

## INTRODUCCIÓN

En la producción agrícola de nuestro país se aplica por lo general la técnica de surcos simples, principalmente por el desconocimiento de otras técnicas como los surcos de contreo, a pesar de la existencia de estudios en el tema en otros países, el desconocimiento de estas prácticas y las características culturales, climatológicas, geográficas e hídricas de nuestro país, impidieron la práctica de esta técnica, por lo que se desconocen los beneficios para la Comunidad Bordo Carachimayo, aplicado al cultivos de sorgo, que sufre de períodos de sequía y pérdida de suelo, debido al menor grado de humedad en el suelo, lo que amenaza la producción agrícola en la Comunidad.

Rubio (2007), piensa que los surcos de contreo son una práctica que consiste en levantar montículos de tierra a intervalos regulares, formando pequeñas áreas de captación, de tal manera que el agua de la lluvia es almacenada en estos suelos.

El sorgo (*Sorghum vulgare L.*) es un recurso clave en la producción ganadera ocupa el quinto lugar a nivel mundial en superficie sembrada en 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 20000 kg/ha de materia seca permitiendo el descanso de las praderas.

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

El alto grado de consumo de sorgo se debe a necesidades alimentarias y a la escases de pasturas; mientras que por sus granos, juegan un papel importante en la industria

ya que se procesa un gran número de productos y subproductos como ser la elaboración de alimentos balanceados para las lecherías, aviculturas, porcicultura y otros, (PROMASOR, 2011).

En el departamento de Tarija se cultivan (4.676,51 Ha) de sorgo forrajero con un rendimiento de 21.790.5 kilogramos por hectárea, según datos del Censo Agropecuario 2013, el sorgo es utilizado como forraje verde para los animales como así también el grano, pero este cultivo no está muy difundido y es sembrando por muy pocos agricultores, principalmente en el chaco tarijeño, (IBCE, 2010).

## **JUSTIFICACIÓN**

La provisión de forrajes en nuestro medio para la alimentación del ganado es un problema muy grande, los ganaderos y lecheros se proveen de forrajes de maíz en sus diversas formas. Algunos lecheros progresistas siembran variedades de maíz forrajero con destino al almacenamiento como ensilaje y heno “chala”; en esos casos debido a la poca disponibilidad de terreno, solo se cultiva pequeñas parcelas para pequeños hatos lecheros de subsistencia.

Con las actuales condiciones del cambio climático, se han reducido aún más las posibilidades de lograr cierta cantidad de forraje para fines alimenticios de ganado lechero en el valle central de Tarija, aunque se tiene antecedentes de que en el valle central se ha cultivado sorgo azucarero, conocido más comúnmente como huiro (*Sorghum saccharatum L.*), con buenos resultados y con buena aceptación como forraje por el ganado lechero.

Dadas las actuales condiciones críticas de la ganadería por la escases de alimento, el sorgo podría constituirse en una buena alternativa forrajera sin embargo, no se tienen mayores referencias sobre su cultivo particularmente sobre sistemas de labranza adecuados para su cultivo, de ahí la importancia del presente trabajo de investigación que se realizó con la finalidad de evaluar el comportamiento de dos variedades de sorgo con dos sistemas de labranza para su cultivo.

## **HIPÓTESIS**

Con el sistema de labranza de surcos de contreo, los rendimientos de las variedades de sorgo Fox Híbrido y Jumbo son significativamente mayores que con el sistema de labranza tradicional de surcos simples, en la comunidad de Carachimayo, Provincia Méndez del Departamento de Tarija.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto de los sistemas de labranza de surcos simples y surcos de contreo en el comportamiento agronómico de dos variedades de sorgo (Sorgo Fox Híbrido y Sorgo Jumbo) en la comunidad de Carachimayo, Provincia Méndez del Departamento de Tarija.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físicas (textura, densidad aparente, infiltración, % de humedad del suelo) y químicas (M.O., pH, N, P, K, Mg, Na, Ca.) del suelo donde se implementará el ensayo.
- Evaluar las características agronómicas de dos variedades de sorgo sembradas bajo dos sistemas de surco en la comunidad de Carachimayo.
- Comparar el rendimiento del cultivo de dos variedades de sorgo bajo dos sistemas de surco.
- Identificar las propiedades nutritivas (% materia seca, % de humedad, % de sacarosa (grados brix) y % de proteína), de las dos variedades de sorgo en estudio.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 ORIGEN DEL SORGO

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 encuentran la mayor diversidad (Almagro, 2011).

Los tipos salvajes encontrados en África Central y del Este no son aconsejables para usar en la agricultura actual, pero los fitogenetistas continúan usándolos para crear nuevos germoplasmas, con el objeto de incorporar características deseables dentro de las líneas genéticas actuales (Almagro, 2011).

Los primeros sorgos dejaban mucho que desear como cultivo pues eran muy altos y, por lo tanto, susceptibles al acame y difíciles de cosechar. Además, maduraban muy tardíamente. Los tipos Kafir y Milo fueron seleccionados como productores de granos por los primeros colonos en las grandes planicies debido a que su tolerancia a la sequía es mayor que la del maíz. Con el advenimiento de las maquinas cosechadoras se hicieron selecciones a partir de los materiales originales, obteniendo tipos más precoces y algo más bajos. Sin embargo, fue la combinación de "tipos" de sorgo para grano, iniciada por John B. Seiglinger de Oklahoma, lo que hizo posible cultivarlos utilizando la cosecha mecanizada (Gutiérrez, 2009).

Como resultado de las investigaciones de Quinby y Stephens de Texas, los híbridos se hicieron realidad hacia 1950 y actualmente los rendimientos alcanzan hasta 15 Ton/ha o más en los sorgos (Gutiérrez, 2009).

## 1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

**CUADRO N°1: Clasificación taxonómica de sorgo**

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Trachaeophyta
<b>Subdivisión</b>	Pteropsidae
<b>Clase</b>	Angiospermae
<b>Subclase</b>	Monocotiledone
<b>Grupo</b>	Glumiflora
<b>Orden</b>	Graminales
<b>Familia</b>	Gramínea
<b>Sub-familia</b>	Panicoideas
<b>Tribu</b>	Andropogonee
<b>Género</b>	Sorghum
<b>Especie</b>	Vulgare
<b>Nombre científico</b>	Sorghum vulgare

Fuente: Herbario Universitario, 2020.

## 1.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL SORGO

El sorgo pertenece a la familia de 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 (Salazar, 2009).

### 1.3.1 Raíz

Tiene tres clases de raíces: laterales, adventicias y aéreas. Puede llegar en terrenos permeables a 2 metros profundidad (Undersander, 2011).

La profusa ramificación y amplia distribución del sistema radicular es una de las razones por las cuales el sorgo es tan resistente a la falta de agua (Gutiérrez, 2009).

La planta crece lentamente hasta que el sistema radicular está bien establecido, de tal manera que para la época de madurez las raíces abastecen un área foliar aproximadamente de la mitad de aquella del maíz (Salazar, 2009).

### **1.3.2 Tallo**

El sorgo generalmente es una planta con un solo tallo, pero varía mucho en su capacidad de ahijamiento dependiendo de la variedad, la población de planta y el ambiente. Muchos tipos perennes (Pérez, 2006).

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 de eje principal), de maduración más tardía que el tallo principal (INFOAGRO, 2007).

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).

### **1.3.3 Hoja**

Son de forma lineal lanceolada, la nervadura media es blanquecina o amarilla en los sorgos de médula secas 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 determinan la longitud del periodo vegetativo. En el caso de los híbridos están entre los intermedias que poseen entre 10 a 13 hojas, alternas y opuestas (González, 2008).

Las hojas del sorgo se doblan durante periodos de sequía, características que reduce la transpiración, contribuye a tan peculiar resistencia de la especie a la sequía (Almagro, 2011).

### **1.3.4 Inflorescencia**

Presenta inflorescencia en panoja compacta semi compactas o semi laxas, con espiguillas que nacen como una fértil y otra estéril, se denomina la inflorescencia como panícula y son abiertas en las variedades del sorgo forrajero. Con un raquis central completamente escondido por la densidad de las ramas de la panícula o totalmente expuestas. Las flores tienen estambres y pistilos (Ibar, 2012).

### **1.3.5 Fruto**

El fruto, es una cariósida, fruto de una sola semilla, que cuando están maduros consta del embrión y el endospermo, ambos rodeados por una fina membrana o cutícula (Terranova, 2002).

### **1.3.6 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 semilla, cantidades considerables de taninos, sustancia que le proporciona un color caneláceo (Venegas, 2015).

## **1.4 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO DE SORGO**

### **1.4.1 REQUERIMIENTO EDAFICO DEL CULTIVO DE SORGO**

#### **1.4.1.1 La textura**

Se denomina textura del suelo a la proporción de los diferentes componentes mineralógicos: arena, limo y arcilla. Estos componentes se diferencian exclusivamente por su tamaño.

Arena: partículas comprendidas entre 0,05 y 2mm.

Limo: partículas entre 0,002 y 0,05mm (no visibles a simple vista).

Arcilla: partículas menores de 0,002mm (no visibles a simple vista).

Las distintas clases de textura se muestran en la siguiente imagen:

## IMAGEN N° 1: TEXTURAS DE SUELOS



Fuente: Advanta, 2016.

El cultivo se desarrolla bien tanto en suelos arenosos como arcillosos, pero las mayores cosechas se obtienen en suelos francos (Advanta, 2016).

### 1.4.1.2 El pH

Los mayores rendimientos se obtienen en suelos ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos (pH 5,5 y 8,5) (Advanta, 2016). Condiciones de pH ácidos están asociados a situaciones deficitarias de P, Ca y Mg, mientras que con pH mayor a 8 probablemente a deficiencia de Fe, Mn, Zn y Cu. Dentro de estos últimos micronutrientes, el hierro (Fe) es el más importante para el sorgo, cuya carencia produce clorosis. La menor disponibilidad de este elemento se observa en suelos con altos contenidos de carbonato de calcio (Giorda, 2013).

### 1.4.1.3 La densidad aparente

Esta medida permite ver la facilidad de penetración de las raíces del suelo, permite la predicción de la transmisión de agua, la transmisión de los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y, consecuentemente, calcular la lámina de agua en el suelo. Además, permite calcular la porosidad total de un suelo cuando se conoce la densidad de las partículas, estimar la masa de la capa arable (Delgadillo, 2010).

**CUADRO N° 2: Características de los suelos en función de su clase textural**

<b>Textura de Suelo</b>	<b>Densidad aparente ideal para el crecimiento de raíces (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad aparente que afecta el crecimiento de raíces (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad aparente que afecta el crecimiento de raíces (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Arenoso, franco arenoso</b>	< 1.6	1.69	> 1.8
<b>Franco arenoso, franco</b>	< 1.4	1.63	> 1.8
<b>Franco arcillo arenoso, franco arcilloso</b>	< 1.4	1.60	> 1.75
<b>Limoso, franco limoso</b>	< 1.4	1.60	> 1.75
<b>Franco arcillo limoso</b>	< 1.4	1.55	> 1.65
<b>Arcillo arenoso, arcillo limoso, franco arcilloso</b>	< 1.1	1.49	> 1.58
<b>Arcilloso (&gt; 45% arcilla)</b>	< 1.1	1.39	> 1.47

**Fuente:** Julca, 2006.

En un mismo suelo, el valor de densidad aparente es un buen índice del grado de compactación por medio del cálculo de la porosidad, es decir, la reducción del espacio poroso con radio equivalente mayor, llamado también espacio poroso no capilar, responsable del drenaje rápido del exceso de agua y, por ende, de la aireación del suelo; resultando ser la densidad aparente, un buen indicador de la calidad del suelo (Delgadillo, 2010).

#### **1.4.1.4 La materia orgánica**

Para Carrasco (2007), la materia orgánica es un material que está constituido por un amplio número de sustancias que incluyen células microbianas, tejidos vegetales y animales inalterados, como carbohidratos, proteínas, grasas, etc., y sustancias modificadas químicamente y biológicamente, que muestran muy poca o ninguna semejanza con los compuestos orgánicos de donde se originan. Mediante el proceso de mineralización de la MO algunos elementos que son nutrimentos para las plantas,

se transforman de una forma orgánica no utilizable a una forma inorgánica asimilable para las plantas. Cuando las condiciones del suelo son adecuadas para el desarrollo de este proceso, la MO se convierte en una importante fuente de suministro de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), entre otros elementos en menores cantidades aprovechables por las plantas.

La materia orgánica influye en las propiedades físicas y químicas de los suelos desproporcionadamente para las pequeñas cantidades presentes, la fuente originaria de materia orgánica es el tejido vegetal, bajo condiciones naturales las partes aéreas y raíces de los árboles, arbustos hierbas proveen anualmente cantidades de residuos orgánicos (Buckyman, 2014). Según Graetz, (2006), la materia orgánica está formada de materiales frescos, plantas parcial y totalmente descompuestas y humus (producto final de la descomposición de la materia orgánica).

Domínguez (2017), indica que la MO según sus características puede seguir dos procesos diferentes: a) la mineralización, donde los residuos orgánicos se descomponen por completo rápidamente y se convierten en compuestos minerales, tales como anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), etc., b) la humificación, es cuando los residuos orgánicos son transformados en nuevos complejos orgánicos más estables y cuya mineralización se lleva a cabo más lentamente, es decir su conversión en humus.

Desde el punto de vista de la nutrición vegetal la materia orgánica participa de manera fundamental en la formación del humus y en la estabilización del complejo arcillo – húmico del suelo. Además proporciona los nutrientes a la solución del suelo, volviéndolos asimilables para las plantas a través del proceso de mineralización, el aporte de materia orgánica permite el mantenimiento y un eventual mejoramiento de la capacidad de almacenamiento de los nutrientes en el suelo, y además crear mejores condiciones de crecimientos de las plantas, el mejoramiento de la calidad del suelo con aporte de materia orgánica permite una cierta atenuación de los efectos causados por accidentes climáticos como las sequías y heladas (FAO, 2008).

## **1.4.2 REQUERIMIENTOS CLIMATOLÓGICOS DEL CULTIVO DE SORGO**

### **1.4.2.1 Requerimiento de temperatura del cultivo de sorgo**

Debido a su origen tropical, el sorgo se adapta bien a temperaturas que oscilan entre los 20 y 40 °C. Temperaturas fuera de este rango provocan la aceleración de la antesis, aborto de flores y de los embriones (Salvador, 2007).

Para germinar necesita una temperatura de 12 a 13 °C, el crecimiento no es verdaderamente activo hasta que 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 (MEDINA, 2005).

Según PROMASOR (2011), 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.

### **1.4.2.2 Requerimiento de humedad relativa del cultivo de sorgo**

Los sorgos se cultivan ampliamente en las zonas tropicales y templadas, pueden desarrollarse en regiones muy áridas. Su mayor capacidad para tolerar la sequía, alcalinidad y las sales, que la mayor parte de las plantas cultivadas, hace de los sorgos un grupo valioso en zonas de escasa humedad o de poca precipitación, es propio el sorgo de cultivares en las áreas donde la lluvia es insuficiente para el cultivo del maíz, como en aquellas que tengan una distribución de 400 a 600 mm de precipitación media anual (Salvador, 2007).

### **1.4.2.3 Requerimiento hídrico del cultivo de sorgo**

El sorgo responde muy favorablemente al riego y tolera mejor tanto la sequía como el exceso de humedad en el suelo, que la mayoría de los cereales. El volumen de riego óptimo oscila entre 400-550 mm y requiere un mínimo de 250 mm durante su ciclo.

**CUADRO N° 3: Requerimiento de agua en el cultivo de sorgo**

<b>Requerimiento en el ciclo</b>	<b>mm</b>
<b>Óptimo</b>	400-550
<b>Conveniente</b>	350
<b>Mínimo</b>	250

**Fuente:** Traxco, 2011.

Como ya hemos comentado antes, es fundamental que el suelo tenga una adecuada humedad en el momento de la siembra para lograr una emergencia rápida y homogénea hídrica comienza unos 30 días después de la emergencia y continua hasta que se llenan los granos. Si se dan deficiencias hídricas en las etapas de panojamiento y floración, se producirán mermas en los rendimientos agrícolas (Traxco, 2011).

#### **1.4.2.4 Requerimientos de horas de sol del cultivo de sorgo**

El sorgo, dependiendo de su condición fisiológica, puede ser fotosensitivo o fotoinsensitivo, esto se refiere a la cantidad de horas luz que el cultivo demanda para su desarrollo y floración. Las variedades fotoinsensitivas son aquellas cuya floración no es afectada por la cantidad de horas luz y florecen independientemente de la época en que sean sembradas. Las variedades criollas o fotosensitivas son las que independientemente de la época de siembra florecen cuando los días son cortos (noviembre- diciembre) (Salvador, 2007).

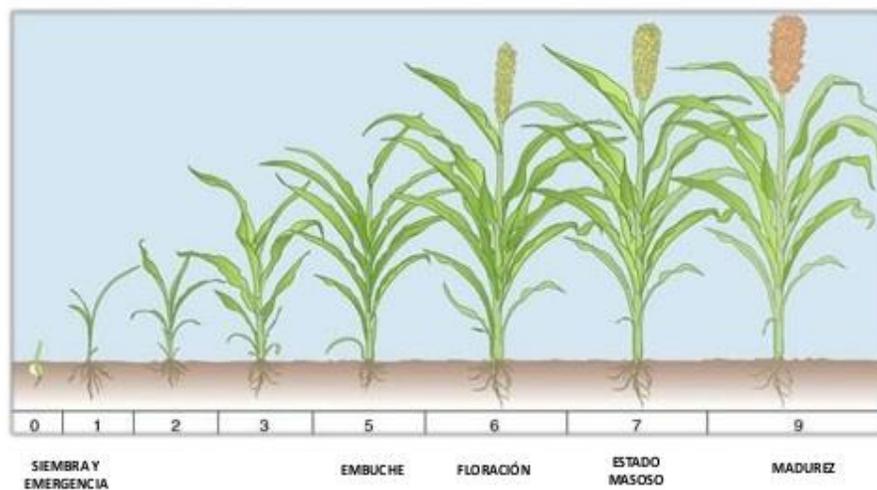
### **1.5 CICLO VEGETATIVO**

Es el número de días que una planta necesita para llegar a la cosecha a partir del momento de la siembra, pasando por un determinado número de etapas fonológicas. Su ciclo de este cultivo es de 90 a 140 días desde la siembra hasta la madures fisiológica según sea la variedad y las condiciones ambientales de la región (Gutiérrez, 2009).

### 1.5.1 ETAPAS FENOLÓGICAS

A continuación, se describe las fases fenológicas del sorgo.

#### IMAGEN N° 2: Fases fenológicas del sorgo (*sorghum vulgare L.*)



**Fuente:** FAO, 2008.

#### 1.5.1.1 Fase Vegetativa

Germinación y Desarrollo de la Planta:

Cuando una semilla se coloca en un suelo húmedo, absorbe el agua y se hincha. La germinación ocurre rápidamente si el suelo es caliente ( $20^{\circ}\text{C}$  o más). Cuando la semilla se hincha el tegumento se rompe y emerge un pequeño coleptilo y una raíz primaria (radícula). El coleptilo crece y aparecen más raíces primarias que emergen de la superficie del suelo (Buckyman, 2014).

La planta joven empieza a crecer añadiendo más hojas y el coleptilo permanece como un tejido en la base de la planta. El mesocotilo crece durante este periodo y se forma un nido en la base del coleptilo justo debajo de la línea del suelo. La plántula joven utiliza durante este periodo el alimento almacenado en el endospermo al tiempo que las raíces secundarias comienzan a desarrollarse el mesocotilo comienza a morir y el sistema radicular mayor se desarrolla de las raíces secundarias o adventicias. Algunos sorgos amacollan profusamente, especialmente los zacates sudan y los

sorgos forrajeros. Los sorgos para grano varían en su capacidad para amacollar, pero comúnmente solo lo hacen si hay una humedad adecuada o una baja población (Carrasco, 2007).

### **1.5.1.2 Fase reproductiva**

#### **Desarrollo de la Inflorescencia y Polinización**

La iniciación floral se forma de 30 a 40 días después de la germinación ésta se encuentra de 15 a 30 cm por encima de la superficie del suelo cuando las plantas tienen de 50 a 70 cm de altura. La iniciación floral marca el final del crecimiento vegetativo debida a la actividad meristemática. A la formación de la yema floral sigue el periodo más largo del crecimiento de la planta de sorgo el cual consiste en gran parte en alargamiento de las células (Terranova, 2002).

Durante el periodo de alargamiento celular rápido, la iniciación floral se transforma en una inflorescencia. Alrededor de 6 a 10 días antes de la floración se forma la bota como una prominencia en el tejido de la hoja bandera, esto sucede alrededor de los 55 días de la germinación. El sorgo florea normalmente entre los 55 y 70 días en climas templados, pero su floración puede variar entre 30 y más de 100 días. La panícula de sorgo comienza a florecer en la punta y florea sucesivamente hacia abajo en un periodo de 4 a 5 días (Pérez, 2006).

Al tiempo de la floración las glumas se abren y las tres anteras se liberan, mientras que surgen los dos estigmas, cada uno sobre un estilo rígido. La floración ocurre normalmente poco después de la salida del sol. La dehiscencia de las anteras ocurre cuando están secas y el polen se aparece en el aire. El cultivo del sorgo es básicamente de polinización cerrada; esto quiere decir que el polen de una panícula fertiliza la mayoría de los óvulos en la misma panícula. El polen vuela hacia los estigmas, donde germina; el tubo polínico, con dos núcleos, crece hacia abajo a través del estilo para fertilizar el óvulo y formar el núcleo  $2n$  y el endospermo  $3n$  (González, 2008).

### **1.5.1.3 Fase de Maduración**

El óvulo comienza a formarse como una esfera verde claro, casi de color crema; después de 10 días empieza a tomar tamaño y se vuelve de un verde más oscuro. Toma alrededor de 30 días para que las semillas alcancen el peso seco máximo.

Durante este desarrollo la semilla pasa por 3 estadios:

- 1.- Lechoso.
- 2.- Masoso suave.
- 3.- Masoso duro.

La semilla comienza a cambiar de color verde al color que tendrán en la madurez. Las semillas contienen alrededor de un 30% de humedad a la madurez fisiológica; se secan entre 10 – 15% durante los siguientes 10 a 25 días. Durante este periodo pierden hasta el 10% de su peso seco. La semilla esta lista para cosecharse en cualquier tiempo de la madurez fisiológica y la semilla seca; sin embargo, una semilla con un porcentaje arriba del 12% de humedad debe ser secada antes de almacenarse (Venegas, 2015).

## **1.6 FOTOPERIODO DEL CULTIVO DE SORGO**

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 (Serrano, 2007).

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 (Giorda, 2013).

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 (Pilatti, 2010).

## **1.7 REQUERIMIENTO DE NUTRICIÓN MINERAL DEL CULTIVO DE SORGO**

La cantidad de fertilizantes 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 4000kg/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, 2009).

### **1.7.1 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.

Deficiencias a partir de ese periodo afectan no solo al rendimiento y sino también a la calidad del grano por disminución del contenido de proteína como todas las gramíneas, el sorgo tiene buena repuesta 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).

### **1.7.2 Fósforo**

Implantación se encuentran entre 15-18 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. El cultivo absorbe del suelo aproximadamente 10 kg por cada 1000 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 vigorosas de las raíces y de la parte aérea (López, 2011).

Desde el punto de vista nutricional, el fósforo El sorgo es un cultivo exigente en fertilizantes. Los niveles de fósforo necesario es esencial para un crecimiento inicial vigoroso de las raíces y de la parte aérea; además es necesario para el almacenamiento y transferencia de la energía de la planta así para adelantar la 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).

### **1.7.3 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<sub>2</sub> es absorbido como ion K<sup>+</sup> y se encuentra en los suelos en cantidades viables, es poco móvil por su fijación a las arcillas del suelo.

En el 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).

### **1.7.4 Calcio**

#### **a). - Principales funciones:**

1.- En determinadas formas ayuda a rectificar la acidez del suelo.

- 2.- Neutraliza los tóxicos producidos por la planta.
- 3.- Aumenta el contenido de calcio en alimentos y forrajes.
- 4.- Estimula la producción de semilla y grano.
- 5.- Facilita el mejoramiento de la estructura de la tierra.
- 6.- Activa la temprana formación y el crecimiento de las raicillas.

(Regalado, 2010).

**b). - Síntomas de deficiencia:**

- 1.- Las hojas jóvenes de los brotes terminales se encorvan y se marchitan de las puntas y de los bordes.
- 2.- Las hojas se arrugan.
- 3.- En algunos casos, las hojas jóvenes permanecen enrolladas.

(Domínguez, 2017).

**1.7.5 Magnesio**

**a). - Funciones principales:**

- 1.- Es un componente esencial de la clorofila.
- 2.- Es necesario para la formación de azúcar.
- 3.- Ayuda a regular la asimilación de otros nutrientes.
- 4.- Actúa como transportador de fósforo en la planta.
- 5.- Promueve la formación de aceites y grasas, en ciertas formas corrige la acidez del suelo.

(Ibar, 2012).

**b). - Síntomas de deficiencia:**

- 1.- Pérdida general del color verde, que comienza con las hojas de la base y luego sigue tallo arriba. Las venas de la hoja permanecen verdes.

2.- Tallos débiles con largas ramificaciones de las raíces.

3.- Se presentan series de rayas claramente definidas, de color verde amarillento, amarillo claro o blanco, en toda la hoja, como sucede con el sorgo y maíz.

(Regalado, 2010).

### **1.7.6 Sodio**

El contenido relativo de sodio en la solución del suelo, aumenta con la concentración de la misma y aumenta aún más si ocurre precipitación de sales de baja solubilidad, (Villafañe, 2013). El bicarbonato de sodio es una sal de alto riesgo en el suelo, ya que permite la acumulación de sodio, el cual ocasiona según Dappo (2008), dos tipos de problemas, uno de los problemas es la toxicidad en las plantas al ser absorbido, alterando las funciones nutricionales e impidiendo la absorción del calcio y el segundo problema que presenta es la pérdida de la estructura del suelo, debido a la dispersión de las partículas originadas por el sodio absorbido. Para evaluar el efecto del agua de baja concentración, al ser aplicada al suelo mediante el riego, se usa la gráfica de infiltración propuesta por Westcot (2007). Esta gráfica relaciona la salinidad (CE) con la RAS y predice el efecto sobre la infiltración.

El procedimiento que se recomienda para el cálculo de la RAS es el propuesto por Suarez (2006), el cual ajusta la concentración de calcio en el agua, al valor de equilibrio esperado después del riego, e incluye, además, los efectos del bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y la salinidad sobre el calcio originalmente contenido en el agua de riego, y que no forma parte del suelo. Además, supone la existencia de una fuente de Calcio en el suelo, como la caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) u otros minerales, como los silicatos, y la inexistencia de precipitación en el magnesio.

#### **1.7.6.1 El sodio en la planta**

- El sodio se encuentra en el suelo en estado combinado y principalmente en forma de sales.
- Regiones con clima húmedo y semihúmedo presentan bajo contenido de sodio, debido a su baja energía de absorción puede ser fácilmente lixiviado a

horizontes profundos del suelo por las lluvias. Del mismo modo los iones de sodio son menos fijados por los minerales arcillosos que los iones de potasio. Sin embargo, niveles elevados de sodio pueden desplazar al calcio y al potasio, deteriorando la estructura del suelo (Suttner, 2018).

- Por el contrario, en regiones áridas y semiáridas se presenta a menudo acumulación de  $\text{Na}^+$  en la superficie de los suelos, debido a que el incremento de la evaporación conduce el agua del nivel freático hacia la superficie. Estas condiciones conducen a un deterioramiento de la estructura del suelo que repercute negativamente en las reservas de agua y de aire en el suelo (Carrasco, 2007).
- Las arcillas saturadas en  $\text{Na}^+$  tienen como propiedad particular que en presencia de agua de lluvia y con  $\text{CO}_2$  disuelto se hidrolizan el medio alcanzándose valores de pH 9, 10° incluso más (Suttner, 2018).

## 1.8 ROTACIÓN DE CULTIVO

Según (Castillo, 2004) indica que los principales beneficios de la inclusión del sorgo en las rotaciones del cultivo son resultantes de la alta cantidad de rastrojo que deja y su lenta descomposición (relación carbono/nitrógeno). Esto permite por un lado contribuir de materia orgánica del suelo y por otra, mediante labranza conservacionista, es decir manteniendo rastrojos en superficies, disminuir las pérdidas de agua del suelo por evaporación mejorando la infiltración del agua de la 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 antecedentes.

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  
Pasturas – Sorgo – Soja – Maíz - Soja

## **1.9 MANEJO DEL CULTIVO**

### **1.9.1 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, 2008).

### **1.9.2 Siembra**

Para programar la siembra hay que tener presente el ciclo del híbrido (días a floración), ya que el periodo 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, 2008).

### **1.9.3 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, para variedades entre 140 a 170 cm de altura (Cruz, 2007).

### **1.9.4 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 Fosforo 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, cultivos antecesores, sistemas de labranza y condiciones ambientales (Sánchez, 2014).

Es necesario evaluar la calidad de suelo, tanto en su aspecto químico como físico, para realizar la dotación de nitrógeno (N), de fosforo (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 análisis (Sánchez, 2014).

### **1.9.5 El aporque**

Debe realizarse de los 22 a 30 días después de la siembra; consiste en arrimar tierra a la planta para aumentar la base de la sustentación. Con esta labor se conserva considerablemente la humedad y se facilita mucho los riegos de auxilio y se eliminan las malezas reduciendo con ello la competencia y con el sostén o mayor anclaje se protegen a las del acame (maíz, sorgo, algodón, etc.) se lleva a cabo con cultivadora con diferentes rejas (Gutiérrez, 2009).

### **1.9.6 Raleo**

El raleo es una actividad que incrementa los costos, lo cual debe evitarse y mantener un estricto control de la dosificación de semilla por surco para colocar la cantidad adecuada. Esta labor, conocida también como deshije, consiste en eliminar el exceso de plantas para regular la densidad poblacional. Depende del propósito del cultivo y de la variedad o híbrido sembrado. Se recomienda efectuar el raleo cuando las plantas alcancen una altura de 10 ó 15 cm, lo cual ocurre entre los 10 a 15 días después de la siembra, dependiendo de las condiciones de humedad del suelo y los sistemas de cultivo utilizados (Salvador, 2007).

### **1.9.7 Riego**

La aplicación del agua debe ser en forma oportuna y en cantidades suficientes, ya que se ha encontrado que cuando no se en el momento adecuado, la reducción del rendimiento podría afectar de un 20% hasta 30 o 40%. Sin embargo, el número de

riegos depende del tipo de suelo, la variedad usada y las condiciones climatológicas prevalentes de la región y en base de esto el número entre 2 a 4 riegos durante el ciclo vegetativo del cultivo. Hay que evitar que la planta sufra deficiencias de humedad durante los siguientes periodos críticos:

- a) En la germinación y desarrollo del cultivo
- b) En la floración (la más necesaria y mayor cantidad)
- c) Antes de madurez (estado lechoso) (Gutiérrez, 2009)

### **1.9.8 Control de malezas.**

La disminución de los rendimientos ocasiona 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 (Torres, 2008).

El control de malezas puede realizarse en forma mecánica, manual y química. Existen ciertas prácticas culturales que contribuyen a reducir el efecto de malezas, como: utilización de semillas mejoradas, densidad adecuada de plantas y reducción en distanciamientos de siembra (Salvador, 2007).

- **Control mecánico.** Consiste en eliminar las malezas utilizando implementos agrícolas; dependerá principalmente de la topografía del terreno y de la disponibilidad del equipo de la finca (arado, rastra, subsolado). Debe realizarse preferiblemente cuando el suelo esté relativamente seco, con el propósito de facilitar esta labor y evitar que las malezas se restablezcan (Salvador, 2007).
- **Control manual.** Consiste en eliminar las malezas con aperos agrícolas simples (azadón). Generalmente se recomienda realizar dos limpiezas; el número dependerá de la población y tipo de malezas existentes, así como de la preparación del terreno. Tradicionalmente se realizan antes de la siembra y entre 25 y 30 días después de ésta (Almagro, 2011).

- **Control químico.** El empleo de herbicidas selectivos elimina las malezas sin ocasionar daños al cultivo. Para un buen control químico es preciso conocer el complejo de malezas y su estado de desarrollo; tipo de herbicida, dosificación y condiciones climáticas durante su aplicación (Dappo, 2008).

### **1.9.9 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 implementación 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).

#### **1.9.9.1 Insecto de suelo.**

- **Gallina ciega, Oruga, Chorontoco (*Phillophaga* spp.)**

El daño que estos gusanos blancos en forma de C con tamaño de 2 ó 3 mm hasta 3 cm causan, se manifiesta primero en plántulas marchitas y después en zonas con baja población de plantas inclinadas, curvas o acamadas que crecen de forma irregular, éstas se arrancan con facilidad. Una gallina ciega puede destruir todas las plantas dentro de una hilera de 5 metros (Suarez, 2006).

- **Gusano de alambre (*Melanotus* sp., *Agriotes* sp., *Dalopius* sp.)** Son gusanos delgados, cilíndricos y segmentados, suaves y blancos al nacer. Cuando se desarrollan miden 40 mm y son brillantes, lisos, duros, de movimientos lentos y color amarillo o café. Las áreas sin plántulas, o éstas marchitas y el acame de las plantas desarrolladas son síntomas del daño de gusano de alambre. Se alimentan del embrión de la semilla, además lesionan la base de los tallos y cortan las raíces de las plantas (Guzmán, 2009).
- **Gusanos cortadores (*Noctuidae: Lepidoptera*)** Larva rolliza a ondulada, de color blanco grisáceo a negro grisáceo o pardo, miden entre 30 a 50 mm de

largo. Cortan las plantas de sorgo a ras del suelo, otras larvas se alimentan de las partes subterráneas (Salvador, 2007).

- **Arañuela o araña roja (Tetranychus sp.)** La araña es un pequeño acaro, apenas visible a simple vista produce grandes daños en numerosas plantas y vive en el envés de planta (Inbar, 2012)

#### 1.9.9.2 Insectos del follaje

- **Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)** Se alimenta de las partes tiernas de las hojas. Daña la panícula antes que emerja, y después de la emergencia de ésta se alimenta del grano en desarrollo. Puede actuar como cortador y barrenador. Las larvas del cogollero cuando jóvenes son de color verdusco y cabeza negra (Pilatti, 2010).
- **Gusano soldado (Spodoptera exigua)** Las larvas son de color negro o verde oscuro, miden de 4 a 5 cm de largo. La palomilla de este insecto pone sus huevos en las hojas de maíz en grupos, son de color blanco amarillento y cubiertos de pelusa. Las larvas recién salidas raspan la superficie de las hojas, luego se alimentan de los márgenes de las hojas, avanzando hacia el centro de ésta dejando solamente la nervadura central. Puede alimentarse del grano en maduración (Villafane, 2013).
- **Afidos, pulgones (Aphis sp.)** Succionan la savia de la planta, introducen toxinas que pueden transmitir virus. Son vectores de enfermedades. Se alimentan en el envés de la hoja y producen una secreción dulce o mielecilla. Las hojas de la planta de sorgo mueren (Salvador, 2007).

### 1.9.10 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 debido a diferentes condiciones ambientales, híbridos, prácticas culturales, variación en los organismos causales o a la interacción de cualquiera de estos factores (Castillo, 2004).

Las enfermedades más comunes en el cultivo de sorgo son: roya del sorgo (*Puccinia sorghi*), tizón de la hoja (*Helminthosporium sp.*) y mildiú vellosa (*Peronosclerospora sorghi*)

- **La roya del sorgo** (*Puccinia sorghi*) Es una de las principales enfermedades con mayor incidencia y severidad que se presenta en los sorgos, especialmente en los criollos. Los sorgos mejorados son afectados con menor incidencia, ya que se les ha incorporado resistencia a través de los programas de mejoramiento. Esta enfermedad aparece cuando inicia la maduración del grano hasta las últimas etapas del cultivo de sorgo, incrementando la severidad del daño en variedades susceptibles, volviendo inservible el follaje para la alimentación del ganado (Graetz, 2006).
- **Tizón de la hoja, ocasionada por *Helminthosporium sp.*** Aparece en la etapa intermedia y final del ciclo vegetativo del cultivo (60-90 días después de siembra). Cuando las variedades son muy susceptibles, el hongo daña el follaje hasta quemarlo completamente, causando la muerte de las hojas intermedias que es donde se inicia la enfermedad (Delgadillo, 2010).
- **Mildiú vellosa, ocasionada por *Peronosclerospora sorghi*.** Esta enfermedad aparece en el sorgo desde el inicio del ciclo vegetativo del cultivo, su apareamiento se considera de menor frecuencia; sin embargo, en los últimos

años se ha incrementado su presencia, ya que los materiales que han presentado resistencia a la enfermedad, la están perdiendo (Salvador, 2007).

### **1.9.11 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 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 para no almacenar el grano (INTA, 2011).

### **1.10 RENDIMIENTO**

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 se ve afectada.

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 el rendimiento 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).

- Estados Unidos 4,87 tn/ha
- México 3.64 tn/ha
- Francia 5.95 tn/ha
- Argentina 5.02 tn/ha

### **1.11 VALOR NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE SORGO**

Varia 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 (Almagro, 2011).

Se ha encontrado que, sembrando en la estación seca, para ser utilizado como forraje verde, debe cortarse entre la octava y decima 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 lluvia debe usarse antes de dos semanas para el corte y de 7 a 8 semanas para ensilaje, otro aspecto muy importante que hace la calidad d grano son los carbohidratos no estructurales fundamentalmente el almidón que contribuye entre 68 y 76 de grano (Medina, 2005).

### **1.12 Labranza**

Es aquella operación en la agricultura o actividad en los sistemas agrícolas que se lleva ante de la siembra, removiendo la capa vegetal del suelo a través de herramientas manuales o mecánicas y lograr el acondicionamiento del terreno para una óptima cosecha.

Trabajar la tierra para las siembras y la obtención de alimentos, fue una necesidad de hombres antiguos con el uso del arado romano, utilizando herramientas hechas de madera, hueso, piedra o animal para remover surco hasta el siglo XX que inicia la mecanización agraria con los tractores y logrando una mayor profundidad con impactos erosivos sobre el suelo (Venegas, 2015).

#### **1.12.1 Características de la Labranza**

Consiste en trazar líneas o surcos hondos con maquinarias, ejecutada desde muchos tiempos con el arado romano, se aplica ante de la cosecha, donde labrar la tierra con un arado se llama arar, sus técnicas impactan sobre la erosión del suelo y permite lograr la germinación de semillas (Serrano, 2007).

#### **1.12.3 Tipos de Labranza**

**Labranza tradicional o convencional;** operación con corte de los primeros 15 y la inversión del suelo.

**Labranza mínima o conservacionista;** menor inversión, se evita la erosión, ejecutándose antes de la siembra y con menos pasada de maquinarias.

**Labranza en surcos;** Este sistema incluye prácticas de labranza en donde las acciones para la preparación de la cama de siembra incluyen la remoción de la parte superior de los surcos (lomo del surco) y se remueve solo una tercera parte del contenido de los residuos que se ubican en el fondo del surco

**Labranza cero o siembra directa;** la tierra no se laborea, sino que se siembra directamente la semilla en un corte vertical.

**Agricultura de precisión;** lograr un mejor uso de los productos agroquímicos, semillas, combustibles y otros insumos para una producción efectiva sin dañar el suelo.

#### **1.12.4 Actividades de la Labranza**

Desmoronamiento de los grumos, nivelación de la superficie, desmalezar, expulsión de capa vegetativa, volteo, mezcla, roturación, pulverización y compactación.

##### ➤ **Factores para una Eficiente Labranza**

Ejecutarla de forma apropiada, control de la erosión, acidez equilibrada en el suelo, mantener los nutrientes y el aporte de material orgánico.

##### ➤ **Ventajas y Desventajas de la Labranza**

Formación de semillas, Movilidad del agua, eliminación de malas hierbas, ajuste de la tierra haciéndola menos compacta, evita charcos por las elevadas lluvias, control biológico y otros beneficios.

##### ➤ **Desventaja**

Perdida de las propiedades o erosión del suelo, pérdida de agua, maquinarias agrícolas que generan dióxido de carbono y otros efectos sobre los recursos naturales.

### **1.13 SISTEMAS DE SURCOS**

Surco procede etimológicamente del latín “sulcus” que luego evolucionó a “surcus” con el significado de huella que deja el arado al ser arrastrado, con el objetivo de sembrar. El arado se usó desde que el hombre al hacerse sedentario, comenzó a labrar la tierra hacia el año 4.000 antes de nuestra era. Primero se empleó la fuerza humana para tirar de él y luego bueyes, mulas y caballos. Los arados modernos usan la fuerza de tractores para funcionar. Los surcos son también importantes para el riego (Undersander, 2011).

#### **1.13.1 Surcos simples**

Un surco puede ser una zanja que se efectúa en un terreno o también se puede referir al de labranza, específicamente al que se realiza en la tierra con un arado para luego efectuar la siembra (Undersander, 2011).

Su función es de facilitar la circulación del agua para un riego correcto, destruir las malas hierbas, hacer menos compacta la tierra adecuándola así para la siembra agrícola, mejorar la estructura y textura del suelo (Venegas, 2015).

#### **1.13.2 Surcos de contreos**

El contreo es una práctica mecánica de labranza que consiste en levantar montículos de tierra a intervalos regulares a través de surcos, formando pequeñas áreas de captación, de tal manera que la lluvia es almacenada en estas depresiones, infiltrándose en el suelo antes de que escurra o se evapore. Esta práctica es de especial importancia cuando la intensidad de la lluvia excede la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo (Rubio, 2007).

El contreo es una práctica que se ha venido realizando desde hace tiempo por los productores, sin embargo, como se realizaba con aperos manuales, impide su uso extensivo ya que con esto se invierte mucho tiempo al realizarlo, el uso de un equipo especial que permite trabajar la totalidad de la superficie sembrada de los cultivos en hileras y bajo condiciones de temporal o de riego, realizando el contreo de forma

mecánica y con la combinación de otras prácticas agrícolas, ha permitido volver económica esta práctica (Rubio, 2007).

#### **1.13.2.1 Ventajas del contreo**

Esta práctica ofrece las siguientes ventajas:

- El equipo puede ser adquirido por los productores que utilizan tractor o yunta.
- Se adapta fácilmente a sembradoras y cultivadoras para tiro animal y mecánico, se requiere pasos adicionales para el terreno.
- No implica gastos adicionales de combustible, mano de obra, maquinaria o uso de yunta.
- Permite trabajar la totalidad de la superficie sembrada con cultivos en hilera.
- Permite mantener la altura de las contras y surcos a su máximo nivel.
- Distribuye uniformemente el agua de la lluvia en el terreno.
- Permite el almacenamiento del agua de lluvia, aun en tormentas de alta intensidad, evitando al máximo el escurrimiento superficial y pérdida del suelo por erosión.
- El agua captada con esta actividad reduce el riesgo de perder la cosecha.
- Si la precipitación no es abundante durante el ciclo, se logra producir forraje o asegurar producción de semilla para la siembra del siguiente ciclo.
- Es de bajo costo y tiene una buena rentabilidad.

- Cuando se utiliza en riego mejora la distribución de agua del terreno y reduce el número de riegos aplicados al cultivo (Serrano, 2007).

#### **1.13.2.2 Desventajas**

- Las desventajas que se le ha observado es el costo inicial el equipo para contraer.
- Solo puede utilizarse en cultivos que se establece en hileras.

(Rubio, 2007).

#### **1.13.2.3 Recomendaciones**

- No se recomienda el uso de esta práctica en aquellos lugares con problemas de drenaje, o sitios ubicados en las partes bajas con altas probabilidades de inundaciones.
- Se recomienda utilizar esta práctica en todas las labores del cultivo desde la preparación del suelo, siembra y escardas, su uso puede asegurar el establecimiento y crecimiento del cultivo.
- Usarla como practica de preparación del terreno previa a la siembra puede asegurar un contenido de humedad suficiente para la siembra del cultivo.
- Si se utiliza en todas las labores del cultivo, se recomienda que durante la siembra de ajuste la altura de la contra, de tal manera que al realizar las escardas no sea necesario mover las contras.

La práctica de surcos de contreo, que menciona Ordoñez (2013), a nivel mundial ha sido estudiado por varios autores en diferentes pruebas, por ejemplo, fue investigado por Jones y Clark en el 2000, en la conservación de humedad, (Rubio, Granados Erasmo, 2007) menciona que la reducción de la erosión del suelo, existen variables que influyen positivamente en el rendimiento de la producción agrícola.

También a nivel latinoamericano, en México, se ha aplicado esta práctica en zonas áridas y semiáridas con resultados muy favorables, principalmente para mejorar la

distribución del agua en sistemas de riego rodado, así también en riego por gravedad, ya que mejora la distribución y captación del agua en el terreno y la eficacia en el uso del agua de riego (Westcot, 2007).

## CAPÍTULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Localización

##### IMAGEN N°3 Localización de la zona en estudio



Fuente: Earth, 2020.

#### 2.2 Ubicación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Municipio de San Lorenzo, Comunidad Carachimayo a 21 kilómetros de la ciudad de Tarija, entre las coordenadas geográficas: 21° 21' 30" de latitud Sur y 64° 44' 12" de longitud Oeste, a una altura de 2066 msnm, perteneciente al Municipio de San Lorenzo de la Provincia Eustaquio Méndez, del Departamento de Tarija

#### 2.3 Clima

El clima de la zona está caracterizado por un clima Templado Semiárido, con una temperatura media anual de 17,3 °C, temperatura máxima media de 25 °C y una temperatura mínima media de 9,4°C (SENAMHI, 2015).

## **2.4 Suelo**

Los suelos de la Comunidad Carachimayo se encuentran sobre una terraza antigua plana a suavemente inclinada, de formación fluvio lacustre, derivado de arenisca, lutitas y cuarcita. Presenta un nivel de fertilidad medio, donde los contenidos de materia orgánica y nitrógeno medios, de fósforo medios a altos y de potasio bajos a medios. El pH es neutro a ligeramente alcalino y no presenta problemas de salinidad.

La textura de estos suelos es de características pesadas (franco arcillosas a arcillosas), que implican la utilización de maquinaria agrícola en la preparación de los suelos, ya que en la mayoría de ellos se tendrá que hacer labores de sub solados para mejorar el drenaje, que en la mayoría de ellos es imperfectamente a escasamente drenados (MDRyT, 2017).

## **2.5 Humedad relativa**

La humedad relativa media en general es del 64,6 %, alcanzando una máxima superior a 74,5% en los meses de enero a marzo. En general, la humedad relativa tiene un comportamiento inverso a la temperatura: baja al comienzo de la tarde y más elevada en la noche (SENAMHI, 2015).

## **2.6 Precipitación**

La precipitación media anual en la zona fue determinada según información pluviométrica de 719,9 mm/año (SENAMHI, 2015).

## **2.7 Recursos naturales**

### **2.7.1 Flora**

La vegetación natural de la comunidad se desarrolla desde el punto de vista de sus aspectos climáticos, esta tiene múltiples relaciones con los componentes bióticos y abióticos del medio como protector del suelo sobre todo en las huertas, estabilizador de pendientes y hábitat de la fauna silvestre que existe en la comunidad; expresión de las condiciones locales ambientales y estabilidad ecológica y calidad general del

ecosistema que presenta la zona. De esta manera, los recursos vegetales más predominantes en la comunidad son:

#### CUADRO N° 4 Especies Nativas

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Churqui	<i>Acacia caven</i>
Molle	<i>Schinus molle</i>
Pino	<i>Pinus-sp</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i>
Sauce	<i>Salixbabilonica</i>
Durazno	<i>Prunus persica</i>
Nogal	<i>Juglans regia</i>
Higuera	<i>Ficus carica</i>

#### 2.7.2 Fauna

Existe una variedad de especies de fauna tanto terrestre como aérea, entre estas podemos mencionar:

#### CUADRO N° 5 Fauna Silvestre

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Zorro	<i>Vulpes vulpes</i>
Liebre	
Paloma	<i>Columba livia</i>
Perdices	<i>Alectoris rufa</i>

## 2.8 MATERIALES

### 2.8.1 Material vegetal

El trabajo de investigación se realizó con dos variedades de sorgo que son los siguientes:

### **2.8.1.1 Sorgo Jumbo**

- Sorgo de alta producción de materia verde
- Semilla certificada
- En invierno produce 30 a 40 t/ha de materia verde
- Verano produce 50 a 60 t/ha de materia verde
- Resistente al pisoteo
- Excelente capacidad en rebrote
- Recuperación de vacas paridas en tiempo de seca

### **2.8.1.2 Sorgo Fox Híbrido**

Características:

- Tipo de sorgo: híbrido
- Tipo de semilla: certificada
- Panoja: semi-abierta
- Color de grano: castaño claro
- Días a floración: 55-68
- Días a madurez fisiológica: 90
- Días a cosecha: 122-125
- Población a cosecha: 180000 a 200000 plantas/ha
- Altura de planta: 1,30 – 1.40 m
- Rendimiento de 5 a 6 t/ha de materia seca.

### **2.8.2 Material de campo:**

- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Letreros
- Flexómetro

### **2.8.3 Material de laboratorio:**

- Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo del Lab. del SEDAG.
- Análisis bromatológico

### 2.8.4 Equipo y Herramienta

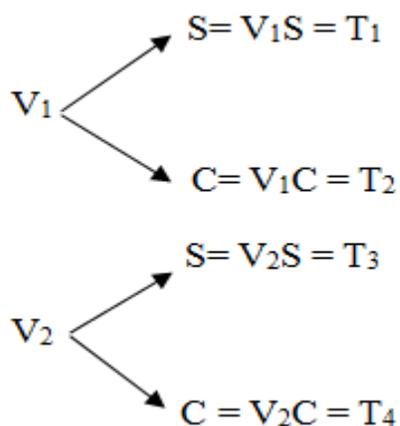
- Azadón.
- Pala.
- Balanza.
- Hoz para cortar el sorgo.
- Pulverizadora.
- Fertilizante.

## 2.9 METODOLOGÍA

### 2.9.1 Diseño experimental

Se realizó el ensayo estructurado bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar, con 4 Tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales, cada unidad experimental tiene una superficie de 15 m<sup>2</sup>, la superficie total de 420 m<sup>2</sup>, este diseño responde a la combinación de dos variedades de Sorgo jumbo y el sorgo híbrido fox, por dos sistemas de labranza que son: surco simple y el surco contreo.

#### 2.9.1.1 Tratamientos



## 2.10 DISEÑO DE CAMPO

### 2.10.1 Características del campo

N. ° de tratamientos = 4

N. ° de réplicas = 3

Total, de unidades experimentales = 12

Distancia de surcos = 0,45 m.

Distancia entre plantas = 0,8 o 0,10 m.

Distancia del ancho de la parcela = 3 m.

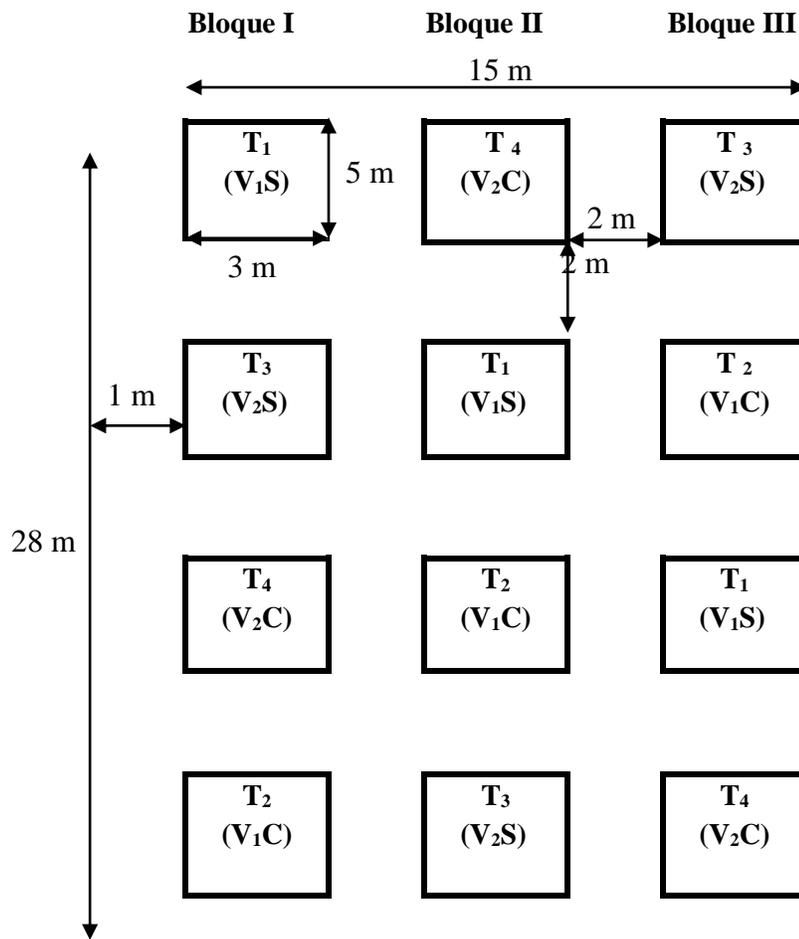
Distancia del largo de la parcela = 5 m

Tamaño de la parcela = 15 m<sup>2</sup>

Distancias/bloques = 1

Distancia/ parcelas = 2

Área total de ensayo = 420 m<sup>2</sup>



### 2.11. ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO

Para realizar el establecimiento del ensayo, primeramente, se determinó la ubicación de la parcela, tomando en cuenta la orientación, topografía favorable para el ensayo como una fuente de suministro de agua para riego.

### 2.12. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO

Posteriormente a la identificación de la ubicación del ensayo se procedió con los trabajos de ejecución para el establecimiento de las parcelas y sus tratamientos.

#### 2.12.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó en octubre de 2018 que para lo cual se ha utilizado un tractor en el proceso de remoción de tierra con romplow de manera

mecanizada, con la finalidad desmenuzarlos terrones y para que la semilla tenga mejor contacto con el suelo.

El surco se realizó de manera manual, utilizando una herramienta agrícola (azadón), la formación de los montículos de los surcos de contreo se hizo con la ayuda de una herramienta agrícola (zapin), los cuales tuvieron una distancia de 1.6 m de montículo a montículo.

### **2.12.2 Tratamiento de la semilla**

Antes de realizar la siembra se realizó el tratamiento químico de desinfección, con la finalidad de controlar el ataque de hongos y bacterias.

### **2.12.3 Siembra**

La siembra se realizó en el mes de octubre del 2018 de manera manual, utilizando una herramienta agrícola (azadón). Las variedades utilizadas para la siembra de sorgo fueron: Jumbo e Fox Híbrido.

### **2.12.4 Densidad de siembra**

Se utilizó una distancia de 0,45m de surco a surco y de 0,10m de planta a planta, la siembra fue a golpe y de 3 semillas por punto de siembra a una profundidad de 0,02m por unidad experimental se utilizó 31,1gr de semilla.

## **2.13. LABORES CULTURALES**

El manejo del ensayo corresponde a las labores culturales que se realizaron en el transcurso del ciclo del cultivo: riego, control de malezas, aporque y fertilización.

- **Riego:** para cubrir el requerimiento hídrico del cultivo de sorgo se efectuó riegos dependiendo a la necesidad hídrica y etapa del cultivo de sorgo (*sorghum vulgare L*), para ello se establecerá una frecuencia de riego para cada tratamiento.
- **Aporque:** se realizó el aporque a los 30 días se efectuó el aporque de forma manual. Esta actividad consiste en arrimar tierra a las plantas, su función

primordial es de darle mayor anclaje, evitar el ataque de patógenos y mantener la humedad en el área de las raíces, también se incorporó nitrógeno (urea).

- **Control de malezas:** las malezas compiten en el cultivo de sorgo por agua, nutrientes y espacio. Además, de ser hospederos de enfermedades y plagas que puedan perjudicar al cultivo, por lo tanto, se realizó deshierbes anuales.
- **Fertilización:** La fertilización se realizó con fertilizantes nitrogenados y fosfato granulados, la dosis de fertilización se realizó según el análisis de contenido de nutrientes en el suelo y tomando en cuenta el requerimiento del cultivo, los 4 tratamientos recibieron la misma dosis de fertilización.

Se fraccionó las dosis de la fertilización en dos aplicaciones, la primera se incorporó en el momento de la siembra y la segunda aplicación se incorporó al suelo en el momento de la realización de las labores culturales.

- **Control de plagas y enfermedades:** para el control de plagas y enfermedades se utilizó insecticidas, fungicidas y adherentes de manera preventiva para evitar el ataque de insectos como el gusano cogollero (*spodoptera frugiperda*), etc.

## 2.14 Variables estudiadas

Las variables estudiadas fueron:

- **Altura de la planta:** para esta variable se hicieron mediciones a 10 plantas totales de cada unidad experimental, desde la base de la planta (donde el tallo y el suelo hacen intersección) hasta donde nace la hoja bandera.
- **Ancho de la hoja:** para evaluar esta variable se procedió a realizar mediciones del ancho de la hoja dividiendo la misma en 5 secciones y trabajando con un valor medio de ancho de la hoja por unidad experimental.

- **Largo de la hoja:** para esta variable se procedió a medir el largo de las desde la parte basal hasta el ápice de la hoja lanceolada del cultivo de sorgo, se realizaron varias mediciones para trabajar con un valor medio por unidad experimental.
- **Rendimiento:** Para determinar el rendimiento de los tratamientos, se pesaron diez plantas por tratamiento para luego ser expresadas en t/ha y hacer las comparaciones.
- **Propiedades nutricionales del cultivo de sorgo:** Las propiedades nutritivas que se evaluaron en el cultivo del sorgo fueron: % de humedad, % de materia seca, % Proteína, °Brix.

#### **2.14.1 Estudios complementarios**

- Propiedades físicas: Densidad aparente, PMP, CC, Textura.
- Propiedades químicas del suelo: pH, N, P, K, Ca, Mg, Na.

#### **2.14.2 Tabulación y análisis de datos**

Para cada uno de los tratamientos, se efectuó la tabulación de los datos registrados del comportamiento de cada variable y se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos, cuando se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de significación estadística correspondiente.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación “EFECTO DE DOS SISTEMAS DE LABRANZA EN EL CULTIVO DE DOS VARIEDADES DE SORGO EN LA COMUNIDAD DE CARACHIMAYO”, se describen de la siguiente forma.

Mediante laboratorio se analizaron las diferentes propiedades, físicas (textura, densidad aparente, infiltración, % de humedad del suelo) y químicas (M.O., pH, N, P, K, Mg, Na, Ca.) del suelo donde se implementó el ensayo.

Se evaluaron las características agronómicas de dos variedades de sorgo sembradas bajo dos sistemas de surco en la comunidad de Carachimayo según los datos que se tomaron de cada tratamiento, entre ellas la altura de la planta, ancho de la hoja, largo de la hoja y el rendimiento en t/ha.

Y finalmente se identificaron las propiedades nutritivas (% materia seca, % de humedad, % de sacarosa (grados brix) y % de proteína), de las dos variedades de sorgo en estudio.

Teniendo como resultado los siguientes datos presentados a través de los cuadros que los indican a continuación:

#### 3.1 Identificación de los parámetros del suelo

Para la identificación de los parámetros del suelo, se realizó un análisis físico y químico en el laboratorio de suelos y aguas del Servicio Departamental Agropecuario donde analizaron los siguientes parámetros:

Dentro del parámetro físico se analizó la textura, la densidad aparente, la capacidad de campo, el punto de marchites permanente, capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases.

### 3.1.1 Parámetros físicos del suelo donde se realizó el ensayo

Dentro de los parámetros físicos se analizó la textura, la densidad aparente, la capacidad de campo, el punto de marchites permanente, capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases.

#### CUADRO N° 6. Resultados de los análisis físicos de suelo

ID	Prof. (cm)	Textura	D.a. (gr/cc)	CC (%)	PMP (%)	CIC (meq/100g)	SB (%)
M-0	0,15	FYL	1,45	27,17	15,46	20,45	100

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas SEDAG

De acuerdo a los resultados de laboratorio se pudo determinar una textura FYL, con una densidad aparente de 1,45gr/cc, Su capacidad de campo es de 27,17% y su punto de marchites permanente es de 15,46%, la capacidad de intercambio catiónico es de 20,45meq/100g y un porcentaje de saturación de bases de 100%.

#### CUADRO N° 7. Interpretación de los parámetros físicos del análisis de suelo

PARÁMETROS	RESULTADO ANÁLISIS LAB.	RANGO	CLASIFICACIÓN
Textura	FLY	A=18,25% L=47,50% Y=34,25%	Franco Arcillo Limoso
Densidad aparente	1,45 g/cm <sup>3</sup>	-	-
CIC	20,45 meq/100g	12-25 meq/100g	Medio
%SB	100%	>70%	Alta presencia bases alcalinotérreas, baja presencia de cationes ácidos de H <sup>+</sup> y Al <sup>+++</sup>

Elaboración propia

De acuerdo a resultados de laboratorio se pudo determinar que la textura del suelo donde se desarrolló el ensayo presenta una proporción de Arena de 18,25%, una proporción de Limo de 47,17% y una proporción de Arcilla de 34,25%, por lo que se lo clasifica como un suelo con textura Franco Arcillo Limoso.

Según los resultados de laboratorio se pudo calcular la capacidad de intercambio catiónico, que presenta un valor de 20,45meq/100g encontrándose dentro del rango de 12-25meq/100g clasificándose como un suelo con una capacidad de intercambio catiónico media.

De acuerdo a la estimación del porcentaje de saturación de bases, se puede identificar que el valor que presenta es de 100% de Saturación de bases alcalinotérreas, lo que significa que existe mayor presencia de los iones de calcio, magnesio, sodio y potasio.

#### **3.1.1.1 Determinación de las frecuencias de riego para el cultivo del sorgo en la comunidad de Carachimayo bajo dos sistemas de surcos.**

Los resultados obtenidos de los cálculos de las frecuencias de riego para cada tratamiento haciendo uso de datos climatológicos y algunos parámetros del suelo se pudieron determinar cada cuanto día se debería volver a regar para que después de 24 a 72 horas dependiendo el tipo de suelo, la humedad del suelo sea óptima para la absorción por las raíces, los datos de frecuencia de riego que se presentan en el cuadro consideran que la capacidad de retención de humedad del suelo bajo hasta el 0%.

**CUADRO N° 8. Frecuencia de riego considerando que la capacidad de retención de humedad del suelo baja de 100 a 0 %.**

ID	Ln mm	Lb (mm) Ln/Efic. De riego	Etc Nov	Etc Dic	Etc Ene	Etc Feb	Fr/días Lb/ETc			
							Nov	Dic	Ene	Feb
V1 Ss	23,99	39,98					42	25	23	33
V1 Sc	25,47	42,45					44	27	24	35
V2 Ss	24,21	40,35	0,962	1,568	1,748	1,212	42	26	23	23
V2 Sc	26,03	43,39					45	28	25	36

**Elaboración propia**

**Ln** = Lamina Neta

**Lb** = Lamina bruta de riego

**ETc** = Evapotranspiración de referencia del cultivo

**Fr** = Frecuencia de riego

Según la información que ofrece el cuadro se puede determinar que prácticamente se debería regar una vez al mes, esto bajo la lógica que la capacidad de retención de humedad del suelo baja de 100% a 0%.

Sin embargo para programar un riego eficiente se debe tomar en cuenta evitar hacer entrar en estrés hídrico al cultivo, es por ello que se recomienda hacer el siguiente riego cuando el porcentaje de capacidad de retención de humedad del suelo baja a un 40%. Bajo esta lógica las frecuencias de riego se sometieron a un ajuste como se muestra en el cuadro a continuación.

**CUADRO N° 9. Frecuencia de riego considerando que la capacidad de retención de humedad del suelo baja de 100% a 40 %.**

ID	Fr/días La capacidad de retención de humedad del suelo baja de 100% - 0%				Fr/días La capacidad de retención de humedad del suelo baja de 100% - 40%			
	Nov	Dic	Ene	Feb	Nov	Dic	Ene	Feb
V1 Ss	42	25	23	33	17	10	9	13
V1 Sc	44	27	24	35	18	11	10	14
V2 Ss	42	26	23	23	17	10	9	9
V2 Sc	45	28	25	36	18	11	10	14

**Elaboración propia**

Haciendo el ajuste correspondiente las frecuencias de riego bajaron considerablemente, presentando frecuencias de riego de cada 17 a 18 días; de 9 a 10 días, de 13 a 14 días. A continuación, se presenta un cuadro donde se determinó el número de riegos para cada tratamiento en base a los datos de las frecuencias de riego ajustadas.

**CUADRO N° 10. Número de veces regadas durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo del sorgo.**

ID	Riego durante el ciclo del cultivo de sorgo				Total Veces regadas
	Nov	Dic	Ene	Feb	
V1 Ss	2	3	3	2	10
V1 Sc	2	3	3	2	10
V2 Ss	2	3	3	3	11
V2 Sc	2	3	3	2	10
<b>X</b>					<b>10</b>

**Elaboración propia**

Mediante el cuadro podemos evidenciar que, durante el ciclo de desarrollo del cultivo del sorgo, y considerando las condiciones climatológicas a excepción de la precipitación, pudimos determinar que durante el ciclo de desarrollo del cultivo del sorgo, este requirió de 10 riegos, dos riegos en el mes de noviembre, tres riegos en el mes de diciembre, tres riegos en el mes de enero y dos riegos en el mes de febrero.

### **3.1.2 Parámetros químicos del suelo donde se realizó el ensayo**

Dentro de los parámetros químicos el pH, la M.O., el nitrógeno total, el fósforo y el potasio, al margen cuantificar la cantidad de presencia de magnesio, calcio, sodio para calcular la saturación de bases u la capacidad de intercambio catiónico.

**CUADRO N° 11. Resultados de los análisis químicos de suelo**

<b>ID</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>pH</b>	<b>M.O. (%)</b>	<b>N.T. (%)</b>	<b>P ppm</b>	<b>K Meq/100g</b>		
<b>M</b>	0,15	7,6	1,64	0,09	35,12	0,13		
			<b>Kg/ha</b>					
			<b>M.O. Kg/ha</b>	<b>N.T. (Kg/ha)</b>	<b>P (Kg/ha)</b>	<b>K (Kg/ha)</b>		
			35.670,00	1.957,50	76,39	110,27		
			<b>N.T. (5% M.O.) Kg/ha</b>	<b>N.I. (2%N.T.) (Kg/ha)</b>				
			1.783,50	39,15				
			<b>N.I. (2%N.T.) (Kg/ha)</b>					
			35,67					

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas SEDAG

Según los resultados de laboratorio del análisis de las propiedades químicas del suelo, podemos evidenciar que tenemos un pH con un valor de 7,6, un porcentaje de materia orgánica de 1,64% equivalentes a un 35, 67Kg/ha de nitrógeno inorgánico. También se puede evidenciar un 0,09% de nitrógeno total equivalentes a un 39,15Kg/ha de nitrógeno inorgánico.

Con relación al fósforo se obtuvo un valor de 35,12ppm equivalentes a 76,39Kg/ha de ion fosfato. Y el resultado para el potasio es de 0,13meq/100g equivalentes a 110,27Kg/ha de ion potasio. A continuación, se clasificarán los valores de los parámetros químicos evaluados.

**CUADRO N° 12. Interpretación de los parámetros químicos del análisis de suelo**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADO ANÁLISIS LAB.</b>	<b>RANGO</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
<b>pH</b>	7,6	7,4-7,8	Medianamente básico
<b>M.O. (%)</b>	1,6	< 1,6	Muy bajo, suelo muy mineralizado
<b>N.T. (%)</b>	0,09	0,08 – 0,010	Ligeramente Bajo
<b>P (ppm)</b>	35,12	>30	Muy Alto
<b>K (meq/100g)</b>	0,13	0,00-0,30	Muy Bajo

**Elaboración propia**

De acuerdo a los valores obtenidos del resultado del análisis químico de suelo, se pudo determinar que el suelo donde se realizó el ensayo presenta un pH de 7,6, cuyo valor se encuentra dentro del rango 7,4 – 7,8 calificándolo como un suelo con pH medianamente básico.

Para los valores obtenidos para la materia orgánica de 1,6%, se pudo determinar que dicho valor se encuentra dentro del rango < 1,6 clasificándolo como un suelo con muy bajo contenido de materia orgánica por ser un suelo mineralizado.

Según el valor obtenido para el nitrógeno total de 0,09% se pudo determinar que dicho valor se encuentra dentro del rango 0,08 – 0,010% clasificándolo como un suelo con un contenido de nitrógeno total ligeramente bajo.

De acuerdo al valor obtenido para el fósforo de 35,12ppm, se pudo determinar que dicho valor se encuentra dentro del rango  $>30$ ppm por lo que se lo clasifico como un suelo con un muy alto contenido de fósforo.

Según el valor obtenido para el potasio de 0,13meq/100g, se pudo determinar que se encuentra dentro del rango 0,00 – 0,30meq/100g, clasificándose como un suelo con un contenido muy bajo de potasio.

### **CUADRO N° 13. Dosificación de fertilizante químico en el cultivo de sorgo bajo dos sistemas de siembra**

El cultivo de sorgo forrajero es una planta gramínea se usa para la alimentación de los animales debido q la planta tiene las características para formar azúcares y para ayudar a la formación de los azúcares se debe cumplir con los requerimientos nutricionales de planta. Para ello se realizó un análisis químico de suelo y se utilizó bibliografía para determinar el requerimiento nutricional de la planta. Se detalla los resultados en el siguiente cuadro.

<b>ID</b>	<b>Análisis suelo Kg/ha</b>	<b>Requerimiento del cultivo en Kg/ha</b>	<b>Diferencia Kg/ha</b>	<b>Formula del fertilizante a usar</b>	<b>Urea &amp; Cloruro de Potasio Kg/ha</b>	<b>Urea &amp; Cloruro de Potasio Kg/180m<sup>2</sup></b>
<b>N</b>	35,67	300	-264,33	46	574,63	10.34
<b>P</b>	76,39	48	+28,39	0	0,00	0,00
<b>K</b>	110,27	270	-159,73	60	266,22	4,80

#### **Elaboración propia**

Para cubrir la deficiencia nutricional, se tomó la decisión de aplicar urea y cloruro de potasio con la fórmula de 46-00-60, la cantidad de urea para cubrir la deficiencia de nitrógeno es de 574,63Kg/ha., sin embargo la superficie del ensayo es 180m<sup>2</sup> por lo tanto le corresponde una cantidad de 4.80Kg de cloruro de potasio y también se a

usado urea 10,34 Kg en la superficie total del ensayo, que fue esparcido a chorro continuo a lo largo de los surcos del diseño experimental al momento de la siembra.

### 3.2 Evaluación de las características agronómicas de dos variedades de sorgo (*Sorghum vulgare*) bajo dos sistemas de surco en la comunidad de Carachimayo.

Las características agronómicas que se evaluaron en el cultivo del sorgo (*Sorghum vulgare*) fueron altura de la planta, ancho de la hoja, largo de la hoja, rendimiento.

#### 3.2.1 Altura de la planta de dos variedades de sorgo bajo dos sistemas de surco a los 70 días después de la siembra.

En la evaluación de la variable altura de la planta de sorgo (*Sorghum vulgare*), se midió al 10% de la población total de cada unidad experimental, la medición se llevó a cabo a los 70 días después de la siembra. Las medias de las unidades experimentales se muestran en el siguiente cuadro de datos de campo.

**CUADRO N° 14. Altura de la planta**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			$\Sigma$	X
	I	II	III		
V1Ss	220,0	230,0	210,0	660,0	220,0
V1Sc	215,0	200,0	210,0	625,0	208,3
V2Ss	110,0	130,0	120,0	360,0	120,0
V2Sc	109,0	110,0	113,0	332,0	110,7
$\Sigma$	654,0	670,0	653,0	1977,0	164,8

La media más alta en cuanto a la altura de las plantas a los 70 días después de la siembra es de 220 cm., correspondiente al tratamiento N° 1(V1Ss) variedad Jumbo con surco simple.

CUADRO N° 15. Análisis de Varianza de la altura de la planta

Factor de Variación	GL	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
<b>Total</b>	11	30164,25	---	---	---	---
<b>Tratamientos</b>	3	29638,92	9879,6	123,54 **	4,76	9,78
<b>Bloques</b>	2	45,50	22,75	0,28 NS	5,14	10,9
<b>Error</b>	6	479,83	79,972	---	---	---
<b>Factor A</b>	1	163351,50	163351,50	2042,60 **	5,99	13,7
<b>Factor B</b>	1	206811,50	206811,50	2586,04 **	5,99	13,7
<b>Inter. FA/FB</b>	1	399801,92	399801,92	4999,26 **	5,99	13,7

**Coefficiente de Variación: 5,43%**

**\*= significativo**

**\*\* = altamente significativo**

**n.s. = no significativo**

De acuerdo al análisis de varianza a los datos la altura de la planta de sorgo bajo dos sistemas de surco en la Comunidad de Carachimayo, se puede afirmar que la diferencia es altamente significativa entre los tratamientos, sin embargo, la diferencia no es significativa entre los bloques.

También podemos ver que existe diferencia altamente significativa entre el factor variedad, también así en el factor surcos y de igual manera existe diferencia altamente significativa en la interacción de factores variedad, surco.

El coeficiente de variación indica la variación de los datos de campo con relación a la media. En este caso el coeficiente de variación es de 5,43%. Clasificándose como bueno según la tabla de clasificación del coeficiente de variación del Instituto Nacional de Estadística de Chile (2016).

**CUADRO N° 16. Prueba de comparación de medias de Tukey Altura de la planta**

Tratamientos	Medias	Letras
V1 Ss	220,00	a
V1 Sc	208,33	a
V2 Ss	120,00	b
V2 Sc	110,67	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

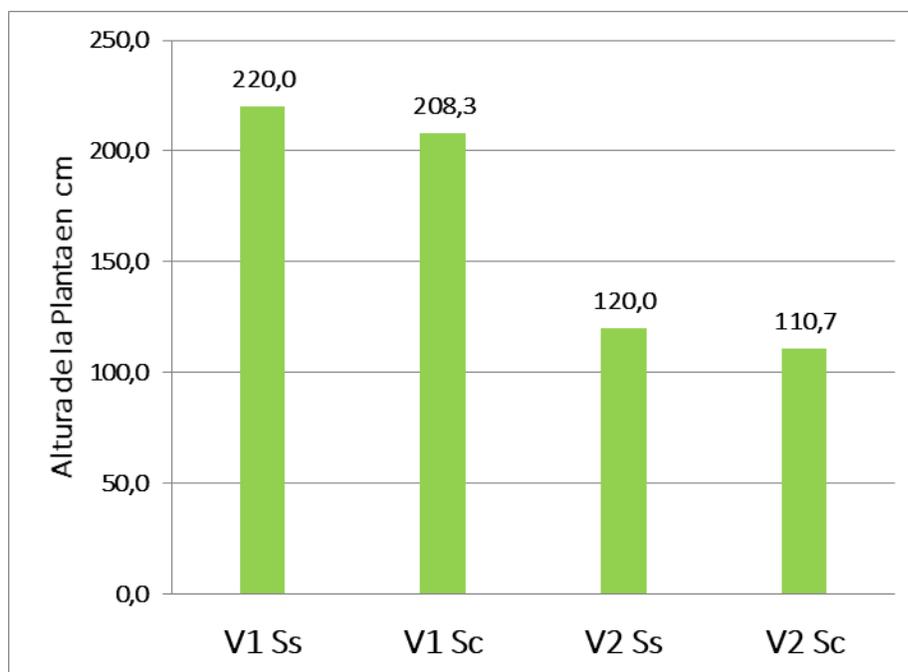
Variedad	Media	Letra
Jumbo	214,15	a
Fox Híbrido	115,34	b

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey de la altura de la planta de sorgo, bajo dos sistemas de labranza de surcos podemos determinar que los tratamientos V1Ss y V1Sc difieren estadísticamente de los tratamientos V2 Ss y V2 Sc. Lo que quiere decir prácticamente es que la diferencia de la característica agronómica de altura se debe a la variedad.

La prueba también nos indica que la variedad Jumbo alcanzo una mayor altura que la variedad Fox híbrido.

Según Gutiérrez 2014, en su trabajo realizado obtuvo una altura en el sorgo de 541.8 cm, que es superior a la que nosotros obtuvimos ya que este autor trabajo con la variedad de sorgo was, también su menor altura en cuanto al sorgo fue de 326,3 cm con la variedad Soe que también resulta superior a nuestras alturas obtenidas, estos resultados son atribuidos a que este autor trabajó con variedades con un desarrollo mayor y con la aplicación de diferente densidades y épocas de siembra.

**GRÁFICO N° 1. Altura de la planta de sorgo a los 70 días después de la siembra bajo dos sistemas de surco.**



En el gráfico N°1 se puede observar que el tratamiento V1 Ss logró superar a los demás tratamientos alcanzando una altura de planta de 220cm, seguido del tratamiento V1 Sc con una altura de 208,3cm. Mientras que los tratamientos V2Ss alcanzo una altura de 120cm y el tratamiento V2 Sc alcanzo una altura de 110,7cm.

Morales (2008), indica que la altura de planta de sorgo es una característica muy importante debido que la plantas de 160cm a 170cm son considerada óptima para

cosecha mecanizada; en cambio alturas mayores o menores traen inconvenientes en la cosecha mecanizada.

Joseph (2002), indica que la altura de la planta es un dato útil para su clasificación. Puede variar desde 60 a 90cm. La altura del tallo hasta el extremo de la panoja varía según el número y la longitud de los entrenudos. La cantidad de nudos está determinada por los genes de maduración y por su reacción al fotoperiodo y a la temperatura.

### 3.2.2 Evaluación del ancho de la hoja de la planta de dos variedades de sorgo bajo dos sistemas de surco

Para la evaluación del ancho de la hoja de la planta de sorgo se tomaron medidas del 10% de la población total de cada unida experimental, tomando datos de la parte basal de la hoja, de la parte media y de la parte final o punta sumando y sacando una media de las medidas se obtuvieron los siguientes datos de campo.

**CUADRO N° 17. Ancho de la hoja de dos variedades de sorgo y dos sistemas de surco a los 70 días después de la siembra.**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			$\Sigma$	X
	I	II	III		
V1Ss	4,0	4,6	4,7	13,3	4,4
V1Sc	5,0	4,4	4,5	13,9	4,6
V2Ss	5,0	4,6	4,5	14,1	4,7
V2Sc	5,1	5,1	4,9	15,1	5,0
$\Sigma$	19,0	18,7	18,6	56,3	4,7

Como se observa en el cuadro N° 17 podemos ver que el tratamiento N° 4 (V2Sc) variedad Híbrido Fox con surco contreo fue el que obtuvo una media superior en cuanto a esta variable de ancho de la hoja, seguido del tratamiento N° 3 (V2Ss) variedad Híbrido Fox con surco simple con una media de 4,7 cm., posteriormente está el tratamiento N° 2 (V1Sc) variedad Jumbo con surco contreo con una media de 4,6 cm., y por último está el tratamiento N° 1 (V1Ss) variedad Jumbo con surco simple con una media de 4,4 cm.

**CUADRO N° 18. Análisis de Varianza del ancho de las hojas de dos variedades de sorgo y dos sistemas de surco a los 70 días después de la siembra.**

Factor de Variación	GL	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
<b>Total</b>	11	1,23	---	---	---	---
<b>Tratamientos</b>	3	0,55	0,185	1,68 NS	4,76	9,78
<b>Bloques</b>	2	0,02	0,008	0,08 NS	5,14	10,9
<b>Error</b>	6	0,66	0,109	---	---	---
<b>Factor A</b>	1	134,17	134,14	1220,14 **	5,99	13,7
<b>Factor B</b>	1	134,35	134,35	1221,77 **	5,99	13,7
<b>Inter. FA/FB</b>	1	269,08	269,08	2446,95 **	5,99	13,7

**Coefficiente de Variación: 7,07%**

**\*\* = altamente significativo**

**n.s. = no significativo**

De acuerdo al análisis de varianza a los datos del ancho de la hoja de la planta de dos variedades de sorgo bajo dos sistemas de surco en la Comunidad de Carachimayo, se puede determinar que la diferencia no es significativa entre los tratamientos como también la diferencia no es significativa entre los bloques.

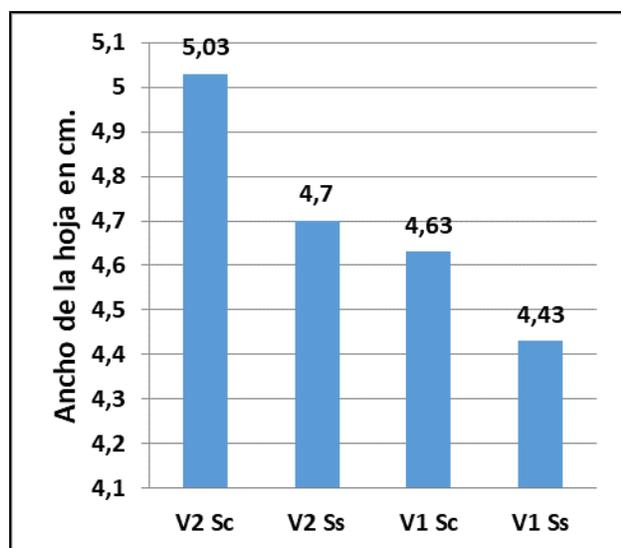
Pero si ay diferencias significativas en los factores variedad, surco y en la interacción de factores de la variedad y surco.

El coeficiente de variación indica la dispersión de los datos de campo con relación a la media. En este caso el coeficiente de variación es de 7,07%. Clasificándose como bueno según la tabla de clasificación del coeficiente de variación del Instituto Nacional de Estadística de Chile (2016).

Variedad	Media	Letra
Fox Híbrido	4,85	a
Jumbo	4,50	b

Podemos ver la diferencia que existe entre las variedades con respecto a la variable de ancho de hoja, ya que la variedad jumbo obtuvo un promedio de 4,50 cm. de ancho mientras la variedad Fox Híbrido obtuvo un promedio de superior con 4,85 cm.

**GRÁFICO N° 2. Ancho de la hoja de la planta de sorgo a los 70 días después de la siembra bajo dos sistemas de surco.**



De acuerdo al gráfico N°2 referido al ancho de la hoja de sorgo se puede observar que el tratamiento V2 Sc variedad Fox Híbrido con sistema de labranza surco contreo logro superar a los demás tratamientos alcanzando un desarrollo de ancho de hoja de la planta de 5,03cm, seguido del tratamiento V2 Ss variedad Fox Híbrido con surco simple con un ancho de hoja de 4,7cm., mientras que los tratamientos V1Sc variedad Jumbo con surco contreo alcanzo un ancho de hoja de 4,63cm y el tratamiento V1 Ss variedad Jumbo con surco simple alcanzo un ancho de hoja de 4,43cm.

### 3.2.3 Evaluación del largo de la hoja de la planta de dos variedades de sorgo bajo dos sistemas de surco.

Para la evaluación del desarrollo de longitud de la hoja de la planta de sorgo se tomaron medidas del 10% de la población total de cada unida experimental, tomando datos de la parte basal de la hoja hasta la parte apical de la misma, de las mediciones se obtuvieron los siguientes datos de campo.

**CUADRO N° 19. Largo de la hoja de dos variedades de sorgo y dos sistemas de surco a los 20 días después de la siembra.**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			$\Sigma$	X
	I	II	III		
V1Ss	52,3	67,7	58,6	178,6	59,5
V1Sc	66,3	60,9	62,7	189,9	63,3
V2Ss	51,7	50,8	42,6	145,1	48,4
V2Sc	52,0	55,2	54,2	161,4	53,8
$\Sigma$	222,3	234,6	218,1	675,0	56,3

Para conocer cuál de los tratamientos produjo mejores resultados en cuanto a esta variable se procedió a realizar un ordenamiento de medias, cuyos valores se presentan en el cuadro N° 19. Los tratamientos N° 2 y N° 1 fueron los que obtuvieron valores superiores con 63,3 cm. y 59,5 cm, respectivamente en cuanto al largo de la hoja, posteriormente están los tratamientos N° 4 variedad Fox Híbrido con surco contreo con un largo de 53,8cm. y por último aparece el tratamiento N° 3 variedad Fox Híbrido con surco simple con un largo de hoja de 48, 4 cm.

**CUADRO N° 20. Análisis de Varianza del largo de las hojas de dos variedades de sorgo y dos sistemas de surco a los 20 días después de la siembra.**

Factor de Variación	GL	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
<b>Total</b>	11	576,55	---	---	---	---
<b>Tratamientos</b>	3	385,90	128,63	5,02 *	4,76	9,78
<b>Bloques</b>	2	36,76	18,38	0,72 NS	5,14	10,9
<b>Error</b>	6	153,89	25,65	---	---	---
<b>Factor A</b>	1	19079,60	19076,60	743,90 **	5,99	13,7
<b>Factor B</b>	1	19464,88	19464,88	758,92 **	5,99	13,7
<b>Inter. FA/FB</b>	1	38930,37	38930,37	1517,87 **	5,99	13,7

Coefficiente de Variación: 9,0%

\*= significativo

\*\* = altamente significativo

n.s. = no significativo

De acuerdo al análisis de varianza en cuanto a la variable largo de la hoja de la planta de dos variedades de sorgo bajo dos sistemas de surco en la Comunidad de Carachimayo, se puede determinar que la diferencia es significativa entre los tratamientos, sin embargo, la diferencia no es significativa entre los bloques. También

observamos que existe diferencia altamente significativa entre el factor variedad, así mismo en el factor surco y de igual manera en la interacción de factores variedad, surco.

El coeficiente de variación indica la dispersión de los datos de campo con relación a la media. En este caso el coeficiente de variación es de 9,0%. Clasificándose como bueno según la tabla de clasificación del coeficiente de variación del Instituto Nacional de Estadística de Chile (2016).

**CUADRO N° 21. Prueba de comparación de medias de Tukey del Largo de hoja de dos variedades de sorgo y dos sistemas de surco a los 70 días después de la siembra.**

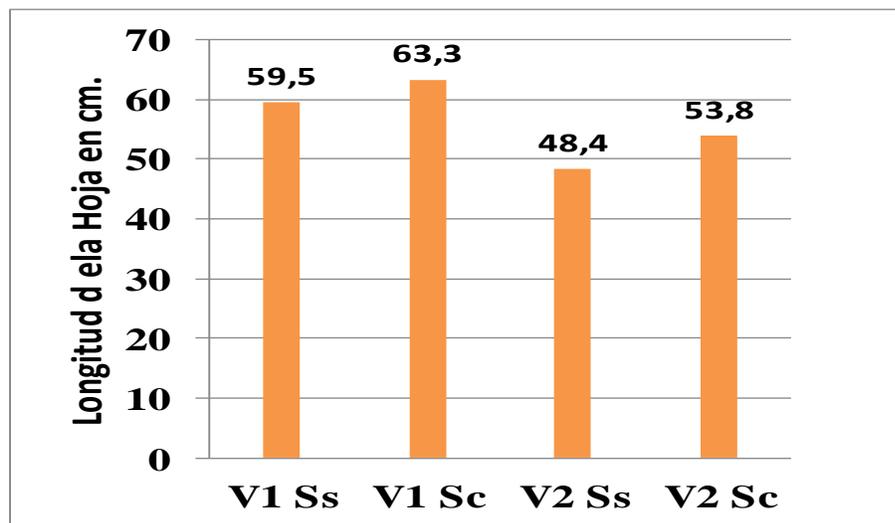
Tratamientos	Medias	Letras
V1 Sc	63,30	a
V1 Ss	59,53	ab
V2 Sc	53,80	ab
V2 Ss	48,37	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Variedad	Media	Letra
Jumbo	61,42	a
Fox Híbrido	51,09	b

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey, podemos evidenciar que la diferencia significativa se encuentra entre el tratamiento T2 (Variedad 1 Surco Contreo) alcanzando un largo de la hoja de 63,30 cm y el T3 (Variedad 2 Surco simple) es el tratamiento que presento menor desarrollo de longitud de hoja de la planta de sorgo con 48,37cm.

**GRÁFICO N° 3. Largo de la hoja de la planta de sorgo a los 70 días después de la siembra bajo dos sistemas de surco.**



Como se puede observar en el gráfico N° 3, podemos ver que el tratamiento N° 2 V1 Sc es el que alcanzando un mayor desarrollo en cuanto al largo de la hoja con 63,3cm, seguido el tratamiento V1 Ss con un con un largo de 59,5cm, mientras que el tratamiento V2 Sc alcanzo un largo de 53,8cm y el tratamiento V2 Ss alcanzo un largo de 48,4cm.

### 3.2.4. Análisis de Resultados Rendimiento en t/ha en verde

Se evaluó el rendimiento al momento de la cosecha en verde de cada una de las parcelas en estudio.

**CUADRO N° 22 Rendimiento en t/ha en verde**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			$\Sigma$	X
	I	II	III		
V1Ss	39,4	30,6	30,0	100,0	33,3
V1Sc	30,0	30,6	29,4	90,0	30,0
V1Ss	22,0	24,0	15,4	61,4	20,5
V1Sc	23,4	27,4	28,6	79,4	26,5
$\Sigma$	114,8	112,6	103,4	330,8	27,6

Como podemos ver en el cuadro N° 22 observamos que el tratamiento N° 1 V1 Ss variedad Jumbo con sistema de labranza surco simple fue el que obtuvo el mejor rendimiento con 33,3 t/ha de materia verde, posteriormente se encuentra el tratamiento N° 2 V1 Sc con un rendimiento de 30t/ha, luego le sigue el tratamiento N° 4 V2 Sc con un rendimiento de 26,5 t /h y por último se encuentra el tratamiento N° 3 V2 Ss con un rendimiento de 20,5 t/ha.

**CUADRO N° 23. Análisis de Varianza del Rendimiento en t/ha en verde**

Factor de Variación	GL	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
<b>Total</b>	11	383,82	---	---	---	---
<b>Tratamientos</b>	3	272,39	90,79	5,82 *	4,76	9,78
<b>Bloques</b>	2	18,29	9,14	0,59 NS	5,14	10,9
<b>Error</b>	6	93,15	15,53	---	---	---
<b>Factor A</b>	1	47929,29	47929,29	3087,12 **	5,99	13,7
<b>Factor B</b>	1	48314,57	48314,57	3111,94**	5,99	13,7
<b>Inter. FA/FB</b>	1	96516,25	96516,25	6216,61**	5,99	13,7

**Coefficiente de Variación: 18,4%**

\*= significativo

\*\* = altamente significativo

n.s. = no significativo

Como se puede observar en el cuadro N° 23, vemos que existe diferencia significativa al 5% en los tratamientos, por lo que recurrimos a hacer una prueba de comparación de medias en este caso utilizamos la prueba de Tukey.

También vemos que no existe diferencia significativa tanto al 5% como al 1% en cuanto a los bloques.

En cuanto al factor variedad también existe diferencia altamente significativa tanto al 5% como al 1%, y de igual manera existe diferencia altamente significativa en el factor surco y en la interacción de factores variedad, surco.

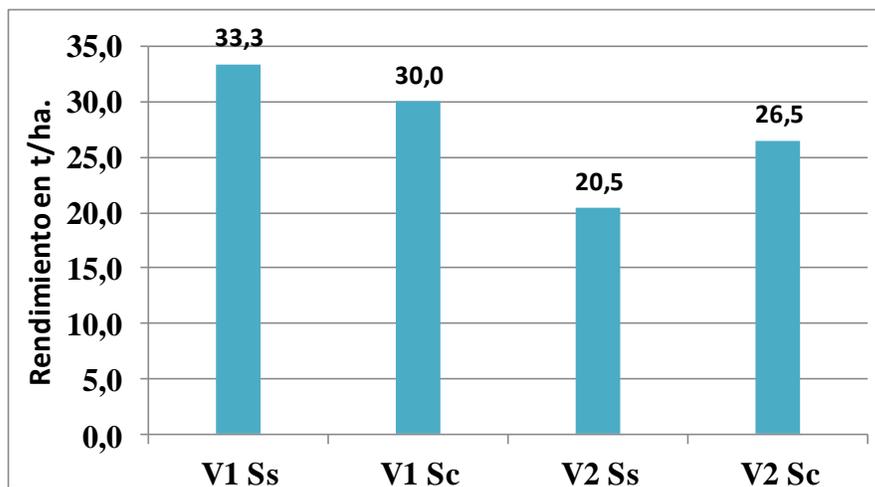
**CUADRO N° 24. Prueba de comparación de medias de Tukey del Rendimiento en t/ha**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Letras</b>
<b>V1 Ss</b>	33,3	a
<b>V1 Sc</b>	30,0	ab
<b>V2 Sc</b>	26,5	ab
<b>V2 Ss</b>	20,5	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

<b>Variedad</b>	<b>Media</b>	<b>Letra</b>
<b>Jumbo</b>	31,65	a
<b>Fox Hibrido</b>	23,30	b

Luego de haber realizado la prueba de Tukey observamos en el cuadro N° 26, que en tratamiento V1Ss no tiene diferencia significativa con los tratamientos V1Sc, V2Sc es decir que utilizando cualquiera de ellos los rendimientos no tendrán diferencias, pero si el tratamiento V1Ss tiene diferencia con el tratamiento V2Ss.

**GRÁFICO N° 4. Rendimiento en t/ha en verde**

De acuerdo al gráfico N° 4 podemos ver claramente que el mejor tratamiento en cuanto el rendimiento en t/ha es el tratamiento N° 1 V1Ss que corresponde a la variedad Jumbo con surco simple el cual obtuvo un rendimiento de 33,3 t/ha, después se encuentra el tratamiento N° 2 V1Sc variedad Jumbo con surco contreo con un promedio de 30 t/ha, posteriormente está el tratamiento N° 4 V2Sc variedad Fox Híbrido con surco contreo con un rendimiento de 26,5 t/ha y por último se encuentra el tratamiento N°3 variedad Fox Híbrido con surco simple con un rendimiento de 20,5 t/ha.

En evaluaciones experimentales realizadas por Guerrero 2015, indica que los rendimientos de forraje verde obtenidos con densidades de 200000 a 375000 plantas/ha variaron de 35 a 60 t/ha de forraje verde, pero hay que tomar en cuenta que este autor utilizó únicamente variedades de porte alto para su trabajo de investigación y nosotros en este caso utilizamos variedades de porte alto y bajo, por eso se ve los valores cercanos que existen en cuanto a los rendimientos de las variedades de porte alto y no así en la de porte bajo.

### 3.2.5. Rendimiento de la materia seca en t/ha del cultivo de dos variedades de sorgo bajo dos sistemas de surcos.

Para determinar el rendimiento de las unidades experimentales, se cosecharon las dos hileras del centro de las unidades experimentales, con la finalidad de evitar los efectos de los bordes en las unidades. De las mediciones se obtuvieron los siguientes datos de campo.

**CUADRO N° 25 Rendimiento de la materia seca en t/ha**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			$\Sigma$	X
	I	II	III		
VISs	18,2	14,2	13,9	46,3	15,4
V1Sc	13,9	14,2	13,6	41,7	13,9
V2Ss	4,8	5,3	3,4	13,5	4,5
V2Sc	5,1	6,0	6,3	17,4	5,8
$\Sigma$	42,0	39,7	37,2	118,9	9,9

**Cuadro N° 26. Análisis de Varianza del Rendimiento de la materia seca en t/ha**

Factor de Variación	GL	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
<b>Total</b>	11	292,19	---	---	---	---
<b>Tratamientos</b>	3	277,76	92,59	48,12 **	4,76	9,78
<b>Bloques</b>	2	2,88	1,44	0,74 NS	5,14	10,9
<b>Error</b>	6	11,55	1,92	---	---	---
<b>Factor A</b>	1	55870,24	55870,24	29036,07 **	5,99	13,7
<b>Factor B</b>	1	56255,52	56255,52	29236,31**	5,99	13,7
<b>Inter. FA/FB</b>	1	112403,53	112403,53	58416,73**	5,99	13,7

Como podemos ver existe diferencia altamente significativa tanto al 5 % como al 1% en los tratamientos, por lo cual se recurre a hacer una prueba de comparación de medias en este caso usamos la prueba de Tukey.

En los bloques no existen diferencias significativas, pero si en el factor variedad, en el factor surco y en la interacción de factores variedad, surco existen diferencias altamente significativas ya que la  $F_c$  es mayor que la  $F_t$ .

**CUADRO N° 27. Prueba de comparación de medias de Tukey del Rendimiento de la materia seca en t/ha**

Tratamientos	Medias	Letras
V1 Ss	15,4	a
V1 Sc	13,9	a
V2 Sc	5,8	b
V2 Ss	4,5	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Variedad	Media	Letra
Jumbo	14,55	a
Fox Híbrido	5,15	b

Luego de haber realizado la prueba de Tukey podemos observar que el tratamiento N°1 V1 Ss variedad Jumbo con sistema de labranza surco simple obtuvo el mejor rendimiento de materia seca en t/ha con 15,4 t/ha, seguidamente se encuentra en tratamiento N°2 V1Sc variedad Jumbo con sistema de labranza con surco contreo con un rendimiento de 13,9 t/ha, posteriormente se encuentra el tratamiento N° 4 V2 Sc

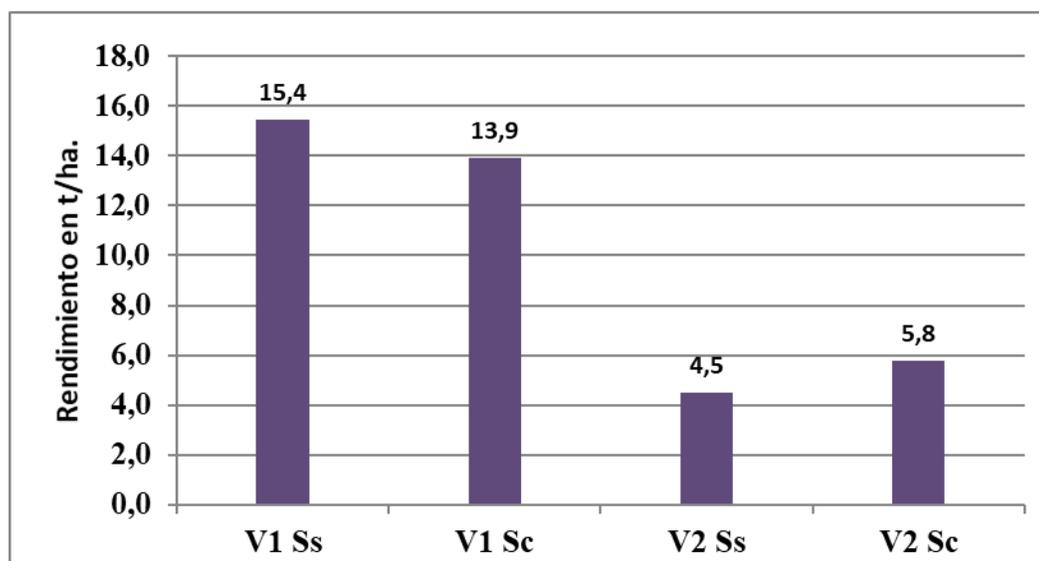
variedad Fox Híbrido con sistema de labranza surco contreo con un rendimiento de 5,8 t/ha, y por último con un menor rendimiento de materia seca tenemos al tratamiento N° 3 V2 Ss variedad Fox Híbrido con sistema de labranza surco simple con un rendimiento de 4,5 t/ha.

También podemos ver que la variedad Jumbo obtuvo un rendimiento superior en comparación a la variedad Fox Híbrido con un rendimiento de 14,55 t/ha y la variedad Fox Híbrido con 5,15 t/ha en la cual se ve claramente la diferencia que existe entre estas dos variedades en estudio.

En un trabajo de investigación realizados por Ruíz, 2009 en IDIAP, donde evaluó 15 cultivares de sorgo forrajero, obtuvo un rendimiento promedio de 11,5 t MS/ha. Y Herrera 2005, registro rendimientos de 13,0, 12,9 y 9,4 t MS/ha respectivamente, registrándose un promedio de 11,8 t MS/ha.

En el presente trabajo de investigación con la Variedad Jumbo obtuvimos rendimientos de 14,55 t MS/ha que son superiores a los obtenidos por los autores mencionados anteriormente.

**GRÁFICO N° 5. Rendimiento de la materia seca en t/ha**



En cuanto al rendimiento de materia seca en t/ha el tratamiento N°1 fue el que obtuvo mejores resultados en cuanto a esta variable, seguido del tratamiento N° 2 con un rendimiento de 13,9 t/ha de materia seca, posteriormente tenemos al tratamiento N° 4 con 5,8 t/ha y por último está el tratamiento N° 3 con un rendimiento de 4,5 t/ha de materia seca.

Según Zapata 2011, la selección de la variedad es importante en relación a características de rendimiento que generalmente en forraje seco oscila entre 12 y 23 t/ha.

### **3.3. Evaluación las propiedades nutritivas de dos variedades de cultivo de sorgo bajo dos sistemas de labranza en la comunidad de Carachimayo.**

Para evaluar el valor nutricional de dos variedades del cultivo de sorgo se analizaron los siguientes parámetros: % de materia seca, % de humedad, % de proteína y %sacarosa (grados brix).

#### **CUADRO N° 28 Resultados del análisis del valor nutricional de dos variedades del cultivo de sorgo en la comunidad de Carachimayo.**

VARIEDAD	% Materia Seca		% Humedad		° Brix		% Proteína	
	Materia verde	Inflorescencia	Materia verde	Inflorescencia	Ss	Sc	Ss	Sc
<b>Fox Híbrido</b>	22,04	30,91	77,96	69,09	10,6	10,1	7,27	5,05
<b>Jumbo</b>	46,34	29,73	53,66	70,27	12,6	8,2	6,27	6,29

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis del laboratorio se pudo determinar el % de materia seca en la variedad 1 (Jumbo) es de 46,34 M.S para el tallo, hoja y 29,73 para inflorescencia y para la variedad 2 (fox híbrido) de 22.04 M.S para el tallo, hoja y 30,91 para inflorescencia.

Como se puede observar en el cuadro N° 28 en los resultados obtenidos de laboratorio se pudo determinar el % de humedad en la variedad 1(Jumbo) es de 53,66 de humedad para el tallo, la hoja y 70,27 para inflorescencia y para la variedad 2 (Fox Híbrido) es de 77,96 de humedad para el tallo, hoja y 69,09 para inflorescencia.

De acuerdo a los resultados obtenidos de laboratorio se pudo determinar la sacarosa (grados brix) en la variedad 1 (Jumbo) en los sistemas de labranza en los surcos simples es de 12,6 °brix y el surco de contreo es de 8,2 °brix de sacarosa y para la variedad 2 (Fox Híbrido) en los sistemas de labranza en los surcos simples es de 10,6 °brix y en los surcos de contreo es de 10,1 °brix de sacarosa.

Según Pfeiffer 2010, el Sorgo con °brix arriba de 8% de azúcares en el jugo del tallo se define generalmente como el sorgo dulce. En su trabajo de líneas e híbridos de sorgo forrajero registró un rango de 11 a 15°Brix.

De acuerdo a los resultados de obtenidos de laboratorio se pudo determinar la proteína en la variedad 1 (Jumbo) en los sistemas de labranza en los sucos simple es de 6,27 de % de proteína y en el surco de contreo es de 6,29 de % de proteína en la variedad 2 (Fox Híbrido) en los sistemas de labranza en los surcos simples es de 7,27 % de proteína y en los sucos de contreo es de 5,05 % de proteína.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de laboratorio se analizaron los parámetros físicos y químicos que consideramos más influyentes para el desarrollo del cultivo de dos variedades de sorgo (*sorghum vulgare*) en la Comunidad de Carachimayo del Municipio de San Lorenzo de la Provincia Méndez del Departamento de Tarija donde se encuentra geo-referenciada la parcela experimental. Con relación a los parámetros físicos del suelo analizados llegamos a la conclusión que el suelo presenta una textura Franca Arcillosa Limosa, con una densidad aparente que afecta el crecimiento de las raíces, con una capacidad de intercambio de cationes medio y una alta presencia de bases alcalinotérreas, con una baja presencia de cationes ácidos. Respeto a los parámetros químicos del suelo podemos concluir que presenta un pH medianamente básico, con un porcentaje de M.O. muy bajo, característica de un suelo muy mineralizado, con un contenido de nitrógeno total ligeramente bajo, con un contenido de fósforo muy alto y una cantidad de potasio muy bajo.
- El mejor tratamiento en cuanto a la altura de la planta a los 70 días después de la siembra fue el tratamiento N° 1 V1Ss variedad Jumbo con sistema de labranza surco simple, que obtuvo una media de 220,0 cm al desarrollo de la planta.
- En relación al ancho de la hoja no existe diferencia significativa entre los tratamientos y tampoco entre los bloques, pero si hay diferencia significativa entre las variedades siendo la mejor la variedad Fox Híbrido.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la variable de largo de la hoja el tratamiento N° 2 V1Sc variedad Jumbo con sistema de labranza surco contreo, fue el que obtuvo el mejor resultado con un promedio de 63,30 cm de

largo, seguido se encuentra el tratamiento N° 1 V1Ss variedad Jumbo con surco simple con un largo de la hoja de 59,33 cm. Y también determinamos que existen diferencias entre las variedades ya que la variedad Jumbo tiene un largo de hoja de 61,42 mientras que la variedad Fox híbrido obtuvo un largo de hoja de 51,09.

- Con respecto a la variable de rendimiento en t/ha de materia verde el mejor tratamiento fue el N° 1 V1Ss variedad Jumbo con sistema de labranza surco simple que obtuvo un rendimiento de 33,3 t/ha de materia verde, seguido del tratamiento N° 2 V1Sc variedad Jumbo con surco contreo con 30 t/ha, mientras que en los factor variedad la variedad Jumbo fue la que presento el mejor rendimiento con 31,65 y en el factor surco el que dio un mayor rendimiento fue el surco contreo con 31,65 t/ha en comparación con el surco simple que solo presentó un rendimientos de 26,8 t/ha.
- En el estudio de la variable rendimiento en t/ha de materia seca el tratamiento N° 1 fue el que obtuvo los mejores resultados con un rendimiento de 15,4 t/ha de materia seca, seguido del tratamiento N° 2 con un rendimiento de 13,98 t/ha, en cuanto a los rendimientos en el factor surco y el factor variedad se determinó que el mejor tipo de surco fue el surco simple con rendimientos de 9,95 t/ha, mientras que el factor variedad la variedad Jumbo fue la que dio un mayor rendimiento con 14,55 t/ha de materia seca.
- En cuanto a la determinación de los valores nutricionales determinamos que el tratamiento N°3 Variedad Fox Híbrido con sistema de labranza surco simple obtuvo un mayor % de contenido de proteínas con 7,27%, y en cuanto al contenido de los °Brix el tratamiento N° 1 variedad Jumbo con sistema de labranza surco simple obtuvo los mejores resultados con 12,6 ° Brix.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Para obtener rendimiento que se asemejan a los estándares de producción de cultivo de sorgo se recomienda sembrar en suelos Francos Arcillosos Limosos, con densidad aparente menores a 1.4 gr/cc y con alto contenido de M.O.
- Se recomienda trabajar con la variedad de sorgo Jumbo debido a que es la que se adaptó mejor a la zona, ya que con ella se obtuvieron los rendimientos más altos en cuanto a la producción de materia verde con 33,3 tn/ha y de igual manera en el rendimiento en tn/ha de materia seca con 15,4 tn/ha.
- Utilizar el sistema de labranza de surco simple puesto que con él se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a la producción de materia verde que es lo que se busca para la alimentación de los animales, debido a que es una de las principales actividades desarrolladas en la zona.
- Se recomienda trabajar con en tratamiento N°1 Variedad Jumbo con sistema de labranza surco simple, ya que es el que más sobresalió en el presente trabajo de investigación obteniendo los mejores resultados en las variables de altura de la planta, ° Brix, rendimiento de materia verde y rendimiento de materia seca.