

INTRODUCCIÓN

I. ANTECEDENTES

El sorgo (*Sorghum Vulgare L*) es un recurso clave en la producción ganadera ocupa el quinto lugar a nivel mundial en superficie sembrada y producción, después del trigo, arroz, maíz y cebada, ya que aporta un gran volumen de grano y materia seca en un periodo relativamente corto pudiendo llegar a producir 20.000 kg/ha de materia seca permitiendo el descanso de las praderas.

El sorgo granífero ha sido mejorado genéticamente en los últimos años incrementando su productividad y calidad, existiendo en el mercado materiales para cada uso específico, se adapta a los climas cálidos, su crecimiento está influenciado por la temperatura, la altitud y los días cortos desarrollándose bien por debajo de los 1800 m. sobre el nivel del mar y con una temperatura entre los 21 y 31 °C, temperaturas inferiores a los 15 °C reducen su germinación y crecimiento. Mientras que los días largos favorecen su rendimiento, es resistente a la sequía y se comporta bien en distintos tipos de suelos (INFOAGRO, 2007).

En Bolivia el área estimada de siembra de sorgo híbridos, en la campaña 2003 es de 67.500 has, donde el 65% se cultiva con híbridos introducidos de países vecinos como son la Argentina y el Brasil.

El alto grado de consumo de sorgo se debe a necesidades alimentarias y a la escasez de pasturas; mientras que por sus granos, juegan un papel importante en la industria ya que se procesan en un gran número de productos y subproductos como ser la elaboración de alimentos balanceados para las lecherías, avicultura, porcicultura y otros (PROMASOR, 2011).

En Tarija el sorgo es utilizado como forraje verde para los animales como así también el grano, pero este cultivo no está muy difundido y es sembrado por muy pocos agricultores (IBCE, 2010)

El sorgo posee hojas revestidas por una capa cerosa blanquecina, que reduce las pérdidas por evaporación, es un cultivo rústico que se adapta a diferentes tipos de suelo, debido a su menor requerimiento de humedad. Es más eficiente en el uso de agua que el maíz, debido a su particular sistema radicular, posee raíces fibrosas, muy numerosas, extremadamente ramificadas, tanto en superficie como en profundidad, que extrae los elementos nutritivos y agua a una superficie foliar funcional que es aproximadamente la mitad de la del maíz.

El sorgo posee células motoras en las nervaduras centrales que tienen la facultad de plegar las hojas en caso de sequía al tener estomas pequeños (un tercio que los del maíz) pero muy numerosos, un 50% más que en maíz, lo que permite un control muy eficiente de los cambios gaseosos con el exterior. Estas características le otorgan al sorgo resistencia a la sequía, pudiendo pasar en períodos críticos por un estado casi latente, volviendo al crecimiento activo cuando las condiciones de humedad se vuelven favorable (Terranova, 1995).

La escasez de precipitaciones disminuye notablemente la producción de granos, se busca nuevas alternativas y el sorgo es una de estas, ya que es más resistente a la sequía y requiere menos precipitaciones para su desarrollo por ser de ciclo más corto que el maíz, ante esta problemática, se realizó el estudio de comportamiento de cinco variedades híbridas de sorgo granífero para tener datos agronómicos y de rendimiento en el departamento de Tarija provincia Gran Chaco.

2. JUSTIFICACIÓN

Según datos obtenidos del SENAMHI (2012), en estos últimos diez años nos muestra que las precipitaciones han ido cambiando es decir que en algunos meses se tiene precipitaciones elevadas y en otros las precipitaciones son mínimas lo cual no satisface los requerimientos hídricos de los cultivos, por esta razón el sorgo es una alternativa más para el agricultor debido a sus características que presenta mayor resistencia a la sequía y precocidad en el rendimiento.

Con el presente trabajo de investigación se pretende mejorar los conocimientos de los agricultores e incentivar a la producción de este cultivo ya que para esta región no existen investigaciones, debido a esto me ha motivado realizar esta investigación referida a este cultivo en el municipio de Villa Montes.

Este trabajo significa un aporte importante en la producción agrícola ya que aparte de generar ingresos económicos para los productores, permite obtener granos para la industria de alimentos balanceados y satisfacer la gran demanda de alimentos especialmente para bovinos y otros animales.

3. HIPÓTESIS

El comportamiento de las variedades híbridas de sorgo muestra diferencias significativas con respecto a los tratamientos de acuerdo al estudio planteado durante su desarrollo vegetativo.

4. OBJETIVOS

4.1. General

- Evaluar el comportamiento agronómico de cinco variedades híbridas de sorgo en un cultivo a secano para contar con datos precisos de comportamiento y rendimiento en el municipio de Villa Montes.

4.2. Específico

- Evaluar el comportamiento y rendimiento las cinco variedades híbridas de sorgo granífero en tn/ha en la comunidad de Caigua municipio de Villa Montes.
- Determinar el análisis económico mediante la relación beneficio – costo a través de un análisis de varianza obtener resultados de que variedad se obtiene mayor beneficio.

II MARCO TEÓRICO

2.1. Origen

Los primeros informes muestran que el sorgo existió en India en el siglo I d. C. Las esculturas que lo describen se hallaron en ruinas asirias de 700 años a. C. Sin embargo, el sorgo quizás sea originario de África Central (Etiopía o Sudán), pues es allí donde se encuentra la mayor diversidad.

Los primeros sorgos dejaban mucho que desear como cultivo granífero, eran muy altos y por lo tanto susceptibles al vuelco y difíciles de cosechar, además maduraban muy tardíamente.

El desarrollo posterior de tipos precoces, así como de variedades híbridas resistentes a sequía, enfermedades e insectos, junto con el mejoramiento de otras prácticas de producción, se estableció firmemente el sorgo granífero como un importante cultivo agrícola (AGRO SITIO 2011).

2.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas. Las espiguillas se encuentran apareadas formando racimos desnudos en la parte basal; la espiguilla inferior sentada posee una flor hermafrodita, la segunda pedicelada es masculina o estéril. Espiguillas graníferas con dos glumas papiráceas o crustáceas, generalmente pubescentes, androceo con tres estambres; ovario globoso con estilos cortos y estigmas plumosos.

INTA, (2001); citado por (Salazar 2005).

2.2.1. Sistema radicular

Tiene tres clases de raíces: laterales, adventicias y aéreas. Puede llegar en terrenos permeables a 2 metros de profundidad. (Undersander et al., 1990).

2.2.2. Tallo

También llamado caña, es compacto, a veces esponjoso, con nudos engrosados. Puede originar macollos (unidad estructural de la mayoría de las especies de gramíneas. Se forman a partir de las yemas axilares o secundarias del meristemo basal del eje principal), de maduración más tardía que el tallo principal. La presencia de macollos es varietal y está influenciada por la fertilidad, las condiciones hídricas y la densidad, cada nudo está provisto de una yema lateral, en algunas variedades una, dos, tres yemas inferiores, se desarrollan para formar macollos (INFOAGRO, 2007).

2.2.3. Hoja

Son de forma lineal lanceolada, la nervadura media es blanquecina o amarilla en los sorgos de médula seca y verde en los de médula jugosa. Se desarrollan entre 7 y 24 hojas dependiendo de la variedad, las variedades con 10 hojas o menos se clasifican como hojas escasas, las de 11 a 13 como hojas intermedias y de 14 o más como abundantes y determinan la longitud del periodo vegetativo. En el caso de los híbridos están entre las intermedias que poseen entre 10 a 13 hojas, alternas y opuestas (González, 2001).

2.2.4. Inflorescencia

Presenta inflorescencias en panojas compactas, semi compactas o semi laxas, con espiguillas que nacen, una fértil y la otra estéril, se denomina la inflorescencia como panícula y son abiertas en las variedades de sorgo forrajero. El androceo y el gineceo, son cubiertos por las glumas, en algunas variedades parcialmente y totalmente en otras, estas glumas son generalmente de color negro, rojo, café, o color paja (Undersander et al., 1990).

2.2.5. Semilla

Son esféricas y oblongas de 3 mm, de color negro, marrón, rojizo y amarillento. Con relación a las características del grano debe mencionarse que, algunas variedades contienen en ciertas capas de semillas, cantidades considerables de taninos, sustancia que le proporciona un color caneláceo (Vanegas, 1999).

2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

Reino	Vegetal
División	Trachaeophytae
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledoneae
Orden	Glumiflorales o Poales
Familia	Poaceae
Sub-familia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Nombre científico	Sorghumvulgare L

2.4. VARIEDADES

Variedad es un conjunto grupo de plantas similares que debido a sus características estructurales y comportamiento, se puede diferenciar de otras variedades dentro de la misma especie (Alvarado, 2006).

2.4.1. Sorgo para Grano

Son aquellos que se cultivan principalmente para este fin, es un material muy estable para la producción de grano seco o ensilaje de grano húmedo. En condiciones normales llega al 50% de floración entre los 60 a 62 días de emergido, pudiendo cosecharlo en unos 120 días de ciclo total presenta una buena excreción de espiga lo que permite una cosecha limpia de rastrojos, los rendimientos en grano seco están entre 2 y 8 toneladas por hectárea dependiendo de las condiciones climáticas favorables. Existen diversas variedades de sorgo conocidas en el mundo tanto para grano y ensilaje pero no todas estas variedades se adaptan en nuestro país (Agudelo, 2004).

2.4.2. Sorgo para Jarabe o Sorgo Dulce

Denominados también *Sorghum sacharutum*, por su jugo dulce y abundante, son utilizados en fresco y en heno para el ganado o para la producción de miel o jarabe. El mismo tiene gran potencial para la producción de jarabe y de alcohol. El sorgo dulce es la mejor materia prima alternativa, que puede suplir el uso de la caña de azúcar y en la producción del etanol es de 5600 litros por hectárea por año (sobre dos cosechas, en 70 toneladas por hectárea del tallo (Grassi, 2006).

2.4.3. Sorgo Escobero

Llamados también, *Sorghum sacharatum*, por sus características especiales son apropiados para la manufactura de escobas tienen granos pequeños y casi encerrados en glumas largas y elipsoides, el sorgo escobero se siembra en las zonas semidesérticas, ya que es un cultivo que tolera altas temperaturas y bajas precipitaciones pluviales, para producir sólo se requiere de 350 a 450 milímetros de lluvia, alcanzando un rendimiento de 0.6 a 1.2 toneladas de espigas por hectárea bajo condiciones de temporal y en riego de 2.5 a 3.0 toneladas por hectárea. La parte útil de estos sorgos es la panoja u órgano floral que se encuentra en la parte terminal de la planta. Estas panojas están constituidas por numerosos raquis, que sostienen los granos o semillas (Reyes, 2009).

2.4.4. Sorgo Forrajero

Estudios realizados por importantes investigadores nacionales determinaron que los sorgos forrajeros se destacan por tener una excelente relación hoja – Tallo, gran velocidad de crecimiento inicial, pudiendo entrar al primer pastoreo a los 45 a 50 días con siembras de noviembre para la región central y una excelente sanidad foliar durante el crecimiento, es una planta que crece formando macollas de tallos erectos, gruesos, sólidos y frecuentemente jugosos; de tamaño variable, dependiendo de la variedad, alcanzando un promedio de 1,75 a 2,25 m. Las hojas tienen una longitud que oscila entre 60 y 100 cm y su ancho de 3 a 5 cm (FAO, 2007).

2.4.5. Sorgo de Doble Propósito

Este grupo comprende los sorgos de doble objetivo, grano y forraje. Material de muy buena aptitud productiva y gran volumen de planta, lo que favorece su condición de Doble Propósito. Su ciclo a 50% de floración es de unos 78 días y tiene una altura de planta de 180 cm. Presenta muy buen Pack Sanitario y bajo contenido de tanino, lo

que favorece la calidad de la proteína bruta del material (Wikipedia, enciclopedia libre).

2.4.6. Variedades de importancia

1- Kafir:

Originario de África Tropical desde donde se ha extendido por todo el mundo. Se caracteriza por poseer buena ejerción de la panoja (compacta), por ser buen forrajero (plantas de 1,3 a 2,7 m de alto, tallo fuerte y de 12 a 15 hojas verde oscuro) y por su resistencia a la sequía.

2- Kaoliang:

Originario de China. Está adaptado a zonas más frías. Posee poca ejerción de la panoja, es poco macollador, con 7 a 10 hojas verde oscuro y cortas. El grano tiene tanino que le confiere un color castaño.

3 – Shalu:

Originario de la India. Es un sorgo de abundante macollaje, con 7 a 10 hojas verde claro, panojas erectas y cónicas. El grano es pequeño, duro, de color blanco amarillento, esta variedad predomina en la Argentina.

4 – Durra:

Originario del norte de África, sudoeste de Asia posee panoja compacta y dura. Es un sorgo susceptible a la sequía. Tiene raquis, glumas y ramas de la panoja pubescentes, hojas oscuras. Hay dos tipos de Durras: de grano blanco aristado y de grano oscuro místico.

5 – Milo

Originario de África, es una variedad importante pues ha sido base de numerosas hibridaciones; es macollador, tiene 8-10 hojas verde oscuro con nervadura blanca, panoja oval, corta y compacta. El grano es blanco, amarillento o marrón.

2.5. CONDICIONES ECOLÓGICAS Y EDÁFICAS

El cultivo del sorgo, se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas, al igual que el maíz, originalmente era una planta tropical, pero en la actualidad es cultivada en cualquiera de las zonas tropicales y subtropicales, el sorgo tolera mejor la sequía y el exceso de humedad en el suelo que la mayoría de los cereales y crece bien bajo una amplia gama de condiciones en el suelo (Gallarino, 2007).

2.5.1. Humedad

Responde favorablemente a la irrigación, requiriendo un mínimo de 250 mm durante su ciclo, con un óptimo comprendido entre los 400-550 mm y conveniente de 350 a 450 mm de agua durante todo su ciclo y los mayores requerimientos se dan entre los 30 a 60 días de crecimiento. Es fundamental que el suelo tenga una adecuada humedad en el momento de la siembra para lograr una emergencia rápida y homogénea y con ello una buena implantación del cultivo. Las mayores exigencias en agua comienzan unos 30 días después de emergencia y continúan hasta el llenado de los granos, siendo las etapas más críticas las de panoja miento y floración, puesto que deficiencias hídricas en estos momentos producen mermas en los rendimientos (Pineda, 1988).

2.5.2. Temperatura

Las exigencias en calor del sorgo para grano son más elevadas que las de maíz. Para germinar necesita una temperatura de 12 a 13 °C, el crecimiento de la planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15 °C, situándose el óptimo hacia los 30 °C, esto significa que requiere temperaturas altas para su desarrollo normal, siendo por lo tanto más sensible a las bajas temperaturas que otros cultivos. Durante la floración requiere una mínima de 16 °C, pues por debajo de este nivel se puede producir esterilidad de las espiguillas y reducir el rendimiento del grano (MIDINRA, 2000).

Según (PROMASOR, 2001), señala que el sorgo requiere de ciertas condiciones agroecológicas para poder producir buenos rendimientos, ellas son; temperatura, suelos, pH y humedad. El sorgo al ser un cultivo tropical, se desarrolla con temperaturas altas, siendo la óptima durante todo su ciclo de 26°C se desarrollan bien a temperaturas superiores a los 35°C van disminuyendo sus rendimientos hasta un 50% menos.

2.5.3. Suelo

El sorgo se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que aumenta el contenido de sacarosa en tallos y hojas. Prefiere suelos profundos, sin exceso de sales, con buen drenaje, sin capas endurecidas, de buena fertilidad y un pH comprendido entre 6,2 y 7,8. Es moderadamente tolerante a suelos con alguna salinidad y/o alcalinidad, siendo su comportamiento, ante esas condiciones mejor que la de otros cultivos como maní, soja y maíz (FAO, 2007).

2.6. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

La cantidad de fertilizante a aplicar dependerá del contenido que de ellos exista en forma asimilable en el suelo, del tipo de nutriente requerido, así como de las necesidades de la planta, para obtener una producción de granos estimada de 4000 kg/ha se requiere aproximadamente de 110 kg/ha de nitrógeno, 90 kg/ha, las necesidades son aproximadamente el 40%, pero se requiere aplicar más por cuanto este nutriente tiene a fijarse en el suelo por lo que se pueden aplicar alrededor de 400 kg/ha de la fórmula 12-24-12 en la siembra y re abonar con 150 kg/ha de urea. El fertilizante se puede aplicar en dos formas: con sembradora abonadora para siembra en hileras y al voleo con trompo fertilizador (Guzmán, 1984).

2.6.1. Nitrógeno

Los requerimientos del cultivo son muy bajos en los primeros 20 días posteriores a la emergencia, pero a partir de los 25 a 35 días, las necesidades de N aumentan mucho.

Deficiencias a partir de ese periodo afectan no sólo al rendimiento y sino también a la calidad de grano por disminución del contenido de proteína como todas las gramíneas, el sorgo tiene buena respuesta a la fertilización nitrogenada y en términos generales se extraen del suelo aproximadamente 30 kg por cada 1000 kg de grano cosechado. El nitrógeno forma parte de las proteínas, de la clorofila y es necesario para la fotosíntesis y en cantidades adecuadas incrementa la eficiencia del uso del agua (INIFAP, 2002).

2.6.2. Fósforo

El sorgo es un cultivo exigente en fertilizantes, los niveles de fósforo necesarios en la implantación se encuentran entre 15 – 18 ppm de P_2O_5 . El cultivo absorbe del suelo aproximadamente 10 kg por cada 1.000 kg de grano cosechado, por lo que es importante considerar la fertilización fosfatada si se pretende obtener buenos rendimientos.

Desde el punto de vista nutricional, el fósforo es esencial para un crecimiento inicial vigoroso de las raíces y de la parte aérea; además es necesario para el almacenamiento y transferencia de energía en la planta así como para adelantarla madurez y reducción de la humedad del grano a cosechar. Para una adecuada eficiencia, el fertilizante debe aplicarse a la siembra, cerca de la semilla (López, 2011).

2.6.3. Potasio

Este nutriente es muy necesario para el crecimiento temprano y el desarrollo de las hojas. En la fotosíntesis, el potasio regula la apertura y cierre de las estomas, y por lo tanto regula la absorción de CO_2 , es absorbido como ion K^+ y se encuentra en los suelos en cantidades variables, es poco móvil por su fijación a las arcillas del suelo. En caso de tener menos de 50 ppm disponible, se debe fertilizar siguiendo las recomendaciones del laboratorio, realizando la aplicación en forma total al momento de la siembra (Trucillo, 2008).

2.7. ROTACIÓN DE CULTIVO

Según (Castillo, 2004), indica que los principales beneficios de la inclusión del sorgo en las rotaciones de cultivos son resultantes de la alta cantidad de rastrojo que deja y

su lenta descomposición (relación carbono/nitrógeno). Esto permite por un lado contribuir al contenido de materia orgánica del suelo y por otra, mediante labranza conservacionista, es decir manteniendo rastrojos en superficie, disminuir las pérdidas de agua del suelo por evaporación mejorando la infiltración del agua de lluvia.

En la rotación conviene que el sorgo se ubique preferentemente después de especies leguminosas para reducir el uso de fertilizantes nitrogenados. Por ello, pasturas basándose en alfalfa o cultivos como maní o soja son excelentes antecesores.

Si bien, según zonas y sistemas de producción, las posibles secuencias son muchas, algunos ejemplos recomendados son:

- Sorgo - Soja
- Sorgo - Soja - Maíz - Maní
- Trigo/Soja 2da. - Sorgo - Soja 1ra
- Pastura - Sorgo - Soja - Maíz - Soja

2.8. FOTOPERIODO

El fotoperiodo se define como el conjunto de los procesos mediante los cuales muchos organismos y vegetales regulan sus funciones biológicas como puede ser el caso del crecimiento o la reproducción, utilizando como indicador la alternancia día-noche de los diversos días del año, donde encontramos días de larga duración y días de menor duración dependiendo de la estación del año y por lo tanto del ciclo del sol.

Una pequeña observación es que elementalmente las plantas cultivadas in vitro no necesitaran tantas horas de luz; pero el mejor fotoperiodo en vivo será también el mejor fotoperiodo in vitro, la duración y la periodicidad en la iluminación tiene una influencia decisiva sobre la germinación y la duración del crecimiento vegetativo, así

llegamos a la conclusión de que muchos fenómenos vinculados al desarrollo de las plantas pueden ser activado o no según las horas de luz que reciba.

Por ejemplo, algunos árboles necesitan estar expuestos a unas horas determinadas de luz diarias para mantener su metabolismo activo, pero cuando los días se vuelven cortos como en otoño, al no recibir las horas necesarias, el crecimiento se detiene y entran en fase de reposo protegiéndose del frío del invierno, como por ejemplo al cereal de primavera que solo florecerá cuando sean días largos y este expuesta a largas horas de iluminación (Ceniap, 2006).

El crecimiento y formación de panoja está relacionada con la interacción entre temperatura y duración de horas luz. En esa interacción, el factor más importante es la duración del día ya que este determina los límites de adaptación del cultivo, el fotoperiodo ejerce su acción sobre los tejidos verdes de las plantas en momentos diferentes del ciclo vegetal y estimulan a la planta a desarrollarse.

El sorgo se caracteriza por ser de fotoperiodo corto, lo cual significa que la maduración de la planta se adelanta cuando el periodo luminoso es corto y el oscuro largo, existen diferencias en cuanto a sensibilidad, de la longitud del fotoperiodo estas son de origen genético y tienen como resultado las diferencias de madurez que son comunes entre las diversas variedades de sorgo (Serrano, 2007).

La evapotranspiración y fotosíntesis, dos procesos fundamentales del crecimiento de los cultivos, son dependientes del grado de desarrollo de la cubierta vegetal. La cubierta vegetal para la mayoría de los cultivos es determinada principalmente por el área foliar (AF), que es requerida para calcular evapotranspiración y fotosíntesis Arkinet *al.*, (1976) citado por (Pilatti, 2003).

2.9. MANEJO DEL CULTIVO

2.9.1. Preparación del Terreno

Se prepara el suelo con implementos que dejan en superficie la mayor cantidad posible de residuos, las labores se realizan con cincel, complementadas con rastra de doble acción que es un buen método para controlar la erosión (Ortiz, 2003).

2.9.2. Siembra

Para programar la siembra hay que tener presente el ciclo del híbrido (días a floración), ya que el período entre prefloración y floración no debe coincidir con un déficit hídrico o temperaturas extremas de cada región. La temperatura del suelo a 5 cm de profundidad no debe ser menor de 18°C durante tres o más días consecutivos. Estas condiciones se dan en fechas variables, según zonas (Ortiz, 2003).

2.9.3. Densidad de Siembra

Para los distintos tipos de siembra se recomienda diferentes dosis de siembra, siendo estos de 10 a 15 kg para siembra a mano o con sembradora mecánica, respectivamente para obtener poblaciones de 240000 a 360000 plantas por /ha, considerando un 80% de germinación, para híbridos de bajo porte y de 7 a 10 kg/ha para obtener una población de 160000 a 240000 plantas por/ha, par variedades entre 140 a 170 cm de altura Fernández (1998); citado por (Cruz, 2005).

2.9.4. Control de Malezas

La disminución de los rendimientos ocasionada por las malezas en el cultivo del sorgo se debe a que compiten con él por la luz, agua nutriente y espacio. Se ha demostrado que el mayor daño por competencia ocurre durante los dos primeros meses del cultivo, con un máximo que tiene lugar hasta los 30 días (5 hojas), etapa en la que el crecimiento del sorgo es lento y la maleza desarrolla rápidamente. Pueden controlarse mediante labores culturales mecánicas, empleando herbicidas o por la utilización combinada de estas técnicas, dependiendo del sistema de labranza a utilizar (Torres, 2008).

2.9.5. Fertilización

La fertilización en sorgo es una práctica agronómica necesaria, ya que este cultivo se caracteriza por ser muy exigente en Nitrógeno y requerir suficientes cantidades de Fósforo y Potasio para poder tener un desarrollo normal y producir abundante cosecha de grano y forraje (Alvarado, 2006).

La disponibilidad de nutrientes para el cultivo depende de distintos factores, entre los que se incluyen tipos de suelo, rotaciones, cultivo antecesor, sistemas de labranza y condiciones ambientales.

Es necesario evaluar la calidad del suelo, tanto en su aspecto químico como físico, para realizar la dotación de nitrógeno (N), de fósforo (P) y, según la zona que se trate, de potasio (K). Los elementos menores están, en la generalidad de los casos, presentes en cantidades suficientes para el cultivo del sorgo pero, de tener alguna escasez en la zona, es conveniente tenerlos en cuenta en el análisis (Sánchez, 1994).

2.9.6. Plagas

Estos insectos cumplen una fase de su ciclo en el suelo y producen daños en la semilla durante los estadios de germinación y plántula.

Pueden constituirse en factores limitantes para el crecimiento inicial e implantación del cultivo. Para su control puede curarse la semilla con insecticidas específicos. Pueden controlarse, también, mediante el empleo en pre siembra, de insecticidas para el suelo o bien con productos para uso en pos emergencia (Castillo, 2004).

2.9.7. Enfermedades del Sorgo

Los sorgos sufren el ataque de enfermedades que perjudican su producción de grano y forraje, deteriorando además su valor nutritivo. Estas enfermedades varían en cada área y de año en año debido a diferentes condiciones ambientales, híbridos, prácticas culturales, variación en los organismos causales o a la interacción de cualquiera de estos factores (Castillo, 2004)

2.9.8. Cosecha

Alrededor de 30 días después de la floración, el grano de sorgo alcanza su madurez fisiológica y forma una capa negra que corta el movimiento de nutrientes y agua de la planta al grano.

En este estado el grano tiene entre un 30 y 35 % de humedad y continúa perdiéndola durante los 25 a 30 días subsiguientes, hasta alcanzar una humedad del 20 al 23%, nivel que permite iniciar la cosecha, pero no almacenar el grano (INTA, 2011).

2.10. RENDIMIENTO

Poelhma (1987) citado por Zamora (2005), considera al rendimiento como un objetivo complejo y básicamente determinado por la acción de numerosos genes, muchos de los cuales afectan a procesos vitales dentro de la planta, tales como la nutrición, fotosíntesis, transpiración, y almacenamiento de principios nutritivos. De esta manera directa o indirectamente el rendimiento se ve afectado.

Si antes el rendimiento promedio de producción en nuestro país era de 3 toneladas por hectárea, en esta campaña subió en una tonelada y media, lo que quiere decir que el rendimiento promedio es de 4,5 toneladas por hectárea. Un productor menonita sembró 70 hectáreas de sorgo y obtuvo un rendimiento promedio de 6 toneladas por hectárea (Williams, 2011).

Según datos de la (FAO, 2007), a nivel mundial los rendimientos en grano están entre 4 y 12 toneladas por hectárea el líder que es Jordania alcanzó un rendimiento en grano de 12.53 toneladas por hectárea en la gestión 2010.

- Estados Unidos 4.87 tn/h
- México 3.64tn/h
- Egipto 6.54 tn/h
- Israel 14.15 tn/h
- Francia 5.95tn/h
- Italia 5.69tn/h
- Argentina 5.02 tn/h

2.10.1. DESTINO Y USOS DEL SORGO

La mayor parte del sorgo se utiliza en la preparación de alimentos balanceados. En la industria de extracción se lo emplea, fundamentalmente para la obtención de almidón, alcohol y glucosa, además en la fermentación donde se producen tres solventes importantes: alcohol, acetona y butanol. En muchos países se utiliza la harina de sorgo, sola o en composición de harinas compuestas para la fabricación de galletitas, alfajores, bizcochos, pan (Solórzano, 2006).

En nuestro país se ha realizado con éxito pruebas con harinas de sorgo, trigo y centeno en distintas proporciones. En mezclas de hasta 10% para la fabricación de pan, y hasta un 25% en la elaboración de masitas resultan con aroma, color, textura crocante y más sabrosas que las elaboradas con 100% de trigo. Para ello pueden utilizarse sorgos rojos de bajo contenido de tanino donde el color no es inconveniente para el aspecto y aceptabilidad. (IBCE, 2010).

En la formulación de balanceados, los altos rendimientos que se pueden lograr, su valor nutricional similar al maíz, cuando el grano de sorgo esta debidamente procesado, y su bajo costo relativo ubican al sorgo como un cereal de preferencia en la alimentación animal, aprovechando muy bien en la alimentación de bovinos, cerdos y aves (Tapia, 2005).

Para consumo humano es utilizado principalmente en África, en particular Etiopía, Somalia, en la India y China, donde es ingrediente para la preparación de diversos platos tradicionales o de la gastronomía típica como tortillas, panes con y sin levadura, gachas y cuscús o se usa el grano entero y descascarado cocido en presentación semejante al arroz para acompañar con carne y verduras. Watson y Dallwitz (2008).

2.10.2. Utilización del grano en la alimentación del ganado

El sorgo puede usarse como componente de la ración, en un 50% o más, previo el molido o quebrado de su grano, proceso que aumenta la digestibilidad de la materia seca de la ingesta total. Otra forma de consumo es el ensilado del sorgo, que permite lograr forraje de alta calidad y en óptimo estado de conservación (MAG, 1991).

El corte se realiza cuando el grano está en estado lechoso - pastoso, a fin de lograr mayor rendimiento, sin reducir el contenido de energía digerible. Por lo general el sorgo tiene un 15% del valor alimenticio menos que el maíz, sin embargo el sorgo produce un 19% más de materia seca digerible por hectárea, compensando favorablemente su menor valor alimenticio, con la ventaja adicional que el sorgo prospera en zonas que son marginales para el maíz (manual técnico del sorgo Argentina, 2012).

2.10.3. Valor Nutritivo

Varía con la época de corte, fertilidad del suelo y la variedad; al igual que todas las forrajeras, sus tallos y hojas pierden valor nutritivo con la edad, siendo su contenido de proteína relativamente alto cuando son jóvenes.

Se ha encontrado que sembrando en la estación seca, para ser utilizado como forraje verde, debe ser cortado entre la octava y décima semana después de establecido; de hacerse más tarde el pasto estaría muy seco y con bajo contenido proteico. Cuando se siembra en la estación de lluvias debe usarse antes de dos meses para corte y de 7 a 8 semanas para ensilaje, otro aspecto muy importante que hace a la calidad de grano son los carbohidratos no estructurales fundamentalmente el almidón que constituye entre 68 y 76% del grano (AGRO SITIO, 2011).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en la comunidad de Caigua a 15 Km. de la ciudad benemérita de Villa Montescapital de la tercera sección de la provincia Gran Chaco ubicada geográficamente a: 21° 09' 04" de latitud sur y 63° 24' 45" de latitud Oeste y a una altura de 380 m.s.n.m. con vientos aproximadamente de sur a norte a 10 km/ha. Limita al norte con el departamento de Chuquisaca, al sur con el Municipio de Yacuiba y la República de la Argentina, al este con Paraguay y al oeste con la Provincia O'Connor del departamento de Tarija (Gobernación de Villa Montes, 2012).

3.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Las características climatológicas más importantes tenemos a continuación:

3.2.1. Temperatura

La temperatura promedio es de 23.4°C, en Villa Montes. Los promedios mensuales de temperatura varían según la época del año, en época de invierno se registran desde 10°C en el día y en las noches pueden bajar hasta -5°C, causado por el ingreso de vientos fríos y húmedos, y en verano las temperaturas pueden subir hasta 49°C.

3.2.2. Precipitación

La precipitación media es de 893.8 mm, en los últimos diez años, pero estas son muy variadas las lluvias comienzan en el mes de octubre y noviembre en algunos años, siendo el mes de diciembre y enero donde mayor precipitaciones se tiene.

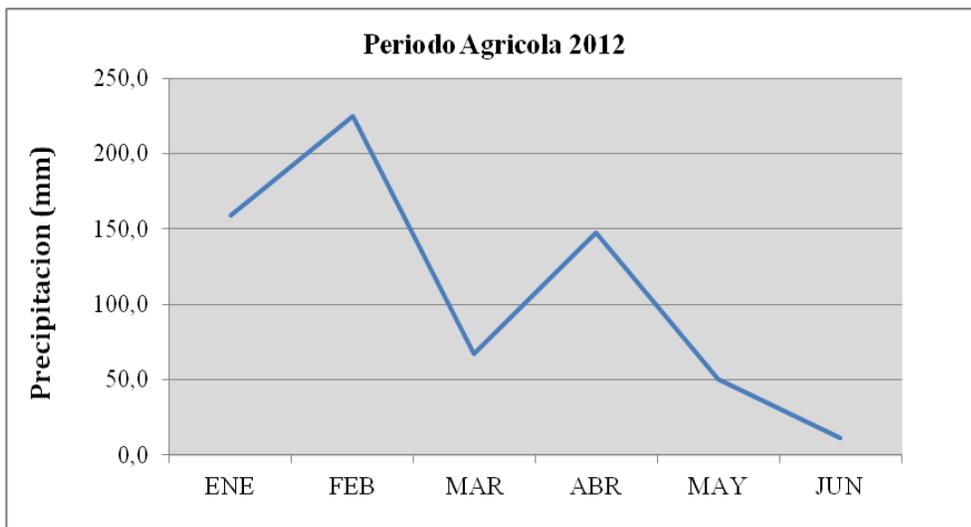
3.2.3. Humedad

Desde el año 1998 hasta el 2010 se tuvo un promedio anual de 69 %, de humedad relativa es siendo la mayor humedad en época lluviosa y el de menor humedad en época de invierno (SENAMHI, 2012).

Precipitación en mm durante el desarrollo vegetativo del cultivo

GRÁFICO N° 1

PRECIPITACIÓN



En el Gráfico número 1 se puede ver la precipitación en mm de cada mes donde se ejecuto dicha investigación, en el mes marzo se tuvo una precipitación muy baja alcanzando apenas 67,2 mm y como resultado las plantas se quedaron pequeñas y el rendimiento no fue el esperado.

Las mayores exigencias en agua comienzan unos 30 días después de emergencia y continúan hasta el llenado de los granos, siendo las etapas más críticas las de panojamiento y floración, puesto que deficiencias hídricas en estos momentos producen mermas en los rendimientos (Gallarino, 2007).

Morales (2000) citado por (Cáceres, 2009), menciona que la acumulación o el requerimiento óptimo por etapa del cultivo de sorgo es: 3-4 mm/día, hasta los 21 días, después de esa etapa es 5-6 mm/día hasta los 45 días, luego es de 8-10 mm/día, hasta los 70 días, finalmente 3-4 mm/día, hasta los 100 días, teniendo un total de 550 mm, bien distribuido.

3.2.4. Actividad económica

En esta localidad la actividad económica de mayor predominancia es el cultivo de los cereales y leguminosas como maíz, soya, trigo y cítricos con relación a las demás actividades agrícolas, luego están las hortalizas, cucurbitáceas y cultivos tradicionales para el auto consumo, la actividad ganadera esta compuesta por la crianza de bovinos porcinos y aves en menor proporción

3.2.5. Flora y Fauna

La flora está caracterizada por la presencia de una amplia vegetación, compuesta por árboles, especies arbustivas y herbáceas que se desarrollan en épocas de lluvia. La fauna está constituida por animales silvestres y domésticos de corral, los que a su vez constituyen una fuente de ingresos a los comunarios de la zona.

3.2.6. Vegetación del área de estudio

Nombre común	Nombre Científico
Algarrobo	Prosopis alba
Cedro	Cederela odorata
Lapacho	Tabebuia spp
Mora silvestre	Rubus spp.
Quina	Chinchona Officinalis
Roble	Quercus Robur L
Tusca	Acasia Aroma
Urundel	Astronium Balansae

3.2.7. Suelo

El tipo de suelo es franco arenoso, presenta un color rojizo en el área de estudio y acercándose más al pie de monte el suelo presenta un color mas gris de origen aluvial, podemos decir que los suelos de la comunidad de Caigua varían de franco arcilloso y arenoso lo cual no varía mucho con las otras regiones debido a la topografía uniforme, sus características físicas y químicas (ver anexos).

3.3. MATERIALES

3.3.1. MATERIAL VEGETAL

El trabajo de investigación se realizó con cinco variedades de sorgos híbridos que son los siguientes:

- MALÓN
- PAISANO
- ARGENSOR 121
- ARGENSIL 160 T
- ARGENSOR 151 DP

Según Rivas(1999), estas variedades híbridas requieren temperaturas mayores a 15°C, para su desarrollo, siendo la óptima durante todo su ciclo de 26 °C, pues las plantas a temperaturas inferiores a los 15 °C se desarrollan bien pero su rendimiento es menor y a temperaturas superiores a los 35 °C va disminuyendo su desarrollo y rendimiento.

Estas variedades al igual que todas, se desarrolla bien en suelos profundos alcalinos, y un pH comprendido entre 6,2 y 7,8, siendo su comportamiento, ante esas condiciones mejor que la de otros cultivos como maní, soja y maíz.

Según Agrotterra(2011), afirma que estas variedades híbridas presentan las siguientes características.

3.3.2. Malón: Esta variedad se desarrolla bien en climas cálidos es un híbrido Granífero, de granos grandes de color marrón, las plantas alcanzan una altura promedio de 150 - 160 centímetros, durante todo el periodo vegetativo,

3.3.3. Paisano: Esta variedad es un híbrido granífero, las plantas alcanzan una altura promedio 160-175 centímetros, la floración comienza a los 78-80 días y su madurez fisiológica comienza a los 125-130 días, su panoja es seme compacta, los granos son de color rojo brillante.

3.3.4. Argensor 121: Esta variedad es un híbrido Granífero de granos medianos de color café las plantas alcanzan una altura promedio de 140 - 150 centímetros durante todo el periodo vegetativo.

3.3.5. Argensil 160T: Esta variedad es un híbrido para Silo, de granos de color marrón las plantas alcanzan una altura promedio de 250 – 280 centímetros posee tallos jugosos y azucarados lo cual hace que tenga una excelente palatabilidad en los bovinos y otros animales que lo consumen.

3.3.6. Argensor 151 DP: Esta variedad es un híbrido de doble propósito: grano y silo de planta entera, la planta alcanza una altura promedio de 180 a 200 centímetros, la floración empieza a los 75 a 80 días, el ciclo de madurez a grano pastoso esta entre los 115 a 120 días, la panoja es compacta con granos de color marrón.

3.4. MATERIAL DE CAMPO

- Madera
- Pintura
- Soplete
- Guincha
- Lete rin
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica

3.5. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Tractor MASSEY FERGUSON de 85 HP
- Rómplau marca Tatú de 12 discos
- Rastra marca Tatú de 12 discos
- Surcadora marca Tatú de 6 rejas
- Pulverizadora marca Jacto de 500 LS. De 15 m de ancho
- Tijera de poda felco 2

3.5.1. Equipo de computación

- Computadora
- Impresora

3.6. METODOLOGÍA

3.6.1. Diseño experimental

Para evaluar las variedades (tratamientos) se utilizó, el diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

3.6.2. Tratamientos

- Variedad MALÓN
- Variedad PAISANO
- Variedad ARGENSOR 121
- Variedad ARGENSIL 160T
- Variedad ARGENSOR 151 DP

3.6.3.

Diseño de campo

3.6.4. Descripción de las Unidades Experimentales

- N° Tratamientos = 5
- N° Réplicas = 4
- Total unidades experimentales = 20
- Unidad experimental de 5*10m. =50 m²
- N° de surcos / unidad experimental = 11
- Distancia de s/s = 0,45 m.
- Distancia de pl. /pl. = 0.8 a 0.10 m
- Área de cosecha = 23.49 m²

3.7. DESARROLLO DEL TRABAJO

Para el desarrollo de la metodología, se tomaron datos durante todo el desarrollo vegetativo del cultivo desde la siembra hasta la cosecha en sus diferentes estados fenológicos.

3.7.1. Limpiezas

Antes de realizar la limpieza, la parcela era ocupada por un cultivo de sorgo. El mismo que fue triturado en el momento de la preparación con 20 días de anticipación aprovechando las primeras lluvias de diciembre, el mismo se lo realizó de forma mecanizada con arado de disco y rastra.

3.7.2. Arada y Rastreada

Se realizaron una arada, pase con rómplau con tractor de la Alcaldía Municipal de Villa Montes y luego una rastra para posteriormente esperar el periodo de lluvias para iniciar la siembra.

3.7.3. Siembra

La siembra se realizó el 28 de enero del 2012 de forma mecanizada, utilizando una sembradora de granos de 8 tachos.

Las variedades utilizadas para la siembra de sorgo fueron: Malón, Paisano, Argensor121, Argensil160 T y Argensor151 DP, este material se adquirió de la proveedora de semillas Agrotterra.

3.7.4. Densidad de Siembra

Se utilizó una distancia de 45centímetros de surco a surco y de 8-10 centímetros de planta a planta, depositando 1 a dos semillas para obtener una densidad de 222.000 plantas por hectárea.

3.7.5. Aporque

Esta labor se realizó el 27 de febrero de forma mecanizada utilizando un tractor de 223 HP, con una surcadora de 6 rejas a una altura de planta de 45cm.

3.7.6. Fertilización

La fertilización se realizó en la parte foliar de forma mecanizada utilizando una pulverizadora de 20 m realizando una sola aplicación a los 25 días después de la siembra.

3.7.7. Plagas

A los 22 días después de la siembra se encontró daños de plagas masticadoras del *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero). El 23 de febrero se realizó la aplicación de un insecticida para controlar el ataque de esta plaga, utilizando una pulverizadora de aspersión con una presión de 200 libras utilizando un producto de amplio espectro, **Lorsban Plus**. A razón de 0.6 L/ha.

3.7.8. Enfermedades

Se presentaron enfermedades causadas por hongos, en algunas panojas cuando ya estaban terminando su madures por lo que no se realizó ningún control.

3.7.9. Cosecha

La cosecha se realizó los días viernes 8 y sábado 9 de Junio de 2012, recolectado cada variedad y en cada unidad experimental, en forma separada en los siete surcos centrales dejando dos surcos a cada lado por el efecto del borde, esta labor se realizó de forma manual cortando las panojas utilizando una tijera de podar, para luego secarlo al sol hasta que los granos alcanzaron un 12% de humedad para realizar el peso, los datos tomados en kg / parcela de 23.49 m² fueron transformados en toneladas por hectárea, con el fin de realizar el correspondiente análisis estadístico.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos provenientes de los factores de crecimiento altura de planta, largo de la hoja, ancho de la hoja y el rendimiento fueron analizados por medio del análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de rangos a través del método de Duncan.

3.8.1. Variables a evaluadas

- Altura de las plantas en m
- Ancho de la hoja en cm
- Largo de la hoja en cm
- Peso de la panoja en gr
- Rendimiento en tn / ha

3.8.2. Altura de la planta en m

Se tomó 10 plantas completamente al azar por unidad experimental o parcela, en las cuales se registraron los datos con la ayuda de una cinta métrica pegada a una regla de madera, se midió desde la superficie del suelo hasta el inicio de la hoja bandera de la planta, esta variable fue registrada a los 67 días después de la siembra debido a que la planta termina su crecimiento e inicia el periodo de floración.

3.8.3. Ancho de la hoja en cm

Al igual que los anteriores de la misma manera se tomó 10 plantas completamente al azar por unidad experimental o parcela se procedió a medir, para medir el ancho de la hoja se dejó 20cm desde la vaina y se procedió a medir el ancho en cm, , los resultados se muestran detalladamente en la tabla N° 4.

3.8.4. Largo de la hoja en cm

De la misma manera se tomó 10 plantas completamente al azar por unidad experimental o parcela se procedió a medir el largo de la hoja, se tomó la cuarta y quinta hoja de la parte superior, se contó tres hojas de arriba hacia abajo y la cuarta se tomó la medición en cm, los resultados se muestran detalladamente en la tabla N° 6.

3.8.5. Número de hoja por planta

Se desarrollan entre 7 y 24 hojas dependiendo de la variedad, alternas, opuestas, de forma lineal lanceolada, la nervadura media es blanquecina o amarilla en los sorgos de médula seca y verde en los de médula jugosa, el borde de las hojas presenta dientes curvos, filosos y numerosas células motoras ubicadas cerca de la nervadura central del haz facilitando el arrollamiento de la lámina durante periodos de sequía.

3.8.6. Área foliar

Para la determinación del área foliar se tiene diferentes métodos, entre estos tenemos la relación largo de hoja por ancho máximo de la hoja por 0.75 este es utilizado especialmente para determinar área foliar en maíz y sorgo el cual ha sido ampliamente utilizado en estos cultivo.

es fundamental en estudios de nutrición y crecimiento vegetal, con ésta se puede determinar la acumulación de materia seca, el metabolismo de carbohidratos, el rendimiento y calidad de la cosecha es una medida necesaria para evaluar la intensidad de asimilación de las plantas, parámetro de gran relevancia cuando se efectúa el análisis de crecimiento de un cultivo (Bugarin 2002).

3.8.7. Peso del raquis en gramos

Se tomó una muestra de 50 panojas de cada unidad experimental y se pesó cada una, se procedió a quitar el raquis de forma manual para tener una relación raquis grano después se pesó el grano puro como se muestra en la tabla N° 10.

Pero también Sánchez (2012), afirma que uno de los factores importantes para obtener mayor peso depende netamente del tamaño de la panoja.

3.8.8. Rendimiento de grano en tn/ha

La cosecha se realizo dos días consecutivos sábado 8 y domingo 9 de Junio de 2012, se recolectó las panojas de cada una de las unidades experimentales, se sometió al secado por varios días posteriormente se determino el porcentaje de humedad de todas las variedades, alcanzando un promedio de 12%, luego se pesaron las muestras para así obtener los rendimientos en tn/ha.

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo a la metodología planteada se presentan los resultados de cada una de las variables estudiadas.

4.1. Altura de planta en metros de las variedades de sorgo

A los 67 días después de la siembra, se tomó 10 plantas completamente al azar por unidad experimental para registrar la altura en metros con el fin de realizar el correspondiente análisis estadístico. Los cuales se muestran en la siguiente tabla.

TABLA N° 1

ALTURA DE PLANTA POR TRATAMIENTO

Tratamientos	I	II	III	IV	Σ	\bar{X}
MALÓN	1,35	1,69	1,44	1,53	6,01	1,50
PAISANO	1,43	1,6	1,44	1,51	5,98	1,50
ARGENSOR 121	1,28	1,68	1,39	1,55	5,90	1,48
ARGENSIL 160 T	2,11	2,05	2,03	1,9	8,09	2,02
ARGENSOR 151 DP	1,35	1,12	1,14	1,26	4,87	1,22
Σ	7,52	8,14	7,44	7,75	30,85	1,54

La tabla N° 1 muestra que las variedades estudiadas, la mayor altura de planta registro la variedad Argensil 160 T, con un promedio de 2.02 metros seguido por las variedades Malón y Paisano con un promedio de 1.50 metros.

La menor altura, registraron las variedades Argensor 121 y Argensor151 DP, las mismas que alcanzaron una altura promedio de 1,48 y 1,22 metros respectivamente.

Morales (2002), indica que la altura de la planta de sorgo es una característica muy importante debido a que las plantas de 1,60 a 1,70 metros son consideradas óptimas para la cosecha mecanizada; en cambio alturas mayores o menores traen inconvenientes en la cosecha mecanizada.

Joseph y Ross (1975), Indican que la altura de planta es un dato útil par su clasificación. Puede variar desde 60 a 90 cm. La altura del tallo hasta el extremo de la panoja varía según el número y la longitud de los entrenudos. La cantidad de nudos esta determinada por los genes de maduración y por su reacción al fotoperiodo y a la temperatura.

4.1.1. Análisis de varianza altura de planta en metros

TABLA N° 2

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de V.	GL	SC	CM	Fc	F5%	F1%
Total	19	1,61				
Bloques	3	0,06	0,02	1,33 ns	3,49	5,95
Tratamiento	4	1,37	0,34	22,83 **	3,26	5,41
Error	12	0,18	0,02			

NS = No es significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

C.V.= 9%

Como se puede observar en el análisis de varianza tabla N° 2, no existen diferencias significativas entre bloques, pero si existen diferencias altamente significativas entre tratamientos con respecto a la altura de planta por lo tanto hay la necesidad de pasar a otra prueba de comparación de medias para determinar su orden y recomendar la mejor variedad.

4.1.2. Prueba de DUNCAN comparación de medias

TABLA N° 3

ALTURA DE PLANTA

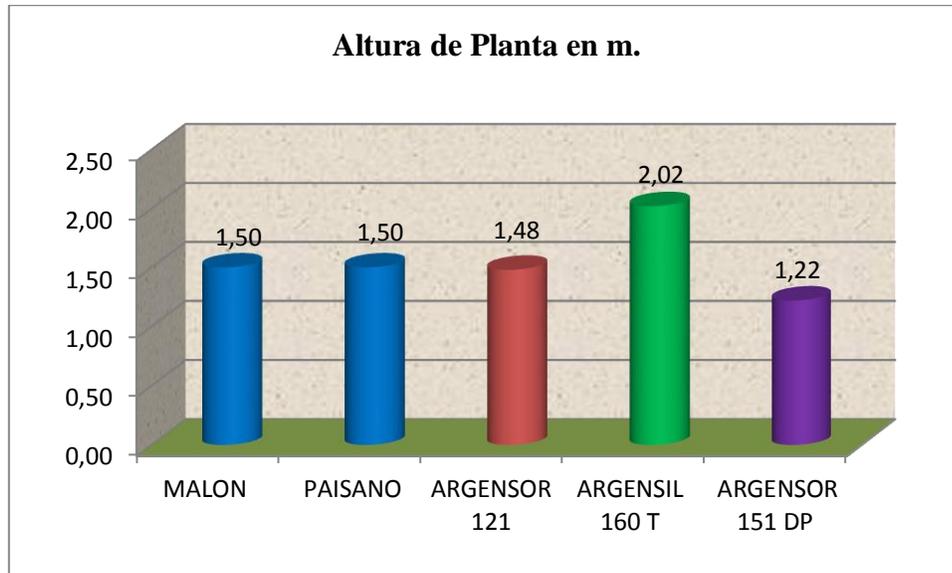
Tratamientos	Altura de planta	Grupos
Argensil 160 T	2,02	a
Paisano	1,5	b
Malón	1,5	bc
Argensor 121	1,48	bcd
Argensor 151 DP	1,22	e

La prueba de comparación de medias tabla N° 3, muestra a tres grupos homogéneos que no tienen diferencia significativa entre ellos los cuales están dado por las variedades Paisano, Malón y Argensor 121 alcanzando una altura promedio de 1.50 y 148 m.

La variedad Argensil 160T es diferente con respecto a altura de todas las demás variedades la misma que alcanzo la mayor altura con un promedio de 2,02 m.

Entre las variedades Argensil 160T y Argensor 151 DP Se observa diferencias altamente significativas las mismas que alcanzaron un promedio de 2.02 y 1.22 m con respecto a altura de planta.

GRÁFICO N° 2 VARIABLE ALTURA DE PLANTA



De acuerdo al gráfico N° 2. Referida a la altura de la planta de sorgo se tiene:

La mayor altura en la variedad Argensil 160 T con un promedio de 2.02 m, seguido por las demás variedades. El de menor altura se tiene a la variedad Argensor 151 DP con un promedio de solamente 1.22 m de altura.

4.2. Ancho de hoja en cm de las variedades de sorgo

De la misma manera, se procedió para medir el ancho de hoja, midiendo dos hojas tomadas de las mismas plantas que se midió la altura, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N° 4

ANCHO DE HOJA POR TRATAMIENTO

Tratamientos	I	II	III	IV	Σ	\bar{X}
MALÓN	4	6	5	5	20,00	5
PAISANO	5	5	5	6	21,00	5
ARGENSOR 121	4	5	5	5	19,00	5
ARGENSIL 160 T	5	5	4	5	19,00	5
ARGENSOR 151 DP	6	6	6	7	25,00	6
Σ	24	27	25	28	104	5,2

La tabla N° 4 muestra que la hoja más ancha se encuentra en la variedad Agresor151 DP con un promedio de 6 cm, las demás variedades alcanzaron un promedio igual de 5 cm de ancho.

Montgomery (1991); citado por (Ruiz, 2005), ha encontrado un método de hacer una relación sencilla como el caso de quien encontró la relación largo de la hoja por ancho máximo de la hoja por 0.75 como un método para determinar área foliar en maíz y sorgo el cual ha sido ampliamente utilizado en estos cultivo.

4.2.1. Análisis de varianza ancho de hoja en cm

TABLA N° 5

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de V.	GL	SC	CM	Fc	F5%	F1%
Total	19	11,2				
Bloques	3	2	0,7	2ns	3,49	5,95
Tratamiento	4	6,2	1,6	5,3*	3,26	5,41
Error	12	3	0,3			

NS = No es significativo

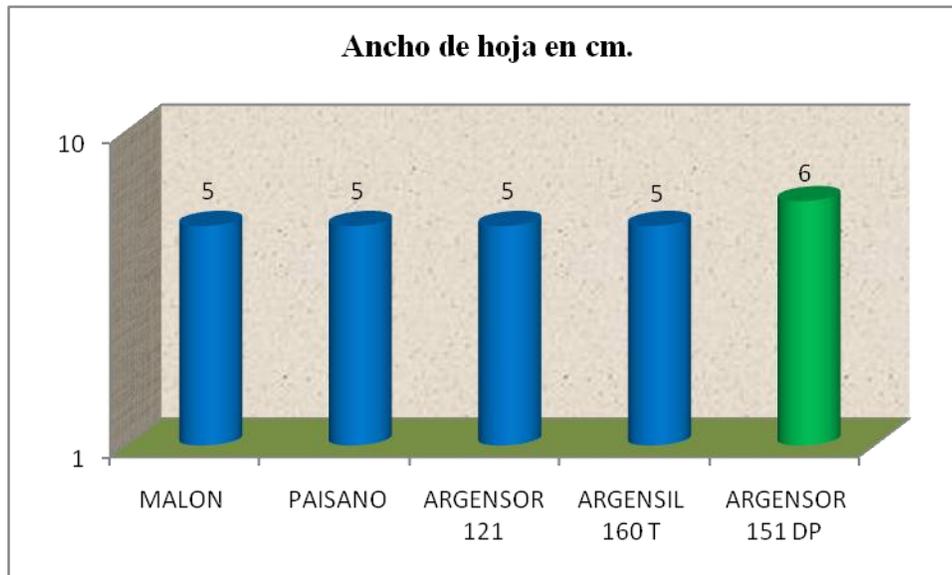
* = Significativo

** = Altamente significativo

C.V. = 10%

El análisis de varianza tabla N° 5, muestra que no hay diferencias significativas entre los bloques pero si existe diferencia entre los tratamientos para un 5 % y no así para el 1% por lo tanto no es necesario realizar una comparación de medias puede utilizarse cualquier variedad.

GRÁFICO N° 3 VARIABLE ANCHO DE HOJA



Como se puede observar en el gráfico N° 3. Referida al ancho de las hojas de sorgo se tiene:

La variedad Argensor 151 DP presento el mayor ancho de hoja alcanzando un promedio de 6 cm, las demás variedades, Argensor 121, Paisano, Malón y Argensil 160 T, alcanzaron un promedio de 5 cm es decir que no tienen diferencias con relación al ancho de hoja.

4.3. Largo de hoja en cm de las variedades de sorgo

Para determinar el largo de la hoja se realizó el mismo procedimiento, se tomó 10 plantas completamente al azar por unidad experimental y de cada planta se tomaron dos hojas de la parte central en las cuales se registraron los datos, se midió desde inicio de la lamina hasta la punta del ápice, datos que se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N° 6

LARGO DE HOJA POR TRATAMIENTO

Tratamientos	I	II	III	IV	Σ	\bar{X}
MALÓN	63,6	66,9	63,9	59,8	254,2	64
PAISANO	69,8	84,4	73,2	73,8	301,2	75
ARGENSOR 121	68,4	82,3	75,6	80,4	306,7	77
ARGENSIL 160 T	64,3	60,1	65,2	64,8	254,4	64
ARGENSOR 151 DP	71	67,5	63,6	68,5	270,6	68
Σ	337,1	361,2	341,5	347,3	1387,1	69,6

La tabla N° 6 muestra que las hojas más largas se encuentran en las variedades Argensor 121 y Paisano con un promedio de 77 y 75 cm, seguido por la variedad Argensor 151 DP con un promedio de 68 cm de largo.

El menor tamaño de hoja registraron las variedades Malón y Argensil 160 T con un promedio de 68 y 64 cm de largo.

El área foliar es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del crecimiento de las plantas, con datos obtenidos de ancho y largo de hoja se puede determinar el área foliar la acumulación de materia seca, el rendimiento en grano y calidad de la cosecha, es de allí que la determinación adecuada de la misma sea fundamental, para la correcta interpretación de los procesos en una especie vegetal. Existen diferentes métodos para todo tipo de hoja entre estos tenemos el método más usado en gramíneas, para la determinación del área foliar en sorgo se basa en la relación largo x ancho x 0,7 y aplicado a plantas de diferentes edades: 25, 45, 55, 62 y 75 días (INTA, 2011).

4.3.1. Análisis de varianza largo de hoja en cm

TABLA N° 7

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de V.	GL	SC	CM	Fc	F5%	F1%
Total	19	940				
Bloques	3	66	22	1,1ns	3,49	5,95
Tratamiento	4	634,6	158,7	7,9**	3,26	5,41
Error	12	239,4	20			

NS = No es significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

C.V. = 10%

Como se puede observar el análisis de varianza tabla N° 7, no existieron diferencias significativas entre bloques la Fc es menor para un 5% y 1%, pero si existen diferencias altamente significativas entre tratamientos la Fc es mayor para un 5% y 1%, por lo tanto hay la necesidad de pasar a otra prueba de comparación de medias para determinar su orden y recomendar la mejor variedad.

4.3.2. Prueba de DUNCAN comparación de medias

TABLA N° 8

LARGO DE HOJA

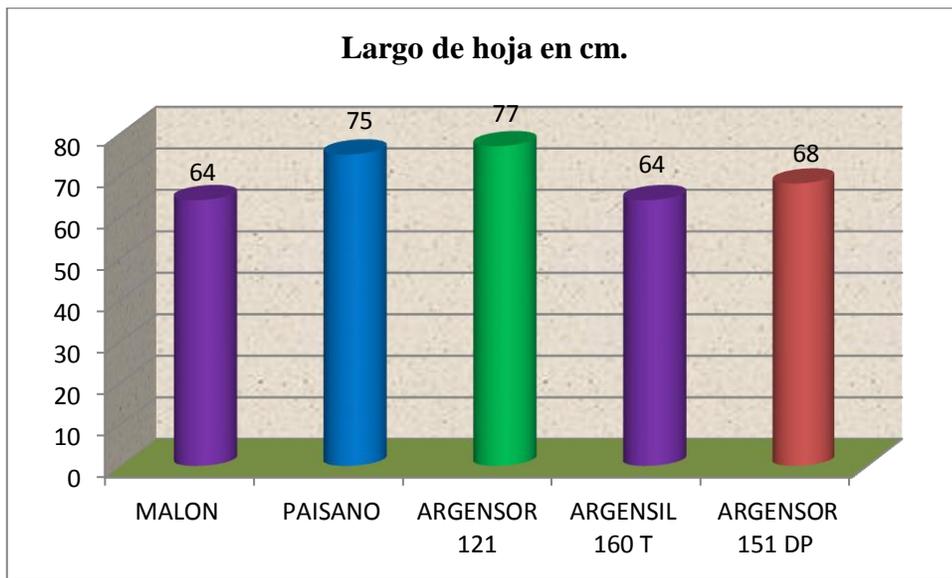
Tratamientos	Largo de hoja	Grupos
Argensor 121	77	a
Paisano	75	ab
Argensor 151 DP	68	c
Malón	64	cd
Argensil 160 T	64	cd

La prueba de comparación de medias entre tratamientos tabla N° 8 con respecto a largo de hoja, muestra a dos grupos que obtuvieron el mayor tamaño de hoja que corresponde a las variedades Argensor 121 y Paisano que no tiene diferencias significativas entre los mismos.

Entre las variedades Argensor 121 y Argensor 151DP presenta una diferencia altamente significativa con respecto a largo de hoja las mismas que alcanzaron un promedio de 77 cm y 68 cm.

Se observa diferencia significativa con respecto a las variedades Argensor 151 DP Malón y Argensil 160 T que registraron el menor tamaño de hoja.

GRÁFICO N° 4 VARIABLE LARGO DE HOJA



Como se puede observar en el gráfico N° 4, referido al largo de hoja de la planta de sorgo se tiene, La planta con mayor tamaño de hoja pertenece a la variedad Argensor 121 con 77 cm, seguido por las variedades Paisano y Argensor 151 DP con 75 y 68 cm.

Por último las plantas con menor tamaño de hoja pertenecen a las variedades Malón Argensil 160 T con un promedio de 64 cm.

4.4. Peso de mil granos de las variedades de sorgo en gramos

Después de realizar un análisis del % de humedad y cuando los granos contenía un 12% de humedad se tomo 10 muestras por tratamiento de cien semillas puras elegidas al azar, las cuales fueron pesados en el laboratorio de semillas de la **U.A.J.M.S.** Los resultados expresados en gramos se muestran a continuación en la siguiente tabla.

TABLA N° 9

PESO DE 1000 GRANOS

Variedad	peso de 1000 granos
MALÓN	27
PAISANO	26
ARGENSOR 121	25
ARGENSIL 160 T	34
ARGENSOR 151 DP	24

Como se puede observar en la tabla N° 9, el mayor peso se tiene en la variedad Argensil 160 T con 34 gr, seguido por las variedades Malón, Paisano, Argensor 121, y Argensor 151 DP con un promedio de 27, 26, 25 Y 24 gr respectivamente.

Según Sánchez (2007), el tamaño, peso de mil granos y calidad de la semilla es un dato importante ya de esto va depender la densidad de siembra para conocer la cantidad de semilla a utilizar al momento de realizar la siembra de cualquier cereal.

4.5. Porcentaje de raquis presente en la panoja

TABLA N° 10

PORCENTAJE DE RAQUIS

Variedad	Peso de 50 panojas	Peso del raquis	Peso del grano	% de raquis
MALÓN	1738,5	171,25	1563,75	10
PAISANO	1399,5	150,5	1239	11
ARGENSOR 121	1409,75	187,25	1215,25	13
ARGENSIL 160 T	2844,75	327,5	2510,5	12
ARGENSOR 151 DP	1571,75	206,25	1338,5	13

En la tabla N° 10, se observa el contenido de raquis que hay en cada 50 panojas, donde el porcentaje de raquis es igual al producto de la diferencia del peso de panoja menos peso del grano y peso de panoja, multiplicado por 100 este parámetro se tomo para determinar el porcentaje de raquis y la cantidad de grano que hay en una panoja.

Como se puede observar en dicha tabla, las variedades que mayor porcentaje de raquis están dadas por Argensor 151 DP, y Argensor 121 con un 13% y la que menos porcentaje de raquis presento corresponde a la variedad Malón con un 10% esto quiere decir que por cada 100 kilos de panoja hay entre 10 y 13% de raquis.

4.6. Rendimiento de las variedades de sorgo en tn/ha

Cuando los granos de sorgo alcanzaron un 12 % de humedad se realizó el peso en el laboratorio de semillas de la **U.A.J.M.S.** Los datos de rendimientos tomados en kg / parcela de 23.49 m² fueron transformados en toneladas por hectárea, con el fin de realizar el correspondiente análisis estadístico. Los cuales se muestran a continuación en la siguiente tabla.

TABLA N° 11

RENDIMIENTO EN TONELADAS POR HECTÁREA

Tratamientos	I	II	III	IV	Σ	\bar{X}
MALÓN	1,57	1,81	1,76	1,32	6,46	1,62
PAISANO	2	2,39	2,29	2,06	8,74	2,19
ARGENSOR 121	1,46	1,85	1,58	2,14	7,03	1,76
ARGENSIL 160 T	2,11	2,57	2,25	2,48	9,41	2,35
ARGENSOR 151 DP	2,18	1,79	2,58	2,42	8,97	2,24
Σ	9,32	10,41	10,46	10,42	40,61	2,05

La tabla N° 11 referida al rendimiento en toneladas/ hectárea de grano, muestra que Los mejores rendimientos se lograron con la variedad Argensil 160T con un promedio de 2.35 tn/ha, seguido por Argensor 151DP con 2,24 tn/ha.

Las variedades Paisano, Argensor 121 y Malón fueron las que menor rendimiento alcanzaron con un promedio de 2,19, 1,76 y 1,62 tn/ha respectivamente.

Como se puede observar en la tabla N° 11, los rendimientos están por debajo de lo indicado por Williams (2011), quien manifiesta que puede estar de 3 – 4,5 tn/ha en grano.

Fernández(2010), indica que para obtener rendimientos de 4 a 5 tn/ha el requerimiento hídrico necesario es de 350 – 450 mm como conveniente durante el ciclo, pero el mayor requerimiento se da entre los 30 a 60 días, caso contrario ocurrió lo nuestro, en mayo que solamente obtuvimos en los primeros 30 días 67,2 mm de precipitación, esto hace que influya en los rendimientos pero a pesar de este factor natural, el cultivo muestra resistencia a la sequía, obteniendo rendimientos menores que los indicados hasta un 50%.

Espinoza (1992), indica que para lograr buenos rendimientos de granos, el cultivo requiere de de 320 a 480 mm durante su ciclo y las variedades deben tener características agronómicas como panojas semi-abiertas y longitud de panoja superior a los 30cm.

Otro hecho marcado que determinó la disminución en el rendimiento de los híbridos evaluados fue el bajo nivel de fertilidad del suelo donde se realizó el ensayo (Ver Anexo) afectando el normal proceso fisiológico de la planta.

Rodríguez (2007), indica que los requerimientos del cultivo son muy bajos en los primeros 20 días posteriores a la emergencia, pero a partir de los 25 / 35 días, las necesidades de nitrógeno aumentan mucho, deficiencias a partir de ese período afectan no sólo al rendimiento sino también a la calidad del grano, y por cada 3.000 kg/ha, entre grano y rastrojo, el cultivo extrae del suelo, 76.5 kg/ha de Nitrógeno (N), 33 kg/ha de Fósforo (P₂O₅) y 106 kg/ha de Potasio (K₂O).

4.6.1. Análisis de varianza, rendimiento en tn/ha

TABLA N° 12

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de V.	GL	SC	CM	Fc	F5%	F1%
Total	19	2,69				
Bloques	3	0,19	0,063	0,93ns	3,49	5,95
Tratamiento	4	1,68	0,42	6,18**	3,26	5,41
Error	12	0,82	0,068			

NS = No es significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

C.V.= 6%

Como se puede observar en la tabla N° 12, que se refiere al rendimiento por hectárea se tiene en el análisis de varianza con los siguientes resultados.

No existen diferencias significativas entre bloques o repeticiones, existe una relativa homogeneidad de bloque a bloque.

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos por lo tanto es necesario pasar a realizar la prueba de Duncan comparación de medias para recomendar la mejor variedad.

4.6.2. Prueba de Duncan:

Los promedios ordenados de mayor a menor.

Tratamientos	\bar{X}
Argensil 160 T	2,35
Argensor 151 DP	2,24
Paisano	2,19
Argensor 121	1,76
Malón	1,62

Cálculo de límite de significación.

$$Ls = q \times Sx$$

	2	3	4	5
Q	3,08	3,22	3,31	3,37
SX	0,13	0,13	0,13	0,13
LS	0,40	0,42	0,43	0,44

Comparación con el límite de significación.

$$\text{Dif.} = X_A - X_B > LS \quad *$$

$$\text{Dif.} = X_A - X_B \leq LS \quad \text{NS}$$

	2,35	2,24	2,19	1,76
1,62	0,73*	0,62*	0,57*	ns
1,76	0,59*	0,48*	ns	
2,19	0,16 ns	ns		
2,24	ns			

4.6.3. Prueba de DUNCAN comparación de medias

TABLA N° 13

RENDIMIENTO

Tratamientos	Rendimiento en tn/ha	Grupos
Argensil 160 T	2,35	a
Argensor 151 DP	2,24	ab
Paisano	2,19	bc
Argensor 121	1,76	cd
Malón	1,62	d

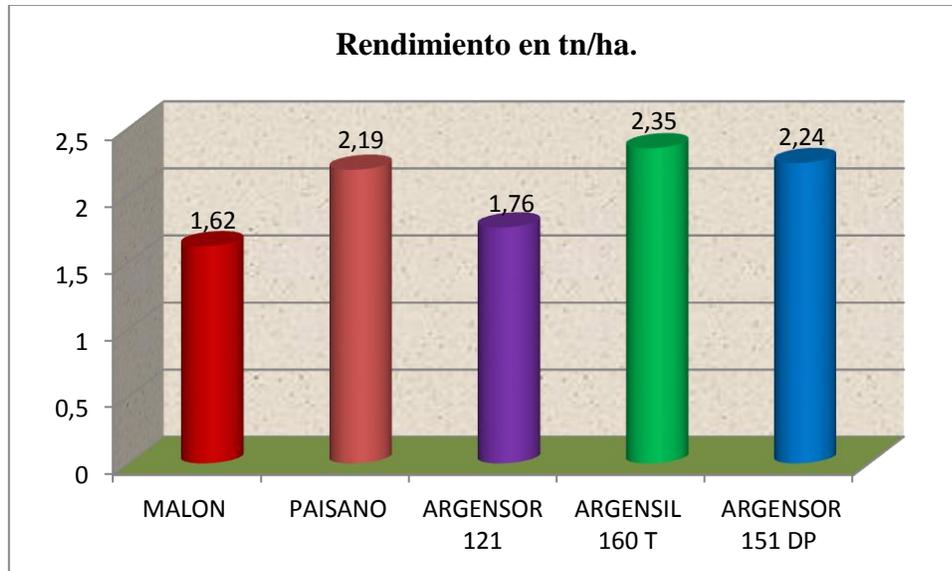
En la prueba de Duncan con respecto al rendimiento de sorgo se tiene:

La prueba de comparación de medias entre tratamientos tabla N° 13, con respecto al rendimiento de grano muestra a dos grupos que obtuvieron el mayor rendimiento, que no existen diferencias significativas entre estas dos variedades Argensil 160 T y Argensor 151 DP con 2,35 y 2,24 tn/ha, pero si existe diferencia significativa con respecto a las variedades Argensor 121 y Malón con 1,76 y 1,62 tn/ha.

Seguidamente la variedad Paisano con 2,19 tn/ha, la misma que no existe diferencia significativa con la variedad Argensor 151 DP con un promedio de 2,24 tn/ha.

La variedad Argensor 121 con 1,76 tn/ha, no existe diferencia significativa con la variedad Malón con 1,62 tn/ha, pero si existe diferencia significativa con las variedades Argensil 160 T y Argensor 151 DP con 2,35 y 2,24 tn/ha, respectivamente.

GRÁFICO N° 5 RENDIMIENTO EN TONELADAS POR HECTÁREA



Como se puede observar en el gráfico N° 5, los mejores rendimientos corresponden a las variedades Argensil 160 T y Argensor 151 DP con 2,35 y 2,24tn/ha, respectivamente, y los menores rendimientos corresponden a las variedades Paisano con 2,19 tn/ha, Malón con 1,62tn/ha, y Argensor 121 con 1,76 tn/ha.

4.7. ANÁLISIS DE BENEFICIO /COSTO

Para determinar la relación de beneficio costo se procedió a elaborar una hoja de costos de cada variedad para relacionarla con los ingresos, de esta manera obtener resultados si es económicamente rentable o no el cultivo de sorgo.

4.7.1. Relación Beneficio/Costo

TABLA N° 14

BENEFICIO - COSTO

Tratamientos	Costo de producción	Rendimiento (kg)	Ingreso Bruto (Bs)	Beneficio (Bs)	B/C
MALON	2189	1620	1620	-569	0,7
PAISANO	2189	2190	2190	1,00	1,00
ARGENSOR 121	2189	1760	1760	-429	0,8
ARGENSIL 160T	2189	2350	2350	169	1,07
ARGENSOR 151DP	2189	2240	2240	51	1,02

B/C < 1 = Existe pérdida

B/C = 1 = Existe equilibrio no se pierde ni se gana

B/C > 1 = Existe ganancia

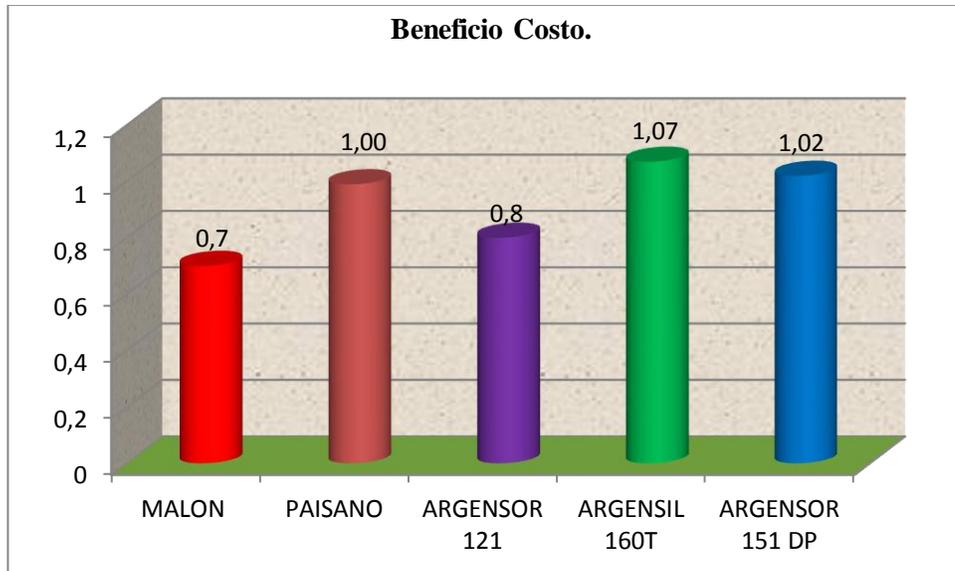
Como se puede observar en la tabla N° 14, la relación beneficio/costo, dos tratamientos tienen valores mayores a la unidad lo que significa que existe ganancia aceptable en estas variedades, por lo tanto se puede emplear cualquiera de estas dos ya con las mismas no existe pérdida.

La mejor relación B/C presentaron las variedades Argensil 160T y Argensor 151DP con un rendimiento de 2350 kl/ha y 2240kl/ha, lo que indica que por cada boliviano invertido se gana 0,7 bs y 0,2 bs.

Dos tratamientos son menores a la unidad lo que significa que en estas variedades existen pérdidas de 429 para la variedad Argensor 121, y de 569 para la variedad Malón, con respecto a la variedad Paisano llegó al punto de equilibrio.

La menor relación B/C presentó las variedades Malón y Argensor 121 indicando pérdidas por que presentan valores menores a la unidad, esto significa que por cada boliviano invertido se pierde 0,3 Bs, y 0,2 Bs.

GRÁFICO N° 6 BENEFICIO-COSTO



En el gráfico N° 6, se puede observar la relación beneficio/costo, la variedad que mayor beneficio brinda está dada por, Argensil 160T con 1,07 Bs, esto quiere decir que por cada boliviana invertido se obtiene una ganancia de 0.70 Bs la relación beneficio /costo más bajo es la variedad Malón, con 0.7 Bs.

Como se puede ver en los cálculos y en el gráfico anterior estadísticamente existen diferencias entre variedades pero con relación al precio las cinco variedades tienen el mismo costo de semilla.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Debido a la escases de precipitaciones en la época de floración donde el cultivo necesita mayor cantidad de agua no se ha logrado los rendimientos esperados, pero a pesar de esto, los híbridos muestran un buen comportamiento en la zona demostraron resistencia a la sequía en comparación de otros cultivos.
- Las variedades evaluadas alcanzaron una altura promedio de 1.22 a 2.02 metros, de 5 a 6 centímetros en ancho de hoja y un promedio de 64 a 77 centímetros de largo de hoja.
- La variedad Argensil 160T obtuvo el mayor rendimiento con un promedio de 2.35tn/ha, seguido por las variedades Argensor 151 DP con un promedio de 2.24, y la variedad Malón fue la que menos rendimiento a logrado con un promedio de 1.62tn/ha.
- Concluyendo con el análisis beneficio costo para cada variedad solo en dos variedades se logra ganancias, para una equilibrio y en las otras dos variedades existen perdidas de 429 y 569 bs por hectárea.
- Entre las variedades que se obtiene ganancia los beneficios son mínimos; ya que no logran superar el 50% más de lo invertido.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los datos de precipitación obtenidos por el SENAMHY se recomienda realizar la siembra entre los primeros días de noviembre hasta el 10 de enero para evitar que el cultivo sufra estrés hídrico en el momento de floración ya que en el mes de marzo es momento donde se registraron menor precipitación en los últimos años.
- Se recomienda cultivar en la comunidad de Caigua y comunidades vecinas la variedad Argensil 160T, porque ha demostrado el mejor comportamiento y adaptabilidad a la zona y además se obtiene el mejor beneficio.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda sembrar las variedades Argensil 160T y Argensor151DP por que presentan mayor rendimiento con respecto a las demás variedades.
- Se recomienda a los productores de la zona y demás comunidades vecinas que se dediquen a la producción de este cultivo, ya que es una alternativa más para la producción de grano y forraje, siendo un cultivo más rápido, menos exigente en nutrientes y en precipitación que el maíz.