas pueden aumentar el tiempo entre la aparición de las hojas y el daño por helada en este estado tiene muy poco efecto en el crecimiento y en el rendimiento final.

V6: En este estado se recomienda completar la fertilización, puesto el sistema de raíces nodales está bien distribuido en el suelo. También es posible observar síntomas de deficiencias de macro o micro nutrientes.

V9: En este estado varias mazorcas rudimentarias ya se encuentran formadas, la panoja se desarrolla rápidamente en el interior de la planta. Además, comienza una rápida acumulación de biomasa, absorción de nutrientes y agua que continuará hasta casi el término del estado reproductivo.

V12: Aquí se determina el tamaño potencial de mazorca y número potencial de óvulos por mazorca. Dado que se está formando el tamaño de la mazorca y número de óvulos, el riego y la nutrición son críticos.

V15: Es el estado más crucial para la determinación del rendimiento. Las hojas aparecen cada uno o dos días y las sedas están comenzando a crecer en las mazorcas superiores.

R1: El número de óvulos fertilizados se determina en este estado. Los óvulos no fertilizados no producen grano y mueren. El estrés ambiental en este momento afecta la polinización y cuaje, especialmente el estrés hídrico que deseca las sedas y los granos de polen. Además, a partir del inicio de este estado hasta R5 se produce un rápido llenado del grano por lo que se presenta también ataque de gusano por lo que es necesario realizar controles.

R5: Los granos empiezan a secarse desde la parte superior donde se forma una capa blanca de almidón. El estrés y las heladas pueden reducir el peso de los granos. Llegando a R6 donde el grano alcanza su peso máximo y es cosechado.

2.8 Proceso de producción del maíz.

La preparación del suelo se realiza con un mes de anticipación para facilitar la descomposición de residuos, el mismo que se consigue con una pasada del arado, uno rastra y surcado. (INIAP, 2011).

2.9 Fertilización.

Un buen rendimiento del maíz requiere que el suelo este bien suplido con elementos nutritivos. Para esto es necesario utilizar un programa de fertilización balanceada. Es decir, se requiere nitrógeno (N) y fosforo (P) además de potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S), considerando que el suelo no tiene limitaciones físicas.

Cuadro N° 1. Requerimiento nutricional del cultivo de maíz

Cultivo	Requerimiento (Kg/ha) Maíz			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Maíz	80	50	10	10

Fuente: (INIAP, 2004).

2.10 Semilla.

El maíz es una planta alógama, su polinización es anemófila (viento) y siempre se cruzará con otros maíces, perdiendo así su pureza genética y proteica. (INIAP, 2010).

2.11 Densidad de siembra.

El maíz es un unicultivo se siembra a 0,80 m entre surcos y 0,25 entre sitios, depositando una semilla por sitio (50.000 plantas/h), la cantidad de semilla requerida en unicultivo es 30 kg/ha. (INIAP, 2010).

2.12 Riego.

La evapotranspiración total (uso consuntivo) del maíz sembrado varía desde los 500 a 550 mm para la campaña agrícola. El uso diario del maíz varía desde 2 mm/día durante etapas inicial es hasta 6,5 mm/día en los días antes de maduración. Luego baja hasta 3 mm/día en los días antes de maduración completa. La zona radicular del maíz profundiza más de 1 metro si el suelo no

tiene mucha compactación. El suelo típico de textura franca a franca arcillosa retiene alrededor de 200 mm. de agua por metro de profundidad. De esta aproximadamente 100 a 120 mm. se pueden agotar sin afectar el rendimiento. Por la escasez de agua y la poca penetración de agua en riegos típicos es importante trabajar con este reservorio amplio para asegurar rendimientos altos. (Slhfarm, sf).

2.13 Deshierbe.

Para el maíz sembrado en monocultivo en zonas con alta presencia de maleza, se recomienda la aplicación de herbicidas selectivos a base de Atrazina en dosis de 1,6 a 2,0 Kg/ha de ingrediente activo (2,0 a 2,5 kg/ha de producto comercial), en 400 litros de agua, la aplicación se realiza en preemergencia, después de la siembra o en post emergencia temprana (malezas con cuatro hojas). En cultivos bajo labranza reducida, después de las primeras lluvias se debe aplicar productos a base de Glifosato e dosis 2- 3 l/ha, de acuerdo a la incidencia de malezas, inmediatamente después de la siembra. (INIAP, 2010).

2.14 Cosecha.

Cuando el cultivo se destina para choclo, la cosecha se realiza en estado “lechoso”, en el campo se puede reconocer este estado cuando los estigmas están de color oscuro y la punta de la mazorca se dobla con el dedo con facilidad. Para semilla se cosechará cuando ha pasado la madurez fisiológica, en el campo se puede observar una capa negra en la base del grano y para grano comercial se deberá pasar unos 20 días más en el campo. (INIAP, 2010).

2.15 Pos cosecha.

El grano se debe almacenar con una humedad inferior al 13%, en lugares frescos a 10°C - 12°C, secos y con una humedad relativa inferior al 60, libre de roedores e insectos. En silos cerrados se puede usar pastillas de Fosfamina de 3 a 6 pastillas de 3 gramos por tonelada de semilla, siguiendo las instrucciones necesarias, por ser un producto altamente tóxico. (INIAP, 2010).

2.16 Hidrogel como alternativa a los problemas por sequía.

2.16.1 Qué es Hidrogel.

No existe una definición precisa del término Hidrogel, la descripción más usual se refiere a aquellos materiales poliméricos entrecruzados en forma de red tridimensional de origen natural o sintético, que se hinchan en contacto con el agua formando materiales blandos y elásticos y que retienen una fracción significativa de la misma en su estructura sin disolverse.

Es un polímero que absorbe agua, muchas veces su peso. Uno de sus principales usos es el ahorrar agua al mezclarlo con la tierra, sobre todo con suelos arenosos o que no retengan bien el agua. El polímero retiene el agua y no se pierde por evaporación de la misma manera que si estuviera solo el agua y el suelo y, además, el polímero va liberando el agua lentamente. Así el suelo no se satura demasiado de agua y la planta tiene un nivel de humedad estable (Hidrogel.es, s.f.).

El Potasio Poliacrilato, también conocido como Polímero Superabsorbente de Potasio (K-SAP), Grado Técnico, es un compuesto revolucionario derivado de la sal de potasio del ácido poliacrílico. Este polímero notable está diseñado para sobresalir en la absorción y retención de grandes cantidades de líquido en relación con su propio peso, lo que lo convierte en una solución ideal en diversas industrias. Diseñado con precisión, este poliacrilato de potasio de grado técnico ofrece capacidades de absorción incomparables, ofreciendo eficiencia y confiabilidad en aplicaciones de gestión de la humedad.

Número CAS: 25608-12-2

Número CE: 607-755-0

Fórmula Química: (C₃H₃KO₂)

Sinónimos:

Sal de Potasio del Ácido Poliacrílico (PAAS-K)

Polímero Superabsorbente (SAP), sal de potasio

2.16.2 Descripción del producto utilizado.

Hidrogel AQUAFOREST es un retenedor de agua que cuando se incorpora en la tierra o al sustrato, absorbe y retiene grandes cantidades de agua y nutrientes si estos son solubles. A diferencia de otros productos que se hidratan, AQUAFOREST tiene la propiedad de liberar el agua y los nutrientes que se absorbieron, esto permite que las plantas tengan agua y nutrientes disponibles de acuerdo a su necesidad, en función de los ciclos de absorción – liberación.



Hidrogel AQUAFOREST al contacto con el agua comienza su absorción del vital líquido hasta 200 veces su peso es decir hasta 200 litros de agua por cada kilo (dependiendo de la pureza de esta). Cuando en la tierra se empieza a perder agua y humedad, Hidrogel AQUAFOREST comienza a liberar agua, de acuerdo a las necesidades de la raíz, manteniéndola siempre hidratada, esto sucede en todo tipo de plantas, permitiendo un importante AHORRO de agua y una menor frecuencia de riego.

El producto mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación. Su aplicación en la agricultura, invernaderos, viveros, el sector forestal y la arquitectura paisajista puede reducir el uso de agua hasta en más del 50%. Agregando Hidrogel AQUAFOREST al sustrato o tierra, se incrementa el rendimiento, el crecimiento y la sobrevivencia de las plantas.

2.16.2.1 Modo de aplicación.

Paso 1. Abrir el producto y aplicar en dosis (15gr/3Lt. de agua)

Paso 2. Diluir en agua corriente y limpia.

Paso 3. Para el polímero A-220 esperar su hidratación completa aproximadamente de 15 a 20 minutos antes de usa.

Paso 4. Utilizar de acuerdo a las indicaciones del proveedor, no ingerir y en caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua.

2.16.3 Usos del hidrogel.

Hidrogel es especialmente adecuado para aplicarse en:

- Suelos arenosos
- Taludes y pendientes
- Ajardinamiento en terrazas
- Revegetación y recuperación de suelos degradados y contaminados
- Recuperación de vertederos y de minas

También ha demostrado su eficacia en la agricultura a gran escala, especialmente en el momento de la germinación y el desarrollo de la red de raíces, debido a una buena aireación del suelo. El almacenamiento de agua de lluvia o riego por Hidrogel retrasa el punto de marchitamiento y por lo tanto hace posible que ciertas plantas se conserven mientras se espera para el régimen de agua. Hidrogel asegura una buena población y un crecimiento aún más de las plantas, incluso en suelos muy permeables.

Por ejemplo, en el cultivo hortalizas, existen muchas áreas de aplicación para Hidrogel. El producto se agrega a mezclas para el invernadero y macetas a una concentración de 3g/litro de sustrato. Se usa como suplemento en hoyos de trasplante en el momento del trasplante de la plántula, de preferencia en forma de gel mezclado con agua a 5-6g de gel por cada litro de agua. También se aplica en surcos a 10-15Kg/ha (Distribuidora y Comercializadora Tornado, 2002).

2.16.4 Beneficios del hidrogel.

A decir de Rico (2015), inventor de la tecnología denominada agua sólida, esta posee múltiples beneficios, algunos de estos son: 1) reduce la erosión del suelo; 2) no contamina ya que es un producto biodegradable; 3) reduce el consumo de agua; 4) reducción significativa en la mano de obra, combustibles, desgaste de equipos, etc.; 5) reduce el uso de fertilizantes debido a que al reducir riegos algunos nutrientes ya no son lixiviados al subsuelo; 6) acelera el crecimiento del cultivo; 7) incrementa la densidad de los cultivos; 8) reduce el estrés hídrico en plantas durante periodos de sequía o por falta de lluvia; 9) es posible iniciar la siembra sin esperar la temporada de lluvia; 10) se reducen costos de sistemas de riegos; 11) mejora la calidad del cultivo; 12) ofrece la posibilidad de almacenar la lluvia en costales y de forma sólida; y 13) se puede emplear aun cuando el cultivo ya fue plantado.

2.16.5 Su interés en la aplicación en la agricultura.

Una aplicación que está cobrando interés en la actualidad es el empleo de estos polímeros en el campo de la agricultura, para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas. Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración y por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma. Estos factores son suficientes para mejorar la actividad biológica y aumentar la producción del suelo (Rojas, Ramírez, Prin y Torres, 2006).

Además, la utilización de polímeros también produce una mejora de la estructura del suelo y de la aireación del mismo. Así el uso de este tipo de polímeros permitirá, por ejemplo, la recuperación de zonas semiáridas o terrenos de cultivos abandonados y poco fértiles cuando se emplea de forma extensiva. El estudio de materiales con propiedades especiales que permitan el aprovechamiento de estos suelos, ha encontrado en los hidrogeles una posible solución, siendo utilizados en terrenos desérticos para mantener la humedad y en regiones montañosas, en las que las lluvias arrastran las sustancias necesarias para el desarrollo de cultivos, para la liberación controlada de sales orgánicas y abonos nitrogenados (Rojas, Ramírez, Prin y Torres, 2006).

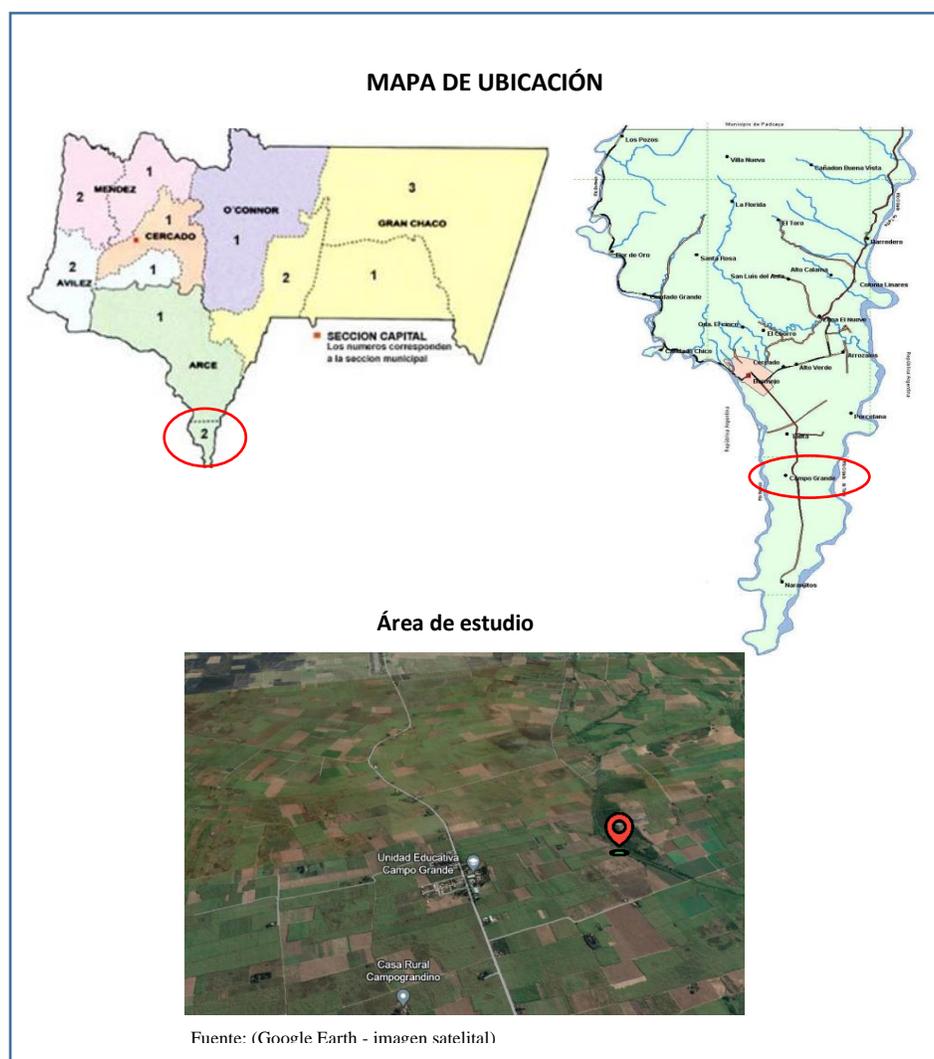
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación.

El Municipio de Bermejo, se encuentra localizado en la segunda sección de la provincia Arce del Departamento de Tarija, a 190 km de la ciudad capital, geográficamente está entre las coordenadas $22^{\circ} 35' 24'' - 22^{\circ} 52' 09''$ de latitud Sur y $64^{\circ} 26' 30'' - 64^{\circ} 14' 16''$ de longitud Oeste; al Norte limita con la serranía San Telmo y la Colonia Ismael Montes, al Este con el Río Tarija y la República Argentina, al Oeste con el Río Bermejo y la República Argentina y al Sur con las Juntas de San Antonio y la República Argentina (OASI, 1998).

La investigación se desarrolló en la comunidad de Campo Grande, distante a 5 km de la ciudad de Bermejo, de ubicación Noreste, perteneciente al cantón Porcelana.



3.2 Características agroecológicas.

3.2.1 Clima.

El Triángulo de Bermejo presenta el clima sub tropical semi húmedo, con temperaturas máximas y mínimas extremas, que llegan a 46 °C y – 4 °C respectivamente, siendo la media anual de 22 °C. Las precipitaciones pluviales son de 1000 a 1500 mm al año y la humedad relativa es de 70 a 80%. (Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares de Navegación Aérea (AASANA). El municipio está comprendido a una altura entre los 415 a 550 m.s.n.m. (ZONIZIG, 2001).

3.2.2 Fisiografía.

El municipio de Bermejo, presenta diferentes altitudes que cambian desde los 420 hasta los 2190 m.s.n.m., condicionando el tipo de relieve, como por ejemplo: los terrenos muy escarpados, donde dominan las pendientes mayores al 60 % y se encuentran a altitudes comprendidas entre los 1000 y 1500 m.s.n.m., que presentan rasgos erosivos por el rápido escurrimiento; por otro lado están, los terrenos moderadamente escarpados, que presentan pendientes entre, el 15 % al 60 % con altitudes que varían entre los 500 a 1000 m.s.n.m.

Campo Grande, al tener superficies más extensas, se caracteriza por favorecer a la actividad agrícola, principalmente al cultivo de caña de azúcar. Su relieve es ligeramente inclinado, con pendientes que van desde el 2 % al 8 % y ubicados a una altura variable desde los 500 a 700 m.s.n.m.; presentan suelos moderadamente profundos de escurrimiento lento a moderado, con texturas medias predominando las franco-arcillo limosas y franco arcillosas, presenta superficialmente poco terreno rocoso (G.A.M.B, 2013).

3.2.3 Vegetación.

La vegetación en el municipio, refleja las características topográficas y climáticas de la región; está compuesta por especies arbóreas, arbustivas y leñosas, tanto en las serranías y en las partes cultivables. Se caracteriza por extraer y exportar diferentes especies madereras, de buena

calidad, como: el Cedro, Lapacho, Nogal, Urundel, Tabaquillo y otras especies menores, de poca explotación por una práctica no planificada.

Además, se encuentran grandes extensiones de bosque, como en la cuenca del Nueve; donde se tenían importantes recursos forestales, que se aprovecharon sin ningún manejo ni planificación (G.A.M.B, 2013).

3.2.3.1 Pie de monte coluvión aluvial

Tiene la superficie más extensa y está localizada en la parte central del municipio, abarca las comunidades de Talita y Campo Grande; se caracteriza por favorecer a la actividad agrícola, principalmente, al mono cultivo (ej. caña de azúcar). Su relieve es ligeramente inclinado, con pendientes de que van desde el 2% al 8 % y ubicados a una altura variable de 500 a 700 m.s.n.m.; presenta suelos moderadamente profundos de escurrimiento lento a moderado, con texturas medias predominando las franco arcillo-limosas y franco arcillosas, presenta superficialmente poco terreno rocoso. (PDM, 2014)

3.2.4 Suelos.

Los suelos son de origen aluvial en las márgenes de los ríos y quebradas, donde existen relieves planos en menor proporción y pendientes moderadas en pie de monte, destacando en ellos el cultivo de la caña de azúcar; y los suelos de origen coluvial, ocupan posiciones de ladera con relieve de pendientes onduladas y ligeramente quebradas. En general los suelos se caracterizan por ser moderadamente erosionables; pues existen áreas de cultivo en laderas que sobrepasan el 30% de pendiente y con una estructura de afloramientos rocosos la textura es variable, encontrando desde arenosos, francos arenosos, francos arcillosos, arcillosos y otros en menor proporción citado por (Galean, 2001).

Los suelos moderadamente profundos de escurrimiento lento a moderado, de texturas medias con predominio de los franco arcillo, limosas y franco arcillosas, no se presenta rocosidad y la pedregosidad superficial es poca; se presentan en la parte central del Municipio de Bermejo, las comunidades de La Talita y Campo Grande. (PDM, 2014)

3.2.5 Aspectos económicos productivos.

Las actividades productivas principales desarrolladas por la población es la agricultura, aunque las familias desarrollan algunas otras actividades como el comercio, la ganadería a baja escala y la venta de servicios (G.A.M.B, 2013).

3.2.6 Acceso y uso del suelo.

Los suelos están destinados en su gran mayoría para la agricultura y de esta actividad la producción de caña de azúcar es la predominante, luego se encuentran los cultivos como el tomate, los cítricos, la papaya, algunos cereales y hortalizas, que se comercializan en el mercado local para subsistencia.

En cuanto a la propiedad de los terrenos son todos dueños por herencia o por compra directa, la empresa IAB cuenta con una gran extensión de terrenos propios que los destina en un 100% a la producción agrícola, en muchos de los casos los comunarios producen en convenios en los cuales uno pone el terreno y otros se dedican al trabajo del agro (G.A.M.B., 2013).

3.2.7 Tamaño y uso de la tierra.

El municipio de Bermejo cuenta con 25.333 hectáreas de terreno; de éstas son cultivables aproximadamente 16.320 has. que se encuentran en diferentes comunidades como, por ejemplo, Campo Grande, Naranjitos, Porcelana, Arrozales que tienen una topografía plana donde se puede tecnificar y mecanizar la siembra, control de malezas, enfermedades, plagas y la posterior cosecha.

Las comunidades de Santa Rosa, La Florida y Villanueva tienen tierras muy ricas en materia orgánica, que favorece a estos lugares porque no asientan las heladas y se puede cultivar frutales como la papaya y diversidad de hortalizas; a pesar de la topografía, presenta gran extensión de tierras aptas para la agricultura (66.5%), sólo el 0.3 % son tierras cultivadas a riego, el restante 99.7 % se cultivan a secano; el cultivo que predomina es la caña de azúcar, con

una superficie que representa el 70 % del total de superficie cultivada; seguida por el maíz, arroz, maní, cítricos y otros.

Cuadro N°2. Producción agrícola en el municipio de Bermejo

N°	Comunidad	Caña	Maíz	Arroz	Maní	Cítricos	Duraznos
		Has.	Has.	Has.	Has.	Has.	Has.
1		1.013	12	5	1	21	0
2	Cercado	742	6	0	1	1	0
3	Colonia Linares	634	22	24	10	24	3
4	Alto Calama	27	9	6	4	6	0
5	Arrozales	1.108	3	1	0	7	5
6	Barretero	320	72	38	35	20	1
7	Cañadón Buena Vista	7	6	6	5	39	0
8	El Toro	249	15	13	8	16	0
9	Quebrada Chica	275	10	5	3	2	0
10	Candado Grande	245	21	7	1	59	15
11	Candado Chico	63	9	3	1	40	2
12	Flor de Oro	161	16	2	4	9	0
13	La Florida	28	9	8	4	47	0
14	Santa Rosa	110	9	10	8	33	0
15	Villa Nueva	6	4	3	0	26	0
16	Campo Grande	2.062	13	2	9	7	0
17	La Talita	578	5	0	2	4	0
18	Naranjitos	16	21	7	8	11	
19	Porcelana	1.483	10	1	3	2	0
20	San Luis - El Anta	12	5	0	0	8	0
21	Quebrada El Cinco	124	2	0	0	11	0
22	Total Área Bermejo	9.263	279	141	107	392	26
23	Padcaya:						
24	Trementinal	225	22	8	10	2	
25	Santa Clara	0	6	5	3	14	
26	San Antonio	0	10	15	2	2	
27	Playa Ancha	230	30	12	6	7	
28	Piedra Grande El Cajón	0	3	5	1	4	
29	San Ramón: Puesto 27	0	25	25	0	2	0
30	Santelmo río Tarija	82	18	3	2	5	
31	Valle Dorado	15	15	5	5	3	
32	San Telmo río Bermejo	549	123	10	6	143	0
33	El Tigre	0	15	15	0	1	0
34	La Goma	139	30	8	2	33	0
35	Los Pozos	196	23	2	6	11	0
36	Naranjo Dulce	25	5	2	3	27	0
37	Total área Padcaya	1.461	325	115	46	254	0
	Total Triángulo Bjo.	10.724	604	256	153	646	26

Fuente: (PDM, 2014)

3.2.8 Sistema de Producción.

El sistema de producción es tradicional, debido a las condiciones de recursos, destino de la producción y el escaso uso de la tecnología mejorada. Los campesinos en su generalidad han desarrollado sistemas de producción orientados a la seguridad alimentaria.

La tecnología empleada en la producción agrícola es generalmente tradicional y en la caña de azúcar solo se utiliza el tractor para la preparación del terreno y el control de malezas (G.A.M.B, 2013).

3.2.9 Sistema de producción agrícola.

La producción agrícola se desarrolla en diversos sistemas, condicionados por diferentes factores interrelacionados entre sí, como ser: el clima, los suelos (topografía, textura y fertilidad), la disponibilidad de riego, los insumos, recursos económicos, el tamaño de la propiedad, y la vinculación con los centros de consumo (G.A.M.B, 2013).

3.3 Materiales.

3.3.1 Maquinaria agrícola e implementos.

- Tractor agrícola
- Arado de disco
- Roumplow
- Surcadora

3.3.2 Herramientas de campo.

- Wincha
- Tablero de campo.
- Regla geométrica
- Tableros de identificación.
- Fumigadora manual
- Balde.
- Bolsas de polietileno con cierre hermético
- Etiquetas de muestreo
- Pala
- Machete

3.3.3 Material Experimental.

- Semilla de maíz Var. Algarrobal 108, categoría certificada.
- Poliacrilato de potasio
- Productos fitosanitarios

3.3.4 Material de gabinete.

- Libreta de campo.
- Computadora.
- Impresora.
- Hojas tamaño carta.
- Lapicera.
- Marcadores.
- Calculadora.

3.4 Metodología.

En este trabajo de investigación, se determinó cuál de los tratamientos, incluido el testigo se obtiene mejores resultados en el cultivo de maíz variedad algarrobal 108, mediante el diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, haciendo un total de doce parcelas o unidades experimentales.

3.4.1 Tratamientos.

En el presente trabajo investigativo, se planteó realizar cuatro tratamientos distribuidos de la siguiente manera:

Tratamiento 0 (D₀T): el tratamiento cero o testigo no se aplicará el Poliacrilato de potasio.

Tratamiento 1 (D₁A): 15 kg/ha de Poliacrilato de potasio.

Tratamiento 2 (D₂A): 20 kg/ha de Poliacrilato de potasio.

Tratamiento 3 (D₃A): 25 kg/ha de Poliacrilato de potasio.

Los tratamientos fueron definidos en base a diferentes criterios técnicos y revisión de bibliografía tomando en cuenta:

- Dosis recomendada por el fabricante.

- Dosis media corresponde al promedio de las dosificaciones por hectárea del cultivo máxima y mínima.
- El fabricante no especifica para que tipo de suelo son las dosis. Fuente, (Cosecha de lluvia, 2015).

Pedroza *et al.* (2015) consideran que el aumento de la frecuencia y la intensidad de la sequía son el factor más crítico en la producción agrícola en zonas de precipitaciones, lo que motiva a realizar un estudio sobre el efecto de hidrogel como retenedor de humedad del suelo y del impacto sobre la fotosíntesis en la producción de maíz (*Zea mays* L.), estudio que se realizó en Bermejillo, Durango, las cuales se aplica una dosis de hidrogel de 0, 12.5 y 25 kg/ha.

Del mismo modo se exponen el estudio de Bravo y Loor (2021), en el que determinaron el efecto del hidrogel en la producción de pasto se realizó en la Unidad de Investigación de Pasto y Forrajes de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, en cantón Calceta de la provincia de Manabí indicando como objetivo general evaluar el efecto del hidrogel sobre la productividad del pasto Cuba en época seca. En la redacción del estudio se evaluaron la aplicación de cuatro dosis de hidrogel: 0, 5, 10, 15 kg/ha.

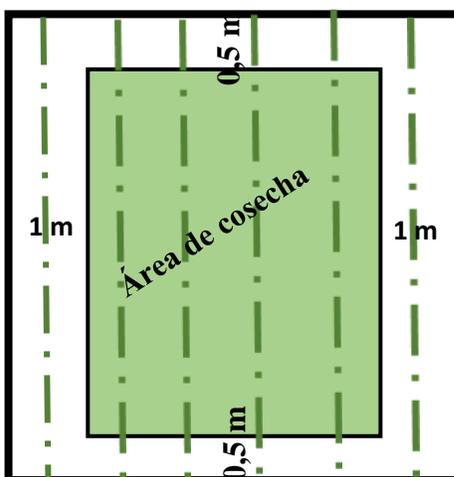
Dorraji *et al.* (2010), concluyeron en su trabajo que al aplicar 22.5 kg/ha. de hidrogel en plantas de *Zea mays* L., no solo se mitigaba los efectos del estrés hídrico; pero también, afectaba positivamente al incremento de biomasa y optimizaba el uso del agua en el cultivo en dos tipos de suelo diferente (franco arenoso y limoso).

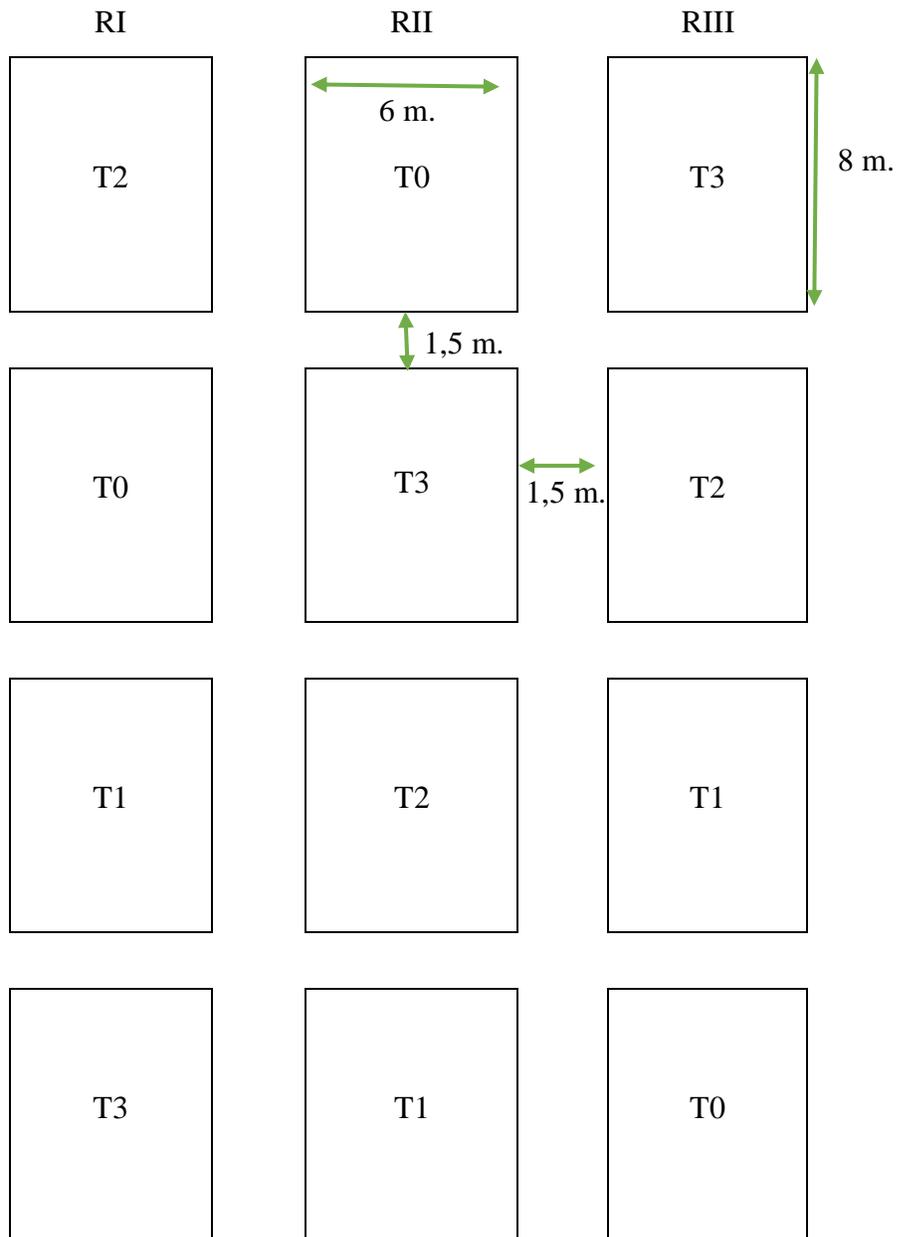
3.4.2 Diseño experimental.

3.4.2.1 Unidad experimental.

Unidad experimental se implementó un área de 6 m. ancho x 8 m. de largo, en la que se tiene una población de 154 plantas, teniendo un área de cosecha de 28 m², donde las se evaluó 100 plantas, descartando las del contorno por el efecto de borde.

Gráfico N° 1. Unidad experimental.



3.4.2.2 Diseño de campo.

3.4.3 Características del diseño.

Superficie total del ensayo = 598,5 m²

Superficie neta del ensayo = 576 m²

Superficie de cada Unidad Experimental (U.E) = 48 m²

Ancho de las calles = 1,5 m

Distancia surco a surco = 0,80 m

Distancia planta a planta = 0,35 m

Numero de surcos por parcela = 7

Número de plantas por parcela = 154

Número de plantas total en el ensayo = 1848

3.4.4 Área de cosecha.

Para determinar el área de cosecha de una hectárea de maíz, descarta 1 metro a cada lado y 0,5 metros cada borde superior e inferior; esto se descarta con el efecto del borde puede sufrir cualquier tipo de daño lo cual afecta su rendimiento de estas plantas.

- Determinar el número de plantas/hectárea.

$$N^{\circ} \text{ Pl/ha.} = \frac{\text{superficie}}{(\text{S/S} * \text{P/P})}$$

$$N^{\circ} \text{ Pl/ha.} = \frac{10.000 \text{ m}^2}{(0,8 \text{ m} * 0,35 \text{ m})}$$

$$N^{\circ} \text{ Pl/ha.} = 35.714 \text{ P/ha}$$

- Determinar el área de cosecha.

$$AC = \text{Superficie total} - \text{superficie descartada}$$

$$AC = 10.000 \text{ m}^2 - 300 \text{ m}^2$$

$$AC = 9.700 \text{ m}^2$$

- Superficie del área de cosecha de las parcelas de estudio.

$$AC = 48 \text{ m}^2 - 20 \text{ m}^2$$

$$AC = 28 \text{ m}^2$$

$$N^\circ \text{ P/AC} = \frac{28 \text{ m}^2}{(0,8 \text{ m} * 0,35 \text{ m})}$$

$$N^\circ \text{ P/AC} = 100 \text{ Plantas}$$

3.4.5 Desarrollo de la investigación.

Preparación del suelo. - La preparación del suelo (arada y rowplon) se ha realizado en la segunda quincena del mes de agosto.

Análisis de suelo. - El muestreo de suelos se realizó después de la preparación de suelos, en la segunda quincena del mes de agosto. La toma de la muestra fue simple, extraída a una profundidad de 20 cm, se envió al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la U.A.J.M.S. donde se analizó los macronutrientes, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, textura del suelo, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Para determinar la cantidad de fertilizante según requerimiento del cultivo, la cantidad y frecuencia de riego en el maíz.

▪ **Capacidad de Campo (CC).**

Se define como la cantidad de agua que puede retener éste a drenaje libre. Su valor tiene relación con la textura y la estructura del suelo. El resultado se da en porcentaje, es decir, es la cantidad de agua que pueden retener 100 gr de suelo. Esta medida es muy útil para calcular la dosis de riego de los cultivos y, además, en general, da una idea muy real de las características hídricas del suelo.

Este análisis es muy adecuado cuando se presentan problemas de falta o de exceso de humedad en algunos momentos de desarrollo de los cultivos. En estos casos es importante valorar las posibilidades de retención de agua de todos los horizontes del suelo para poder conocer la capacidad total de retención de agua. A continuación, doy una tabla orientativa para evaluar los niveles de capacidad de campo. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986)

Tabla N°1. Parámetros de evaluación, clasificación capacidad de campo (%)

Capacidad de campo (%)	Observaciones
Menor de 7.....	Muy baja
7 – 12.....	Baja
12 – 20.....	Media Baja
20 – 30.....	Media
Mayor de 30.....	Elevada

Según los datos obtenidos en el informe de laboratorio, caracterización y propiedades físicas e hídricas del suelo nos muestran que se tiene un porcentaje de 24.78% (Media) en el parámetro de capacidad de campo.

▪ **Punto de Marchitez Permanente (PMP).**

Es "el contenido hídrico del suelo en el que las plantas se marchitan y ya no pueden recuperarse al agregar más agua". Representa aproximadamente el límite inferior del contenido del agua del suelo que las plantas pueden absorber, aunque depende mucho de la especie vegetal considerada.

Tabla N°2. Contenido de agua a CC y PMP en distintas clases texturales

Clase textural	CC (%)	PMP (%)
Arcilla	23-46	13-29
Franco arcillosa	18-23	9-10
Franca	12-18	4-11
Franco arenosa	8-13	4-6
Arena	5-7	1-3

Según los datos obtenidos en el informe de laboratorio, caracterización y propiedades físicas e hídricas del suelo nos muestran que se tiene un porcentaje de 11.01% PMP.

Diseño de las parcelas. - La medición, estaqueo y diseño de las parcelas se realizó en la primera semana del mes de septiembre.

Surcado. - El surcado de las parcelas para la siembra se realizó posterior al diseño, en la primera semana del mes de septiembre.

Siembra. - La siembra se realizó dos semillas por golpe, en la primera semana del mes de septiembre, así mismo se efectuó una fertilización de base con fosfato diamónico (18-46-0) aplicando una dosis de 3.25Kg en todo el ensayo.

Aplicación del Poliacrilato de potasio. - El Poliacrilato de potasio es aplicado sobre la semilla, a chorro continuo. Antes de su aplicación en un recipiente de plástico (balde) se le aplico agua para que se absorba por el Poliacrilato, una vez aplicado al surco y tapado, pueda brindar la humedad requerida para la germinación la semilla y desarrollo del maíz.

Aporque. - La operación de aporque consiste en arrimar, formar y aplicar una cantidad considerable de tierra al pie de las plantas. Las ventajas de esta labor son; eliminar malezas, ayudar a que las raíces aéreas alcancen a fijarse en el suelo, impedir el acame de las plantas por influencia del viento y facilitar el riego, esta actividad se realizó a los 20 días después de la siembra de forma manual con azadón, se aplicó una dosis de 42.3 kg/Ha de urea (46-00-0) equivalente a 19.48 kg de nitrógeno.

Nivel de fertilización. - En la fertilización química se le aplico macro elementos (N, P, K). Cabe mencionar que la dosificación de cada uno de los fertilizantes estará sujeto a los resultados del análisis de suelo y tomando en cuenta el requerimiento nutricional del cultivo.

En el cultivo del maíz hay etapas donde se extrae algunos nutrientes en mayor cantidad que otros, por ello Injante *et al.* (2010), afirma que la mayor demanda de nutrientes se da entre los 30 y 60 días después de la siembra, para ello es recomendable que los primeros 30 días se

fertilicen con elementos móviles como el N, al final de los 90 días se tiene que haber completado cerca de 88% de sus necesidades 11 de N, 74% de P, 100% de K y el 90% de Mg respectivamente.

Tabla N° 3. Resultado Análisis Físico - Químico de Suelo de la Comunidad Campo Grande.

IDENTIFICACION	PROF. (cm)	pH 1: 5	D.a. g/cm ³	CC	PMM	M.O. %	N.T. %	P Olsen ppm	K Int. ppm
M023-Maiz	20	7,11	1,45	42.05	11.01	2,42	0,13	24,51	32.77

Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio aplicadas a la muestra de suelo son totalmente relevantes para poder hacer nuestro diagnóstico de cómo se encuentra el suelo, partiendo de los parámetros evaluados y llevando a las tablas de interpretación propuestas por Rioja Molina, A. (2002), se hará una interpretación de cada uno de los parámetros para el diagnóstico.

- Determinación e interpretación de los valores de pH.

Para determinar el pH de una muestra de suelo, esta debe ser secada a temperatura ambiente, posteriormente se debe pasar la muestra a través de un tamiz de 0,5mm., luego se debe preparar una solución que contenga 10 gr. de suelo y 50 ml. de agua destilada, se debe agitar y dejar reposar una hora, al cabo de la hora volver agitar y hacer la medición con el pH-metro previamente calibrado, esperar que el pH-metro muestre un valor constante para registrar la lectura de la concentración de iones de hidrogeno.

Tabla N° 4. Interpretación de los valores del pH de la Comunidad de Campo Grande.

CAMPO GRANDE			
MUESTRA	pH 1:5	RANGO	CLASIFICACIÓN
M023-Maiz	7.11	6,6 – 7,3	Neutro

La interpretación de los resultados de los parámetros de pH del suelo de la Comunidad de Campo Grande nos indica que el valor de la muestra M023 se encuentra dentro del rango 6,6 – 7,3 clasificándolo como un suelo con pH neutro.

La importancia del pH para Vargas (2009), en los cultivos radica en que éste es, en primer lugar, el responsable en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la mayor o menor asimilabilidad de los nutrientes, y también define si un medio es ácido o básico, lo cual, a su vez, está relacionado a la fertilidad del suelo (hacer disponibles los nutrientes del suelo para la planta).

- Determinación e interpretación de los valores de M.O.

Como se puede observar en la tabla N° 3 la interpretación de los resultados de los parámetros de materia orgánica del suelo de la comunidad de Porcelana, nos indican el valor de la muestra M023, se encuentran dentro del rango 2,0 – 2,5 clasificándolos como suelos mineral-orgánico, con un contenido normal de materia orgánica.

Tabla N° 5. Interpretación de los valores de M.O. de la Comunidad de Campo Grande.

CAMPO GRANDE				
MUESTRA	M.O. %	Kg/ha	RANGO %	CLASIFICACIÓN
M023-Maiz	2,42	43740,00	2,0 – 2,5	Normal, suelo mineral-orgánico

Si nos referimos a valores promedios podemos decir que las muestra M023 provenientes de la comunidad de Campo Grande, presentan un valor promedio de 43740,00 Kg/ha.

Se ha señalado que el contenido de M.O. en suelos bajo condiciones tropicales, cultivados en forma continua, disminuye entre 30 y 60 % en unos pocos años, con respecto a los valores encontrados bajo vegetación natural. Esto ocurre porque al sustituir la vegetación natural por un determinado cultivo, cambia la cantidad y calidad de la M.O. que ingresa al suelo, el microclima, el régimen de humedad y la condición estructural del suelo, y por tanto los procesos biológicos que afectan la descomposición de la M.O. (Anderson y Flanagan, 1989).

- Determinación e interpretación de los valores de Nitrógeno total y Nitrógeno inorgánico.

Para la determinación del Nitrógeno total del suelo se utiliza el método micro Kjeldahl, que consiste cuantificar el contenido del Nitrógeno mediante la digestión ácida, efectuando la transformación del Nitrógeno orgánico a mineral (mineralización) y posteriormente se cuantifica el contenido total en forma de Nitrógeno mineral. En el procedimiento de Kjeldahl, la muestra es digerida con ácido sulfúrico, y el Nitrógeno orgánico se convierte en sulfato de amonio.

La solución es entonces alcalinizada y destilado el Amonio (NH_4^+). El Amonio desprendido es recuperado en una solución de ácido sulfúrico valorado titulado con una solución de hidróxido de sodio estandarizada. En este procedimiento, se determina todo el nitrógeno del suelo, (incluyendo el NH_4^+ adsorbido sobre el complejo de intercambio), pero excluye los nitratos. También podemos estimar el Nitrógeno Total a partir de los resultados obtenidos de la M.O. asumiendo que el 5% de la M.O. es N.T y que el 2% del N.T. es N.I. disponible para las plantas.

Tabla N° 6. Interpretación de los valores de Nitrógeno de la Comunidad de Campo Grande.

CAMPO GRANDE					
MUESTRA	N.T. %	Kg/ha	N.I. Kg/ha	RANGO %	CLASIFICACIÓN
M023 - Maíz	0,13	1885,00	37,70	0,10 – 0,15	Normal

Dentro de la comunidad de Grande, la muestra M023, se encuentran dentro del rango 0,10 - 0,15% N.T. lo que los clasifica como suelos con normal contenido de Nitrógeno.

Para la muestra M023 que presenta un valor de 1885 Kg/ha de los cuales el 2% equivale a 37,70 Kg/ha es Nitrógeno inorgánico asimilable.

- Determinación e interpretación de los valores de Fósforo asimilable.

Para determinar el fosforo del suelo se utilizó el método Olsen que consiste en preparar una disolución de 50ml de bicarbonato de sodio (Na HCO_3) y 2,5gr de suelo, agitar las muestras

durante media hora, luego debe pasar por un proceso de doble filtrado, envasar 10ml de la disolución filtrada a un balón volumétrico de 100ml, aforar con agua destilada el balón volumétrico, agregar 4ml de molibdato de amonio (al 1,5%) y agregar con una pipeta 10 gotas cloruro estano (SnCl₂ – 2H₂O). posteriormente se hace las lecturas en el espectrofotómetro, las lecturas se deben realizar en una longitud de onda de 620 – 690.

Con los resultados obtenidos de las lecturas de los patrones de calibración, se procede a desarrollar una ecuación a través de una recta de regresión para remplazar los valores leídos de las muestras y así poder cuantificar la concentración del fósforo en la disolución.

Tabla N° 7. Interpretación de los valores de Fósforo de la Comunidad de Campo Grande.

CAMPO GRANDE					
MUESTRA	P ppm	P Kg/ha	P₂O₅ Kg/ha	RANGO ppm	CLASIFICACIÓN
M023 - Maíz	24,51	49.02	156,98	>30	Muy alto

En la comunidad de Campo Grande la muestra M023, presenta valores dentro del rango >30 ppm, lo que se clasifican como suelos con un muy alto contenido de Fósforo.

El análisis de suelo, proporciona solo un índice del Fósforo disponible en el suelo para las plantas, o sea este valor corresponde a un reflejo del suministro natural del suelo, lo que, por diferencia con los requerimientos de Fósforo de las especies, permiten estimar las necesidades de Fósforo a suplementar como fertilizante (Rojas C., W. y Rodríguez, N., 1997). La cantidad de Fósforo disponible en el suelo, no es un valor único y constante, ya que varía de acuerdo a las condiciones ambientales que a su vez influyen sobre el suelo y el desarrollo de las plantas, uno de los objetivos del análisis de Fósforo disponible es que al conocer este valor en un momento dado a nivel de potrero, es posible monitorizar la cantidad de Fósforo disponible a través del tiempo, lo que constituye una valiosa información para la evaluación de las prácticas de fertilización en los sistemas agrícolas (Rojas C., W. y Rodríguez, N., 1997).

- Determinación e interpretación de los valores de Potasio intercambiable.

Los valores de las lecturas de las muestras deben estar dentro del rango de las lecturas de calibración. Si la lectura es mayor al rango se deberá preparar una disolución de la muestra en agua destilada en proporciones a criterio técnico. Antes de hacer las lecturas se debe calibrar el fotómetro de llama haciendo lecturas de soluciones con acetato de amonio en varias concentraciones de K en ppm (0 ppm de K; 0,5 ppm de K; 1 ppm de K; 1,5 ppm de K; 2 ppm de K; 3ppm de K). Con los resultados obtenidos de la calibración del equipo se proceden a desarrollar una recta de regresión para encontrar la ecuación que se aplicara a los valores obtenidos de las lecturas de las muestras.

Tabla N° 8. Interpretación de los valores de Potasio de la Comunidad de Campo Grande.

CAMPO GRANDE					
MUESTRAS	K meq/100g	K Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	RANGO meq/100g	CLASIFICACIÓN
M023 - Maíz	8,38	101,87	124,85	0,00 – 0,30	Muy bajo

En la comunidad de Campo Grande la muestra M023, presentan valores dentro del rango 0,00 – 0,030 clasificándolos como suelos con muy bajo contenido de K, contienen 101,87 Kg/ha de potasio.

De acuerdo a Ruiz (2005), la dinámica del Potasio en un suelo arenoso, con baja capacidad de intercambio catiónico, tiene baja capacidad tampón de K. Es decir, es de baja capacidad para mantener la concentración de K en la solución del suelo cuando las plantas lo retiran durante la etapa de crecimiento o cuando se pierde por lixiviación. Por el contrario, un suelo con mayor capacidad de intercambio catiónico, puede ser capaz de mantener un suministro relativamente constante de K en la solución del suelo a través del desarrollo de un cultivo.

Labores culturales. - El cultivo de maíz requiere diferentes labores culturales tales como: riego, deshierbe, fertilización y controles fitosanitarios.

Cosecha. - La cosecha se realizó a los 90 días después de la siembra; en el estado fenológico de choclo pastoso.

3.5 Variables a estudiar.

Las variables propuestas a estudiar, se midieron, calcularon e interpretaron desde la nacencia hasta la cosecha del cultivo de maíz.

- Determinar días de siembra a la nacencia.
- Altura de la planta en metros (m).
- Días de siembra a la cosecha.
- Determinar el diámetro en centímetros (cm) de la mazorca en cada uno de los tratamientos.
- Peso de la mazorca en gramos (gr) /tratamiento.
- Rendimiento total expresado en Tonelada/ha.
- Beneficio/costo por hectárea.

3.6 Elaboración de formularios.

Se elaboraron formularios y/o planillas para el registro de datos de las variables, durante la toma de datos del presente estudio.

3.7 Procesamiento de datos.

Se procesó y tabulo los datos del cultivo tomados en campo, una vez tabulados estos datos fueron graficados para su mayor entendimiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la presente investigación:

4.1 Determinación de las Características Fenológicas del Cultivo de Maíz (*Zea mays L.*)

El desarrollo fenológico del cultivo de maíz está directamente relacionado con las características climatológicas de la zona donde se emplazó la investigación, por lo que para comprender mejor el desarrollo fenológico del cultivo de maíz (*zea mays L.*) Var. Algarrobal 108, se presentan los datos climáticos más relevantes para el desarrollo del cultivo como ser: temperaturas, precipitación y humedad relativa.

El maíz como cualquier otro cultivo presenta un momento crítico de estrés de sequía siendo estos los primeros 7 días antes de la floración y 15 días posteriores a esta. Si existe ausencia de agua en esta etapa el número de granos puede reducirse hasta un 45% pudiendo alcanzar pérdidas de rendimiento de hasta 2 o 3 veces mayor que en otras fases de crecimiento, según Yzarra *et al.* (2010),

4.1.1 Datos Climatológicos en la zona de emplazamiento de la investigación.

El lugar de emplazamiento de la investigación fue la comunidad Campo Grande, Perteneciente al Municipio de Bermejo Segunda Sección de la Provincia Arce del Departamento de Tarija y se caracteriza por presentar un clima sub tropical con temperaturas máximas extremas y mínimas extremas además de una alta humedad relativa y precipitaciones de 1200mm anuales.

El balance hídrico, es la diferencia entre la precipitación que ha recibido el cultivo y el agua perdida en éste y por el terreno, el agua retenida por el terreno, las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo del maíz 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 permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada. (<http://www.agri-nova.com/>)

Durante el periodo en el que se desarrolló la investigación “Evaluación de diferentes dosis de poliacrilato de potasio en la producción del Maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108, en la Comunidad Campo Grande, Provincia Arce”, se presentaron los siguientes datos climatológicos. (Anexo 1).

4.1.2 Desarrollo fenológico del cultivo de Maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108.

Con la finalidad de predecir para las distintas épocas de siembra, la fecha en la que ocurren los diferentes estadios de crecimiento, se ha realizado un estudio de la fenología del cultivo de maíz variedad algarrobal 108 en la región, posibilitando así un mejor ajuste de épocas de siembra, planificación de estrategias para la aplicación de agroquímicos, predicción de condiciones ambientales para los periodos críticos del cultivo y estimación de fechas de cosecha.

Cuadro N° 3. Datos registrados del Desarrollo fenológico del Maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108.

tratamiento	Siembra	V.E Emergencia de la Semilla	V.1 Primera Hoja	V.2 Segunda Hoja	V.9 Novena Hoja	V.T Panoja	R.4 Grano Pastoso	Total, días de la siembra a la cosecha
T0	6 días	5 días	3 días	21 días	37 días	23 días	95 días	
T1	6 días	5 días	3 días	21 días	37 días	23 días	95 días	
T2	6 días	5 días	3 días	21 días	37 días	23 días	95 días	
T3	6 días	5 días	3 días	21 días	37 días	23 días	95 días	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los registros que se llevaron durante el ensayo se evidenciar que no existe diferencia alguna entre tratamientos referente a la variable fenológica del cultivo del maíz variedad algarrobal 108 bajo diferentes dosis de poliacrilato de potasio en la Comunidad de Campo Grande, Provincia Arce, debido a que en todos los tratamientos se realizó la siembra de la misma variedad en la misma fecha de siembra y en un mismo punto geográfico por lo que los tratamientos recibieron la mismas condiciones climatológicas las cuales tienen son determinantes para el desarrollo del cultivo.

Las condiciones para un crecimiento idóneo del maíz son temperaturas entre 18 y 24°C, precipitación media anual de 700 a 1300 mm y suelos del tipo franco-limoso, franco-arcillosos y los franco-limosos-arcillosos (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017). Para (Robertson, 1983) el desarrollo de los cultivos depende de la temperatura y fotoperiodo, por lo que se requiere índices biometeorológicos para describir este proceso.

De acuerdo a (Gilmore y Rogers, 1958; Cross y Zuber, 1972; Shaw, 1975; Neild, 1982; Eskridge y Stevens, 1987; Ruiz et al., 1998), el concepto de unidades calor (UC) se ha utilizado en muchos cultivos, incluyendo al maíz (*Zea mays L.*) ya que el uso de unidades calor incrementa la precisión para determinar la duración del ciclo de desarrollo.

Por lo que (Russelle et al., 1984; Del Pozo *et al.*, 1987; Ruiz et al., (1998) mencionan que solo se logra si el cálculo de las unidades calor se hace con valores cercanos a las temperaturas umbrales (máxima y mínima) que controlan el desarrollo de la especie (Ruiz *et al.*, 1992).

4.2 Determinación de las Características Agronómicas del Maíz Var. Algarrobal 108.

Para la evaluación de las variables relacionadas a las características agronómicas se consideraron la altura de la planta, el diámetro de la base la mazorca, el peso de la mazorca y el rendimiento, del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108 bajo diferentes dosis de poliacrilato de potasio, por lo que a continuación se presentan los resultados del análisis de varianza para cada variable de las características agronómicas.

4.2.1 Determinación de la Altura de las plantas.

Para la evaluación de la variable agronómica altura de la planta, se tomaron los datos a los 56 días después de la siembra, cuando el desarrollo del cultivo se encontraba en la fase fenológica conocida como V.9 Novena Hoja, justo antes de entrar a la siguiente fase fenológica conocida como V.T donde aparece la inflorescencia masculina conocida como panoja.

Cuadro N° 4. Altura de las plantas en metros (m)

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	\bar{X}
	RI	RII	RIII		
T0	2,013	2,037	2,069	6,119	2,039
T1	2,071	2,111	2,100	6,282	2,094
T2	2,084	2,078	2,119	6,281	2,093
T3	2,190	2,199	2,237	6,626	2,208

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5. Análisis de varianza de la altura de plantas

FACTOR DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	Fc	F Tabla
					0,05 %
Tratamientos	0,0456	3	0,0152007	80,962	4,76
Bloques	0,0035	2			
Error	0,0011	6	0,0001878		
Total	0,0503	11			

Coefficiente de Variación: 1%

De acuerdo al análisis de varianza al 0,05% de confiabilidad aplicado a los datos de la altura de las plantas de maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108, bajo diferentes dosis de poliacrilato de potasio se puede evidenciar que la F calculada es mayor a la F de tabla por lo que podemos afirmar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos.

El coeficiente de variación presenta un valor de 1% por lo que nos indica que los datos de campo presentan una dispersión mínima con relación a la media.

Al evidenciar la diferencia significativa entre tratamientos se procedió a aplicar la prueba estadística de medias de Tukey, por lo que a continuación se presenta el cuadro estadístico de diferencia de medias para evidenciar entre que tratamientos difieren estadísticamente.

Cuadro N° 6. Prueba de comparación de medias de tukey de la altura de plantas (m)

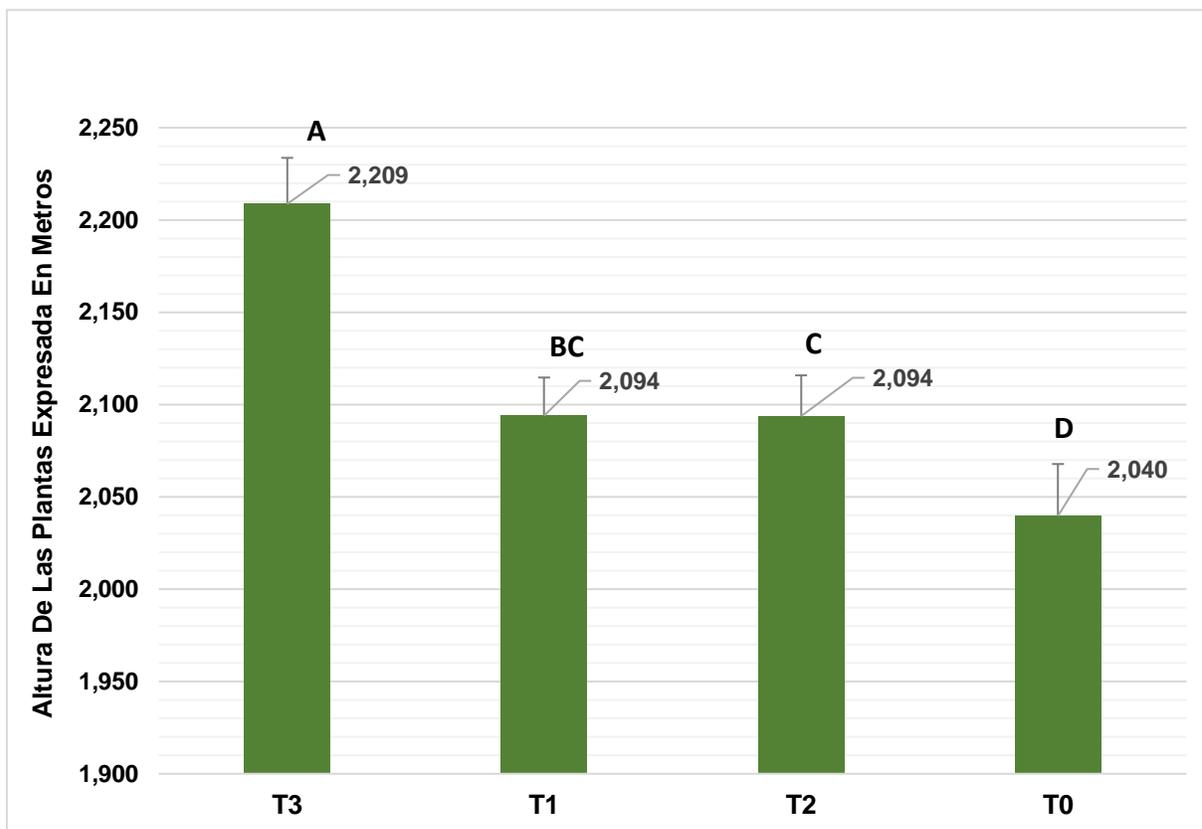
Tratamientos	Media	0,05 %
T3	2,208	A
T1	2,094	BC
T2	2,093	C
T0	2,039	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de tukey al 0,05% de confiabilidad, obtuvimos en primer lugar una altura promedio de planta de 2,208 m en el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio), seguido del T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) con una altura promedio de planta de 2,094 m, posteriormente se obtuvo una altura promedio de planta de 2,093 m para el T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y finalmente una altura de planta promedio de 2,039 m para el T0 (tratamiento testigo).

Referente a la diferencia entre tratamiento podemos afirmar que, si existe diferencia significativa entre el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y los tratamientos T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio), T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo). Sin embargo, no existe diferencia significativa entre los tratamientos T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio), por otro lado, se puede corroborar que si existe diferencia significativa entre el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo). Mientras que también podemos afirmar que si existe diferencia significativa entre el T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo).

Gráfico N° 2. Altura promedio de plantas (m)



Elaboración propia

La investigación de Paez (2015), muestran resultados similares referente a la evaluación de la altura de planta del cultivo de maíz, presentando resultados de 2,05 m a 2,10 m. Por otro lado, Guareca (1993), menciona que con la aplicación de materia orgánica en dosis altas se obtienen alturas menores.

Según Fenalce (2010), la planta de maíz alcanza una altura promedio de 2,34m., en condiciones ideales. Por otro lado, Paz y Aguilar (2015), presentan resultados de su investigación con relación a la variable de la altura de la planta de 2,35 m a 2,41 m bajo temperatura promedio anual de 19°C.

Investigaciones como las de Luis F. Marín G. (2008), presentan resultados de la evaluación de las características agronómicas altura de la planta del cultivo de maíz de entre 2,14 m y 1,67 m, acercándose a los resultados obtenidos en nuestra investigación.

4.2.2 Determinación del diámetro de la base de la mazorca.

Para la evaluación de la variable agronómica diámetro de la base de la mazorca, se tomaron los datos a los 95 días después de la siembra, por lo que a continuación se presentan los datos promedios por tratamientos.

Cuadro N° 7. Diámetro de la base de la mazorca en centímetros (cm)

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	\bar{X}
	RI	RII	RIII		
T0	5,17	5,28	5,40	15,85	5,28
T1	5,47	5,54	5,49	16,5	5,50
T2	5,81	5,55	5,70	17,06	5,69
T3	5,65	5,71	5,79	17,15	5,72

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 8. Análisis de varianza del diámetro de la base de la mazorca

FACTOR DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	Fc	F Tabla
					0,05 %
Tratamientos	0,36007	3	0,12002	12,219457	4,76
Bloques	0,01407	2			
Error	0,05893	6	0,00982		
Total	0,43307	11			

Coefficiente de Variación: 4,21%

De acuerdo al análisis de varianza al 0,05 % de confiabilidad aplicado a los datos del diámetro de la mazorca de maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108 bajo diferentes dosis de poliacrilato de potasio se puede evidenciar que la F calculada es mayor a la F de tabla por lo que podemos afirmar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

El coeficiente de variación presenta un valor de 4,21% por lo que nos indica que los datos de campo presentan una dispersión mínima con relación a la media.

Al evidenciar la diferencia significativa entre tratamientos se procedió a aplicar la prueba estadística de medias de Tukey, por lo que a continuación se presenta el cuadro estadístico de diferencia de medias para evidenciar entre que tratamientos existe diferencia significativa.

Cuadro N° 9. Prueba de comparación de medias de tukey del diámetro de la base de la mazorca

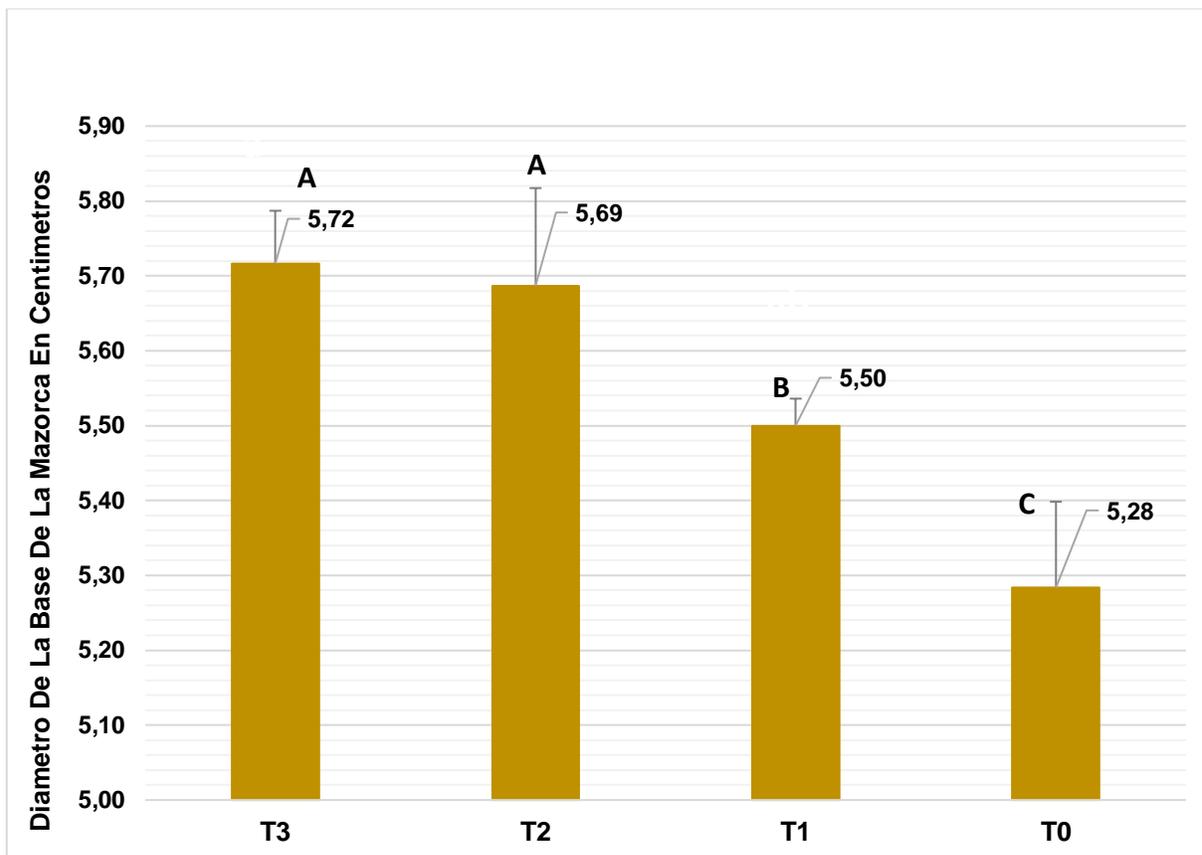
Tratamientos	Media	0,05 %
T3	5,72	A
T2	5,69	A
T1	5,50	B
T0	5,28	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de tukey al 0,05% de confiabilidad, obtuvimos en primer lugar un diámetro promedio de la base de la mazorca de 5,72cm. en el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio), seguido del T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) con un diámetro promedio de la base de la mazorca de 5,69 cm., posteriormente se obtuvo un diámetro promedio de la base de la mazorca de 5,50 cm para el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y finalmente un diámetro promedio de la base de la mazorca de 5,28 cm para el T0 (tratamiento testigo).

Referente a la diferencia entre tratamiento podemos afirmar que, no existe diferencia significativa entre el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el tratamiento T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio), pero si existe diferencia significativa con relación al T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo). Por otro lado, también podemos afirmar que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo), y finalmente podemos corroboramos que si existe diferencia significativa entre el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo).

Gráfico N° 3. Diámetro promedio de la base de la mazorca (cm)



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la investigación de Guamán *et al.*, (2020), reportan resultados de la evaluación del diámetro de la base de la mazorca de que van desde los 4,1 cm. a los 4,7 cm. posicionándose por debajo pero muy cerca de los resultados obtenidos en nuestra investigación.

En la investigación realizada por Acebey (2005), reporta resultados del diámetro de la base de la mazorca de maíz que oscilan de los 4,47 cm a los 4,97 cm, reportando para la variedad algarrobal 108 un diámetro promedio de base de la mazorca de 4,77 cm., estos resultados fueron obtenidos bajo temperaturas T° máx. de 28°C, T° min de 24,5°C y T° prom. de 27,18°C, con una precipitación acumulada de 798,8 mm distribuido en cinco meses.

Por otro lado, Ligarreto *et al.*, (1998), reporta resultados de la variable diámetro de la base de la mazorca que oscilan desde 2,92 cm hasta los 3,90 cm., situándose muy por debajo de los resultados obtenidos en nuestra investigación.

4.2.3 Determinación del peso de la mazorca con marlo.

Para la evaluación de la variable agronómica peso de la mazorca con marlo, se tomaron los datos a los 95 días después de la siembra, por lo que a continuación se presentan los datos promedios por tratamientos.

Cuadro N° 10. Peso de la mazorca con marlo en gramos (gr)

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	\bar{X}
	RI	RII	RIII		
T0	200,20	199,40	203,00	602,60	200,87
T1	213,80	211,90	212,70	638,40	212,80
T2	223,10	217,30	223,80	664,20	221,40
T3	229,10	231,90	234,10	695,10	231,70

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 11. Análisis de varianza del peso de la mazorca con marlo

FACTOR DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	Fc	F Tabla
					0,05 %
Tratamientos	1538,9825	3	512,994167	121,108204	4,76
Bloques	21,5717	2			
Error	25,4150	6	4,23583333		
Total	1585,9692	11			

Coefficiente de Variación: 13,98%

De acuerdo al análisis de varianza al 0,05 % de confiabilidad aplicado a los datos de peso de la mazorca con marlo de maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108 bajo diferentes dosis de poliacrilato de potasio se puede evidenciar que la F calculada es mayor a la F de tabla por lo que podemos afirmar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

El coeficiente de variación presenta un valor de 13,98 % por lo que nos indica que los datos de campo presentan una dispersión mínima con relación a la media.

Al evidenciar la diferencia significativa entre tratamientos, se procedió a aplicar la prueba estadística de medias de Tukey, por lo que a continuación se presenta el cuadro estadístico para evidenciar que tratamientos difieren estadísticamente.

Cuadro N° 12. Prueba de comparación de medias de tukey del peso de la mazorca con marlo (gr)

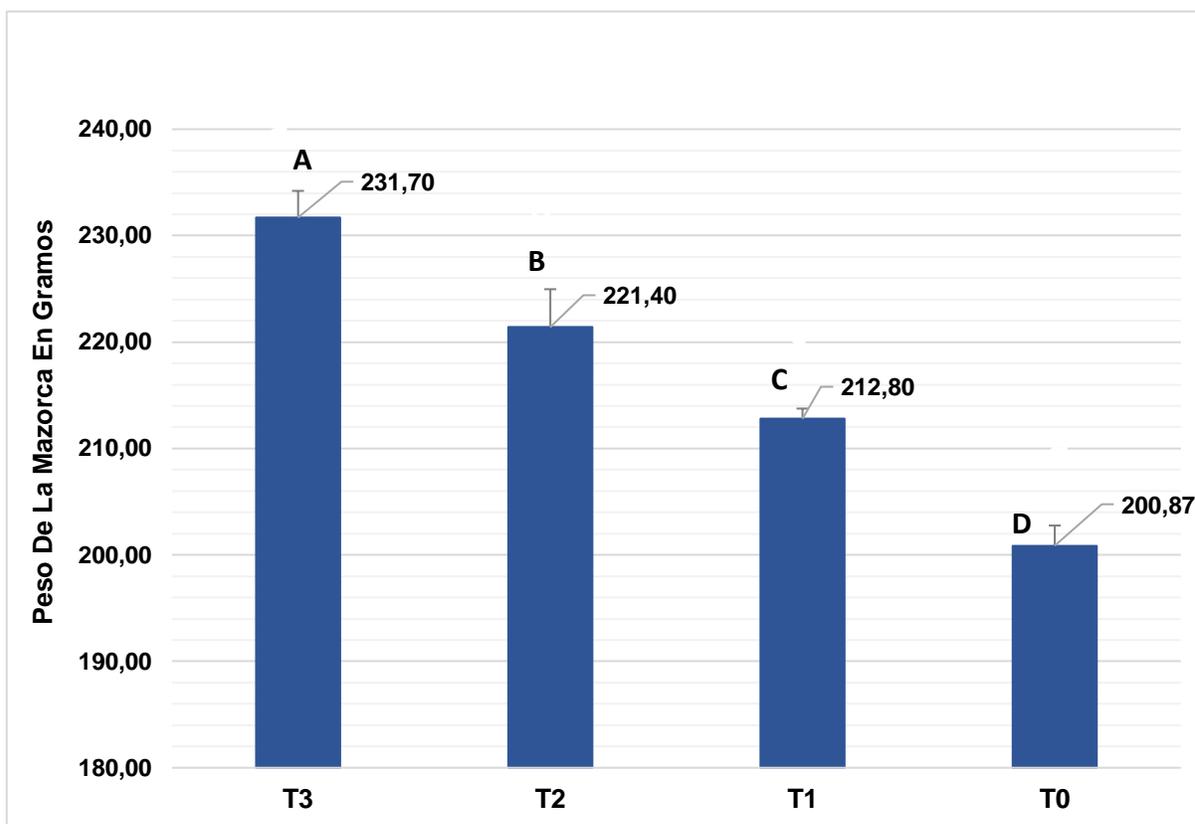
Tratamientos	Media	0,05 %
T3	231,70	A
T2	221,40	B
T1	212,80	C
T0	200,87	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de tukey al 0,05% de confiabilidad, obtuvimos en primer lugar un promedio del peso de la mazorca con marlo de 231,70 gr. en el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio), seguido del T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) con un peso promedio de la mazorca con marlo de 221,40 gr., posteriormente se obtuvo un peso promedio de la mazorca con marlo de 212,80 gr para el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y finalmente un peso promedio de la mazorca con marlo de 200,87 gr. para el T0 (tratamiento testigo).

A continuación, para una mejor ilustración de los resultados se presenta la gráfica de barras del peso de la mazorca con marlo de la Evaluación de diferentes dosis de poliacrilato de potasio en la producción del Maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108, en la Comunidad Campo Grande, Provincia Arce.

Gráfico N° 4. Peso promedio de la mazorca con marlo (gr)



Elaboración propia

Referente a la diferencia entre tratamiento podemos afirmar que, si existe diferencia significativa entre el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y los tratamientos T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo). Como también podemos afirmar que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio), T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo), y finalmente podemos corroboramos que si existe diferencia significativa entre el T1 (tratamiento con 15K g/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo).

En el trabajo de investigación de Mamani y Echenique (2021), reportaron valores del peso de la mazorca con marlo que oscilan desde 25,35 gr. hasta los 95,98 gr. resultados que fueron obtenidos bajo una temperatura media anual de 28°C y una precipitación anual promedio 1800 mm.

4.2.4 Determinación de la longitud de la mazorca.

Para la evaluación de la variable agronómica longitud de la mazorca, se tomaron los datos a los 95 días después de la siembra, por lo que a continuación se presentan los datos promedios por tratamientos.

Cuadro N° 13. Longitud de la mazorca en centímetros (cm)

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	\bar{X}
	RI	RII	RIII		
T0	18,60	17,75	18,00	54,35	18,12
T1	18,45	18,65	17,80	54,90	18,30
T2	20,15	19,45	20,60	60,20	20,07
T3	20,75	20,95	21,45	63,15	21,05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 14. Análisis de varianza de la longitud de la mazorca

FACTOR DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	Fc	F Tabla
					0,05 %
Tratamientos	18,0683	3	6,0227778	24,004428	4,76
Bloques	0,2029	2			
Error	1,5054	6	0,2509028		
Total	19,7767	11			

Coefficiente de Variación: 11,38%

De acuerdo al análisis de varianza al 0,05% de confiabilidad aplicado a los datos de longitud de la mazorca de maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108 bajo diferentes dosis de poliacrilato de potasio se puede evidenciar que la F calculada es mayor a la F de tabla por lo que podemos afirmar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

El coeficiente de variación presenta un valor de 11,38% por lo que nos indica que los datos de campo presentan una dispersión mínima con relación a la media.

Al evidenciar la diferencia significativa entre tratamientos, se procedió a aplicar la prueba estadística de medias de Tukey, por lo que a continuación se presenta el cuadro estadístico para evidenciar que tratamientos difieren estadísticamente.

Cuadro N° 15. Prueba de comparación de medias de tukey de longitud de la mazorca (cm)

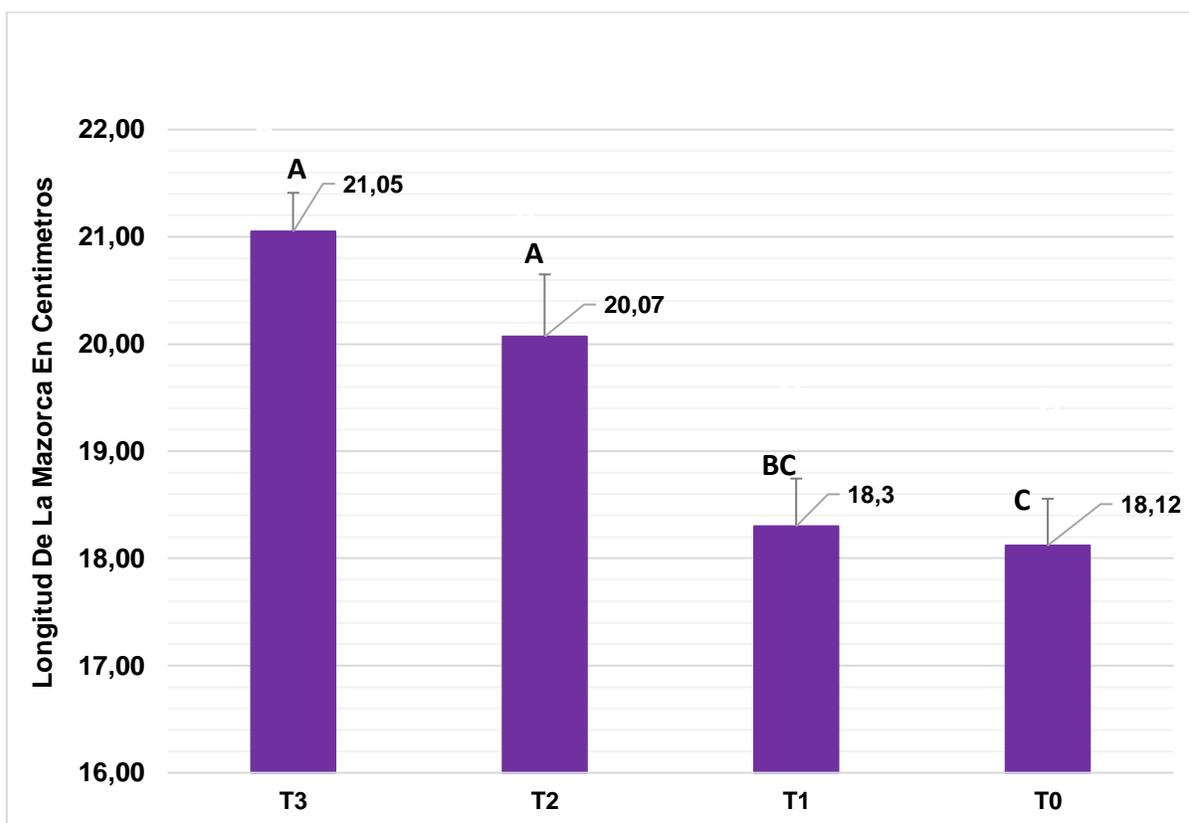
Tratamientos	Media	0,05 %
T3	21,05	A
T2	20,07	A
T1	18,30	BC
T0	18,12	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de tukey al 0,05% de confiabilidad, obtuvimos en primer lugar un promedio de longitud de la mazorca de 21,05cm. en el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio), seguido del T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) con una longitud promedio de la mazorca de 20,07cm., posteriormente se obtuvo una longitud promedio de la mazorca de 18,30cm. para el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y finalmente una longitud promedio de la mazorca de 18,12 cm. para el T0 (tratamiento testigo).

A continuación, para una mejor ilustración de los resultados se presenta la gráfica de barras de la longitud de la mazorca en la Evaluación de diferentes dosis de poliacrilato de potasio en la producción del Maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108, en la Comunidad Campo Grande, Provincia Arce.

Gráfico N° 5. Longitud promedio de la mazorca (cm)



Elaboración propia

Referente a la diferencia entre tratamiento podemos afirmar que, no existe diferencia significativa entre el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el tratamiento T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio), pero si existe diferencia significativa con el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo).

Como también podemos afirmar que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo), y finalmente podemos corroboramos que no existe diferencia significativa entre el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo).

Investigaciones realizadas por Mamani y Echenique (2021), reportan resultados de una longitud de mazorca promedio de entre los 11,49 cm. a los 13,87cm., mientras que Larrea (2018), reporta resultados similares con valores de longitud de mazorca que oscilan entre los 14,96 cm. a los

16,82 cm. los resultados de ambos investigadores fueron desarrollados en diferentes municipios del Departamento de La Paz por lo que difieren con los resultados de nuestra investigación que se desarrolló en la Provincia Arce del Departamento de Tarija.

Sin embargo, Marquéz (1991), hace referencia a las causas probables de diferencia de longitudes de la mazorca entre ambas investigaciones, las cuales se deben al comportamiento de un genotipo o una población genotípica en un ambiente y su adaptabilidad, ya que estas poseen la capacidad para responder a la selección, lo cual implica variabilidad genética, es decir, que la adaptación corresponde al rendimiento en un ambiente y la adaptabilidad a la forma como rinden las variedades en los diferentes ambientes.

4.2.5 Determinación del rendimiento en toneladas/ha.

Para la evaluación de la variable rendimiento, se tomaron los datos de cada tratamiento del peso de la mazorca con marlo y se realizó una proyección de la producción en una superficie de una hectárea, considerando que el grano de maíz representa el 19,80% de la mazorca y considerando también que el grano de maíz en estado pastoso contiene un 74% de humedad. Por lo que a continuación se muestran los datos con lo que se trabajó para realizar la estimación de rendimiento.

Cuadro N° 16. Rendimiento en t/ha

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	\bar{X}
	RI	RII	RIII		
T0	2,15	2,14	2,18	6,5	2,16
T1	2,29	2,27	2,28	6,8	2,28
T2	2,39	2,33	2,40	7,1	2,37
T3	2,46	2,49	2,51	7,5	2,49

Elaboración propia

Cuadro N° 17. Análisis de varianza del rendimiento en t/ha

FACTOR DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	Fc	F Tabla
					0,05 %
Tratamientos	0,1765	3	0,058831	120,1402	4,76
Bloques	0,0025	2			
Error	0,0027	6	0,000456		
Total	0,1817	11			

Coefficiente de Variación: 1,40%

De acuerdo al análisis de varianza al 0,05% de confiabilidad aplicado a los datos de rendimiento en t/ha de maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108 bajo diferentes dosis de poliacrilato de potasio se puede evidenciar que la F calculada es mayor a la F de tabla por lo que podemos afirmar que si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

El coeficiente de variación presenta un valor de 1,40% por lo que nos indica que los datos de campo presentan una dispersión mínima con relación a la media.

Al evidenciar la diferencia significativa entre tratamientos, se procedió a aplicar la prueba estadística de medias de Tukey, por lo que a continuación se presenta el cuadro estadístico para evidenciar que tratamientos difieren estadísticamente.

Cuadro N° 18. Prueba de comparación de medias de tukey de producción en t/ha

Tratamientos	Media	0,05%
T3	2,49	A
T2	2,37	B
T1	2,28	C
T0	2,16	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

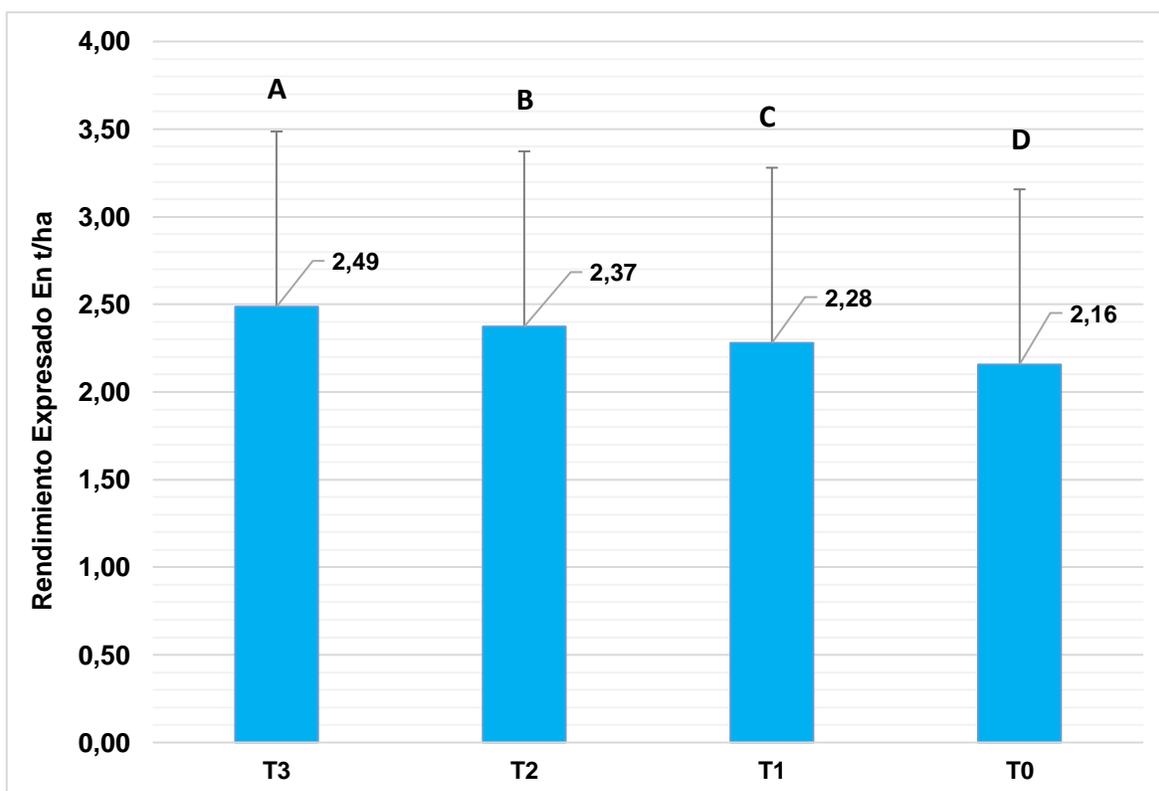
De acuerdo a la prueba de comparación de medias de tukey al 0,05% de confiabilidad, obtuvimos en primer lugar un promedio de rendimiento de 2,49 t/ha en el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio), seguido del T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) con un promedio de rendimiento de 2,37 t/ha, posteriormente se obtuvo un

promedio de rendimiento de 2,28 t/ha para el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y finalmente un promedio de rendimiento de 2,16 t/ha para el T0 (tratamiento testigo).

Referente a la diferencia entre tratamiento podemos afirmar que, si existe diferencia significativa entre el T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y los tratamientos T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio), T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo).

Como también podemos afirmar que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio), T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo), y finalmente podemos corroboramos que si existe diferencia significativa entre el T1 (tratamiento con 15 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y el T0 (tratamiento testigo).

Gráfico N° 6. Rendimiento expresado en t/ha



Elaboración propia

Las investigaciones realizadas por Mamani y Echenique (2021), reportan resultados de rendimiento que oscilan entre los 1,11 t/ha a 2,25 t/ha alcanzando los resultados obtenidos en el T0 y T1 de nuestra investigación. Por otro lado, la investigación realizada por Páez (2015), nos muestran resultados obtenidos de 1,83 t/ha a 2,12 t/ha en rendimiento de maíz alcanzando los resultados mínimos de nuestra investigación, cabe mencionar que ambas investigaciones se desarrollaron en el Departamento de La Paz por lo que las condiciones climatológicas varían respecto a las que predominan en el triángulo sur del país.

De acuerdo con Chilo (2022) reporta el informe presentado por La Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno realizado a través de las Facultades de Ciencias Agrícolas y de Veterinaria y Zootecnia en las cuales indican que la producción de maíz en Bolivia entre las 3 t/ha y con el uso de biotecnología se puede alcanzar una producción de hasta 6 t/ha.

4.3 Determinación de la relación Beneficio/Costo.

El análisis económico se realizó mediante la hoja de costos de producción expresado en t/ha que se nuestra en el anexo N° 2 al anexo N° 5, el ingreso bruto se determinó a través de la venta por docena de la mazorca en estado fresco o en la fase de grano pastoso considerando el tamaño y grosor de la mazorca, el beneficio se obtuvo de la diferencia del ingreso bruto y el costo de producción para luego determinar la relación beneficio/costo como se nuestra en el siguiente cuadro.

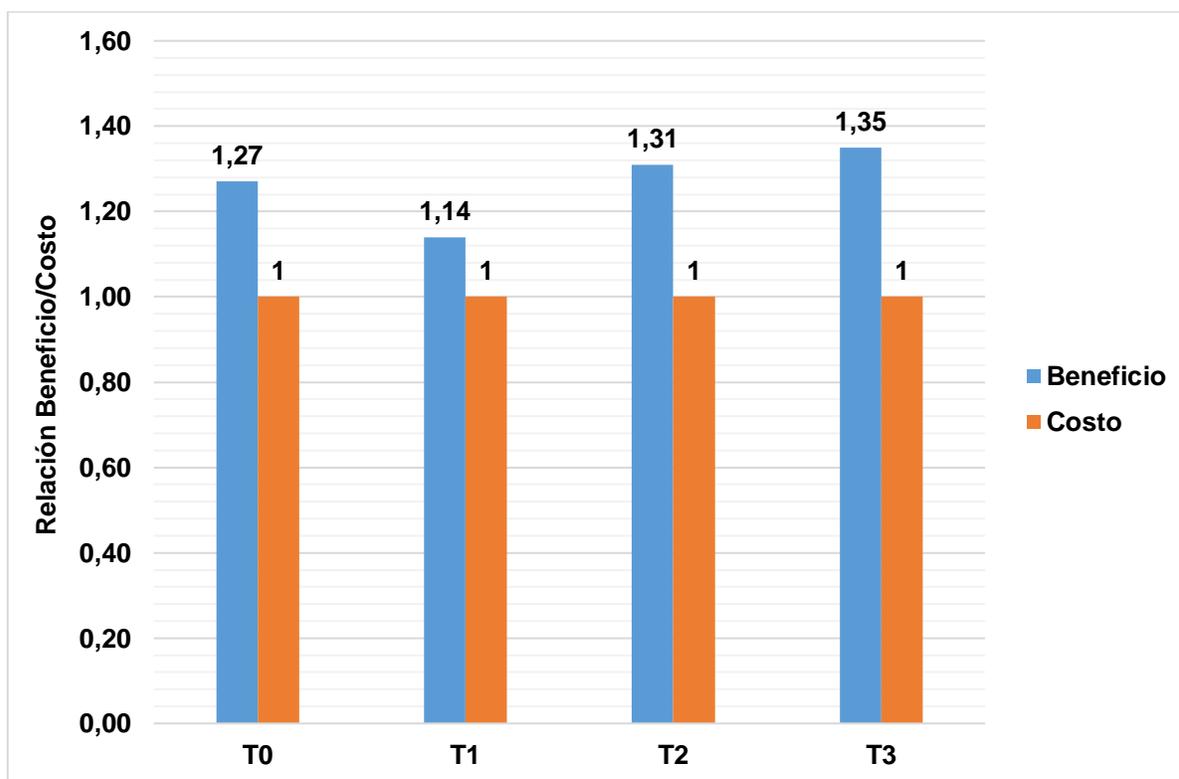
Cuadro N° 19. Análisis económico B/C para determinar la rentabilidad de la producción del Maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108.

	Rendimiento Docenas/ha	Precio de venta en Bs./Docena	Ingreso Bruto en Bs./ha	Costo de Producción en Bs./ha	Beneficio en Bs./ha	Relación B/C
T0	2.552,08	10,00	25.520,80	11.257,16	14.263,64	1,27
T1	2.620,30	12,00	31.440,36	14.667,16	16.773,20	1,14
T2	2.604,17	14,00	36.458,38	15.767,16	20.691,22	1,31
T3	2.645,83	15,00	39.687,45	16.867,16	22.820,29	1,35

Elaboración propia

De acuerdo en la tabla de análisis económico para determinar la rentabilidad de los tratamientos, podemos evidenciar que de manera general la relación beneficio/costo es mayor al valor 1, lo cual nos indica que todos los tratamientos son rentables en diferentes medidas con relación de un tratamiento a otro, ya que el valor del producto está sujeto a aspectos característicos que presenta cada tratamiento como ser la longitud de la mazorca y como ser el diámetro de la base de la mazorca, por lo que estas características le agregan un valor económico extra en comparación a los productos de los tratamientos que obtuvieron resultados por debajo de los óptimos esperados.

Gráfico N° 7. Relación Beneficio/Costo para determinar la rentabilidad de la producción del Maíz (*Zea mays L.*) Var. Algarrobal 108.



Elaboración propia

Para los tratamientos T0 (tratamiento testigo), T1 (tratamiento con 15Kg/ha de poliacrilato de potasio), T2 (tratamiento con 20 Kg/ha de poliacrilato de potasio) y T3 (tratamiento con 25 Kg/ha de poliacrilato de potasio), los valores obtenidos se encuentran por encima del valor (1,00), lo que nos indica que por cada Bs.- 1.- de inversión en los tratamientos se obtiene un

beneficio neto que van desde los 0,27 centavos a los 0,35 centavos de bolivianos descontando el Bs.- 1.- invertido.

Según la investigación de Apaza (2013), reporta datos económicos referentes a la relación beneficio costo en sistemas de producción de maíz con valores que oscilan entre 0,02 a 0,22 descontando el Bs.- 1.- de inversión. Por otro lado, la investigación de Nieves (2020), muestra datos obtenidos de relación beneficio costo de 0,07 a 2,99 contemplando de igual manera el descuento de Bs.- 1.- por la inversión. Y por último Sossa (2013) reporta datos de relación beneficio costo que oscilan de 3,02 a 09,79 considerando el descuento de Bs.- 1.- por la inversión.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Dentro de las características fenológicas estudiadas en la producción del cultivo de maíz variedad algarrobal 108 bajo diferentes dosis de poliacrilato de potasio se llega a la conclusión que el polímero súper absorbente no incide en el desarrollo de las fases fenológicas del cultivo, ya que esta variable estudiada tiene una estrecha relación con las características climatológicas y características genotípicas de la variedad las cuales fueron homogéneas para cada tratamiento.

Con respecto a la evaluación de las características agronómicas en la producción del cultivo de maíz variedad algarrobal 108 podemos concluir que para la variable altura de planta el tratamiento T3 obtuvo el mejor resultado con un promedio de altura de planta de 2,208 m. prosiguiendo con la variable diámetro de la base de la mazorca llegamos a la conclusión que los tratamientos T3 y T2 fueron los mejores resultados obtenidos ya que no difieren estadísticamente y presentan valores de 5,72 cm y 5,69 cm.

La variable peso de la mazorca con marlo el tratamiento T3 obtuvo el mejor resultado difiriendo de los demás tratamientos alcanzando un valor de 231,70 gr. de peso. Continuando con la variable de longitud de la mazorca pudimos concluir que los mejores resultados fueron los tratamientos T3 y T2 alcanzando valores de 21,05 cm. y 20,07 cm. los cuales no difieren estadísticamente entre sí.

Dentro de la evaluación de la variable agronómica de rendimiento en toneladas por hectárea llegamos a la conclusión que el mejor resultado obtenido lo realizó el tratamiento T3 el cual presenta un valor de rendimiento de 2,49 t/ha el cual difiere estadísticamente de los demás tratamientos.

Con respecto al análisis económico concluimos que todos los tratamientos presentan cifras positivas haciéndolos rentables por lo que en primer lugar se posiciona el tratamiento T3 que

presenta una relación B/C de 1,35; seguido del tratamiento T2 con una relación B/C de 1,31; posteriormente se encuentra el tratamiento T0 con una relación B/C de 1,27 y finalmente se ubica el tratamiento T1 con una relación B/C de 1,14.

5.2 RECOMENDACIONES

Para obtener mejores rendimientos en la producción del cultivo de maíz variedad algarrobal 108 con relación a sistemas de producción tradicionales que se practican en el triángulo sur del país y que no hacen uso de tecnología en la producción, se recomienda hacer uso del poliacrilato de potasio en dosis de 20 kg/ha a 25 kg/ha.

Ante la respuesta positiva del desarrollo fenológico del cultivo de maíz variedad algarrobal 108 a las condiciones climáticas de la región en el periodo de septiembre a diciembre se recomienda realizar otras investigaciones para identificar otro periodo del año con la cual se puedan comparar los resultados.

Por los resultados positivos obtenidos en las características agronómicas en la producción del cultivo de maíz variedad algarrobal 108 haciendo uso del poliacrilato de potasio como una medida de mitigación a los efectos del cambio climático, se recomienda seguir investigando en otras variedades de maíz como así también en otras especies de cultivos anuales, bianuales, perennes, carosos y de pepita.