

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es una de las especies de plantas terrestres más eficientes, con alta producción de hojas y de tallos (caña integral) que en su madurez tiene la mitad de su biomasa en forma de fibra y azúcares. Potencialmente la caña puede producir alrededor de 45 t de masa seca año/ha-1, al considerar la parte aérea puede producir 22 t azúcar año/ha-1. (Moore y Maretzki 1996).

Los suelos cultivados con caña de azúcar, en México, han sido sostenido a manejo intensivo para sostener la producción, el uso excesivo de fertilizantes y la mecanización son utilizados para aumentar la fertilidad de los suelos lo que por consecuencia incide en la reducción de la materia orgánica del suelo, incremento de la erosión, reducción de la fertilidad y la disminución de la densidad de poblaciones microbianas benéficas para el cultivo (Ruiz, 1999).

Los diferentes sistemas de manejo agrícola en el cultivo han afectado de una u otra forma la actividad microbiológica del suelo. El paso de equipos por la plantación provoca problemas de compactación lo cual repercute negativamente sobre la población de microorganismo al afectar fuertemente el intercambio gaseoso, la aplicación constante de agroquímicos ejerce un efecto determinante sobre la actividad biológica del suelo, de allí que los procesos de mineralización de la materia orgánica, solubilización de elementos adherido en los coloides del suelo y la transformación de los compuestos de forma no asimilable por la plantas (oxidación-reducción), que se llevan a cabo con la presencia de microorganismos que actúan en cada proceso, se ven afectados (Domínguez *et al.*, 2010).

Actualmente se da gran importancia al uso de alternativas que se permitan recuperar los suelos en los aspectos antes mencionados, de la forma que se logre una producción

óptima sin deterioro importante del medio, dentro de estas alternativas encuentra el uso de compostas o de abonos orgánicos, biofertilizantes, abonos verdes y coberturas. Su aplicación ha permitido incrementar el contenido de la materia orgánica del suelo, mejora su estructura, aumentar la actividad biológica, mejorar la fertilidad del suelo, favorecer el desarrollo radical y la biomasa de los cultivos y reducir el efecto de plagas y fitopatógenos sobre la sanidad de los cultivos, lo que puede llegar a incrementar los rendimientos en términos altamente rentables (Pérez, *et al.*, 2011).

El abonado verde es cada día más importante para el incremento y conservación de la fertilidad de los suelos, sobre todo en las condiciones del trópico, donde las altas temperaturas y abundantes lluvias causan su rápida degradación (García, 1996 y García *et al.*, 2002).

En los últimos años se ha ampliado la definición de abonos verdes/cultivos de cobertura (AV/CC), que se cultivan no sólo para ser incorporados, sino que además se siembran para promover la cobertura del suelo y protegerlo de la erosión y el impacto de la lluvia, controlar el crecimiento de malezas y utilizarlo como alimento animal y humano (Wortmann *et al.*, 2000).

1.1 Justificación.

Una de las actividades en el municipio de Bermejo es la producción de caña de azúcar, siendo una de las fuentes de ingreso económico para la región, sin embargo hoy en día los rendimientos de la producción son bajos, provocando pérdidas económicas al productor y a la región, a causa de los bajos niveles de nutrientes presentes en los suelos, que conllevan a presentarse problemas sanitarios.

Otro de los problemas es el control inoportuno de las malezas, el poco o casi nulo control de insectos, enfermedades y la falta de agua, ya que en la zona el cultivo de la caña de azúcar está en función de las precipitaciones. Al igual que el constante deterioro de los suelos en la región es un problema que influye directamente en los rendimientos de los cultivos de la caña de azúcar.

Dentro de las alternativas existentes para tratar de resolver esta problemática se encuentra el uso de leguminosas como abonos verdes, de los cuales existe variada y útil información sobre los beneficios que pueden ofrecer en la recuperación de suelos.

Dentro de los beneficios que se obtienen con el uso de abonos verdes están los siguientes: a) pueden proveer apreciables cantidades de nitrógeno al suelo, b) agregan materia orgánica al suelo mejorando así la capacidad de proveer sustrato fértil y c) favorecen la protección del suelo de agentes erosivos.

Tomando en cuenta lo anterior, con el presente trabajo se dará a conocer el comportamiento de las diferentes especies leguminosas, utilizadas como abonos verdes, generando valiosa información para el manejo sostenido de los suelos agrícolas de la región de Bermejo.

1.2.- El problema.

El cultivo de la caña de azúcar se caracteriza por extraer gran cantidad de nutrimento del suelo en cada ciclo del cultivo, empobreciendo año tras años a los suelos cultivados con caña. Diversos estudios han demostrado que el uso de sustratos orgánicos mejora la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos. Es por ello, que la fertilización tanto en cantidad como calidad, se hace cada vez más necesaria en cada ciclo, así mantener el recurso del suelo con un nivel de fertilidad aceptable.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

“Evaluación del comportamiento del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con la incorporación de tres tipos abonos verdes en el municipio de Bermejo”

1.3.2 Objetivos específicos.

Evaluar el estado nutricional existente en el suelo antes de la incorporación y después de la incorporación de abono verde (Arveja, Haba, Mucuna) para determinar el aporte de nitrógeno, fosforo, potasio por parte de las especies a estudiar, dentro del sistema de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Determinar el aporte de materia orgánica de las tres especies Arveja (*Pisum sativum L*), Haba (*Vicia faba*), Mucuna (*Mucuna pruriens*) de abono verde sobre las características químicas de los suelos bajo estudio.

Evaluar la incorporación de los tres tipos de abono verde (Arveja, Haba, Mucuna), sobre el rendimiento de azúcar, mediante un Brixometro de campo.

Determinar cuál de las especies se adapta mejor como abono verdes para el cultivo da la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO.

2.1. Origen de la caña de azúcar.

La caña de azúcar es originaria de Nueva Guinea, de donde se distribuyó a toda Asia. Los árabes la trasladaron a Siria, Palestina, Arabia y Egipto, donde se extendió por África. Colón la llevó a las islas del Caribe y de ahí pasó a América tropical. A México llegó con la conquista instalándose las primeras industrias azucareras en las partes calidas del país como parte de la colonización (Subiros, 2000; Romero, *et. al.*, 2009).

2.2 Producción y rendimiento.

Según Quiroga et al. (1999), menciona que en Bolivia el cultivo de la caña de azúcar se encuentra distribuida en dos departamentos, siendo el departamento de Santa Cruz el de mayor producción por la gran extensión de superficie cultivada, mientras que en el departamento de Tarija, más propiamente en la localidad de Bermejo, la superficie cultivable es menor y los rendimientos son mejores por el alto contenido de sacarosa que tiene la caña de azúcar.

El mismo, indica como antecedente que en el año 1964 Bermejo se incorpora como área agroindustrial iniciando su producción efectiva en el año 1968, con una zafra de prueba que arrojó un total de 68 421 qq. de azúcar con una molienda de 38 033 Tn de caña de azúcar, y con un rendimiento Cultural de 75.02 Tn /ha.

En nuestro departamento se cultiva la caña de azúcar en la región de Bermejo, de clima sub-tropical, en una superficie de aproximadamente 12.296 has. El cultivo es a secano,

y no ha sido objeto de grandes mejoras técnicas en su manejo por parte de los productores, lo que ha ocasionado que la productividad de los cañaverales disminuya en casi 50 % respecto a sus primeros años de producción comercial (Informe de IAB – SAM, 1998).

2.2 Clasificación taxonómica.

La caña de azúcar fue clasificada por Lineo en 1753, como *saccharum officinarum* y posteriormente sufrió numerosos intentos de sistematización por diversos autores, tales como: Roxburgh 1932; Hakerel 1887; Hooker 1897. Con el transcurso del tiempo y en la misma medida en el que se producía los adelantos científicos, nuevos intentos en la sistematización de la caña de azúcar se produjeron, entre ellos los estudios de Jeswiet (1919, 1925 y 1927). Estos últimos estudios son en la actualidad los recomendados como válidos para la mayoría de los autores (Daniels y Roach, 1987). Por tanto la clasificación taxonómica es la siguiente:

Sub-división:	Angiospermas
Clase:	Monocotiledóneas.
Orden:	Glumiflorales.
Familia:	Gramíneas (Poaceas).
Sub-familia:	Panicoideas.
Tribu:	Andropogonaceas.
Grupo de sub-tribu:	Saccharinae.
Sub-tribu:	Saccharastrae.
Género:	Saccharum.
Especies cultivadas:	officinarum, sinensis, barberi y edule.

Especies silvestres: robustum y spontaneum.

2.3. Botánica de la caña de azúcar.

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico (Alexander, 1985).

2.4. Descripción botánica.

2.4.1 Raíz.

La función principal del sistema radical es la absorción de agua y sales minerales, para proporcionar anclaje y para almacenar materiales de reserva (Subiros, 1995).

En la caña de azúcar se puede distinguir dos tipos de raíces bien diferenciadas: la primera, que se denomina raíces; y los tallos (o caña semilla), que se originan en los primordios radiculares, que se encuentran en la banda radical del tallo, son delgados y presentan características típicas de las raíces fibrosas de las gramíneas. En cambio, las raíces del “Brote” son gruesas y blanquecinas y de menor abundancia que la anterior. A medida que el “Brote” va creciendo, aquellas raíces se van haciendo más delgadas (Fogliata, 1995).

También reitera lo siguiente a continuación: la vida de la “raíces de absorción” está ligada a la duración del tallo, y por ello, el sistema radicular tiene un continuo envejecimiento que es necesario cuidar con las prácticas culturales para evitar dañar al mismo. Es distinto lo que ocurre con las raíces de sostén, cuya duración es más prolongada, pues viven tanto como las sepas y están situadas a mayor profundidad que las raíces de absorción. El momento crítico para el cuidado de estas raíces es durante la brotación y macollaje. Allí las labores mecánicas en la tronchas no deben ser profundas, pues dañarían ese tipo de raíces, con lo cual se afectaría la absorción de agua y de nutrientes en un momento crucial para el desarrollo del cultivo.

Humbert (1968), indica que un aspecto a tomar en cuenta es la aparición de raíces "aéreas" que salen de la banda radicular de un tallo, pues este fenómeno está asociado a jugos de baja calidad por disminución de pureza. En Tucumán ocurre a partir de septiembre, en tallos que tienen problemas con brotes-guía.

2.4.2 Tallo.

Es el órgano de mayor importancia (desde el punto de vista económico), debido a que en él se almacenan los carbohidratos producto de la fotosíntesis de la planta. Posteriormente, por medio del proceso industrial se obtiene la sacarosa y otros derivados como la maleza, bagazo y cachaza (Martín, 1961).

La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos (Motta, 1994). El largo de los entrenudos puede variar según las variedades y desarrollo de la planta, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas.

Artschwager y Brandes (1958) señalan que el tallo se forma en el momento de germinar las yemas. Entonces se produce un primer eje (tallo primario) con sus respectivos brotes nudos y entrenudos. Del tallo primario, a su vez, germinan yemas que producen nuevos brotes denominados tallos secundarios; de estos brotan yemas y se originan los tallos terciarios, y así sucesivamente, hasta construir una aglomeración, proceso que se denomina macollamiento.

Moore (1987), menciona que el color de los tallos depende de la variedad. Generalmente es verde: sin embargo, puede apreciarse otras coloraciones: amarillas, rojizas, moradas o combinaciones a causa de la presencia de pigmentos como las xantofilas, antocianinas, corotenos y clorofilas. Con la edad, por el efecto de los rayos solares, pueden producirse cambios en la coloración del tallo en una misma variedad. La coloración interna es posible que cambie a verde, blanco, gris o rojo.

2.4.3 Yema.

Se encuentra en la banda radical. En la yema se distinguen el profilo, que es la primera hoja, el poro germinativo, por donde emergerá el tallo en el momento de germinar la yema: el ala, la zona central, punto de separación entre el ala y la zona central y el apéndice. Existen formas muy variadas de yemas, con mayor o menor cantidad de pelos epidérmicos (pubescencias) sus características dependen de la variedad y son de gran utilidad taxonómica (Artschwager y Brandes, 1958).

La yema se encuentra ubicada en cada uno de los nudos, sin embargo Dillewijn (1952), indica que se dan casos de yemas dobles en algunos nudos; también se tiene las yemas adventicias, estas mismas yemas se originan en cualquier parte del canuto. Desde el punto de vista morfológico podemos indicar que la yema es un brote en estado embrionario que consiste en dar origen a un nuevo y primer tallo.

2.4.4 Nudo.

Es la porción dura y más fibrosa del tallo de la caña que separa dos entrenudos vecinos. El nudo está formado por el anillo de crecimiento, la banda de raíces, la cicatriz foliar, el nudo propiamente dicho, la yema y el anillo ceroso, en la que el anillo de crecimiento posee una coloración diferente, generalmente más clara y que a partir de él se origina el entrenudo para formar el tallo (Sam, 1991).

2.4.5 Entrenudo.

Es la porción del tallo localizado entre dos nudos. En la parte apical del tallo, los entrenudos miden unos pocos milímetros y en ellos ocurre la división celular que, a su vez, determina la elongación y la longitud final; el diámetro, color, forma y longitud de los entrenudos cambia dependiendo la variedad. El color es regulado por factores genéticos, cuya expresión y penetración pueden ser influidas por las condiciones ambientales, en especial, por la exposición directa a la luz (Chen, 1980).

2.4.6 Hoja.

La hoja es un órgano especializado cuya principal función es la de llevar a cabo la fotosíntesis, que es el proceso mediante el cual los cloroplastos convierten la energía lumínica en energía química. También las hojas cumplen un papel importante en el proceso de la respiración celular, en la transpiración y en el intercambio gaseoso. El proceso inverso, conocido como respiración, es el gasto de la energía almacenada, que la planta utiliza para llevar a cabo diferentes procesos metabólicos (Subiros, 1995).

Dillewijn (1952), la vaina que envuelven al tallo es una sola unidad que puede contener abundantes pelos o “janas” en su parte externas. En cambio la lámina foliar consta de dos partes perfectamente visibles como la nervadura central (de color blanca en la parte superior) que corre a todo lo largo del entre nudo o canuto. También presenta en la parte externa de la vaina distintas tonalidades, predominando el verde.

2.4.7 Inflorescencia.

La inflorescencia es una panícula de forma y tamaño variables, características de cada cultivar o variedad usado, las flores son hermafroditas completas. La manipulación sexual o por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento, para la obtención de híbridos más productivos, resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adaptables a una región específica (Océano, 2000).

La aparición de la inflorescencia es la culminación de del ciclo vegetativo completo de la caña de azúcar para dar lugar a la fase reproductiva. Ello ocurre cuando el meristema apical del tallo, obedeciendo a determinadas condiciones de foto periodo, temperatura humedad y altura del tallo, cambia de la fase de crecimiento a la de reproducción. El crecimiento cesa y aparece el primordio floral (Fogliata, 1995).

2.5. Requerimientos edáficos.

2.5.1 Suelo.

Este cultivo se desempeña bien en suelos sueltos, profundos y fértiles. Si se cuenta con riego podremos lograr mejores rendimientos que en suelos sin regar. Puede producirse también en suelos marginales como los arenosos y suelos arcillosos con un buen drenaje. No se recomienda para suelos franco-limosos y limosos. Se adapta bien a los suelos con pH que va desde 4 a 8.3 (Chaves, 2002).

Thompson (1957), menciona que la caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos, pero los más adecuados para este cultivo son los de textura franca o franco-arcillosos, bien drenados, profundos y aireados, ricos en materia orgánica, en topografía plana y semiplana y con pH entre 5.5 y 7.5.

2.6. Requerimientos climáticos.

2.6.1 Temperaturas.

Esta especie es típica de los climas tropicales y puede producirse hasta los 35 grados latitud norte y sur, se desempeña mejor en altitudes que van desde 0 a 1,000 metros sobre el nivel del mar, aunque los rendimientos obtenibles hasta 1500 metros son económicamente aceptables. Se desempeña bien con una temperatura media de 24 °C, además de una precipitación anual de 1500 mm bien distribuidos durante su ciclo de crecimiento. Cuando las temperaturas de la noche y del día son uniformes, la caña no cesa de crecer y en sus tejidos siempre habrá un alto porcentaje de azúcares reductores. Las variaciones de temperatura superiores a 8° C son muy importantes en la fase de maduración, porque ayudan a formar y a retener la sacarosa. A mayor radiación solar, habrá mayor actividad fotosintética y mayor translocación de los carbohidratos de las hojas al tallo, produciendo tonelajes más altos de azúcar en la fábrica (Sánchez, 1982; Buenaventura, 1990; citados por Peña, 1997).

2.6.2 Precipitación.

La precipitación adecuada para este cultivo es de 1.500 mm bien distribuida durante el período de crecimiento (nueve meses). La caña necesita la mayor disponibilidad de agua en la etapa de crecimiento y desarrollo, durante el período de maduración esta

cantidad debe reducirse, para restringir el crecimiento y lograr la acumulación de sacarosa (DGIEA, 1991).

Fogliata (1965), menciona que las lluvias en el trimestre más cálido (diciembre, enero y febrero) pues considerando los distintos extremos, las lluvias varían desde 350 mm, en el distrito Loma Verde hasta 700 mm, en el distrito de Santa Lucía. Se da especial énfasis a las lluvias estivales, porque ellas son determinantes para la producción cañera.

2.7. Requerimientos nutricionales.

Cuadro 6. Extracción de macronutrientes del suelo que realiza el cultivo para su producción.

Macronutrientes	Kg/ha/año
Nitrógeno	130 – 200
Fosforo	80 – 100
Potasio	300 – 350
Calcio	55 – 60
Magnesio	35 – 45
Silicio	200 – 300

Fuente: Romero *et- al* 2012.

Las necesidades nutricionales de cualquier cañaveral están determinadas por la cantidad total de nutrientes que necesita extraer del suelo durante su crecimiento y desarrollo para lograr una elevada producción. La caña de azúcar posee altos requerimientos nutricionales debido a su elevada capacidad de producción de biomasa (tallos molibles, follaje, cepa y raíces), que puede significar entre 20 y 35 t ha⁻¹ de materia seca, y en peso fresco, un valor cercano o mayor a las 100 t/ha. Tal nivel productivo, asociado a la

prolongada duración de su ciclo, implica una elevada extracción de nutrientes del suelo, que puede alcanzar niveles de 800-1500 kg por hectárea y por año. Los nutrientes que más extrae son potasio y silicio, luego en orden decreciente, nitrógeno, fósforo y los restantes macro y micronutrientes (Romero *et-al*, 2012).

2.8 Fertilización.

2.8.1 Fertilización Química.

DGIEA (1991), menciona que el abonamiento con nitrógeno y potasio debe realizarse dos o tres meses después de la germinación de la caña, en forma fraccionada, especialmente en zonas de alta precipitación. La aplicación de potasio en la caña es muy importante, ya que los requerimientos del cultivo por este nutrimento son mayores que los de los otros elementos. Se recomienda entre 80 y 200 kg. K₂O/ha. Sin embargo, la cantidad a adicionar dependerá de la concentración de potasio existente en el suelo. Generalmente, este nutrimento se aplica junto con el nitrógeno cuando se utilizan las fórmulas completas.

2.8.2 Fertilización Orgánica.

La fertilización orgánica debe estar orientada a proveer al cultivo de los elementos esenciales para su desarrollo, siendo la materia orgánica un factor detonante en la búsqueda de altas productividades. Los requerimientos de la caña de azúcar en este sentido pueden ser atendidos con los siguientes materiales y dosis:

- Estiércol vacuno bien descompuesto; a razón de 15.000 Kg. Por hectáreas aplicando al fondo del surco.
- Torta de filtro; 30.000 Kg. por hectáreas aplicando al fondo del surco.

- Estiércol de pollo; 5.000 Kg. por hectáreas al fondo del surco.

No se debe usar estiércoles provenientes de aves ponedoras criadas en jaulas, debido a normativas precisas de los organismos de certificación internacional.

Importante: Para los tres insumos mencionados se deberá prestar atención especial al contenido de humedad de los mismos, siendo lo ideal trabajarlo lo más seco posible. Insumos con alto contenido de humedad crean serias dificultades en la dosificación y distribución de los mismos (Jorge y Georg 2008).

2.8.3. Uso de abonos verdes.

Abonos verdes en cultivos de caña existentes: En una plantación vieja se siembran leguminosas de cobertura rápida inmediatamente después de la zafra. Este cultivo formará, junto con los rebrotes de la caña quebrada una masa verde compacta que después de tres meses se introducirá cuidadosamente en el suelo antes de que éste sea preparado para la nueva siembra de caña. Para las parcelas que tengan intensivo crecimiento de malezas se recomienda repetir este empleo de abono verde, pero con otra leguminosa de crecimiento rápido. Caso de que no estén disponibles las herramientas y aparatos necesarios para la siembra directa, se recomienda quebrar la caña vieja y aplicar abono verde una o dos veces después (Augstburger, et al., 2000).

Los abonos verdes constituyen una opción para reducir el uso de N en el cultivo de la caña de azúcar y es una práctica que ayuda a mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo. Introducir un cultivo como las leguminosas en el sistema convencional de caña trae, además, una serie de beneficios directos e indirectos al romper el monocultivo de la caña de azúcar (Wiseman, 2005).

La siembra de *Crotalaria juncea* y *Canavalia ensiformis* como abonos verdes, en rotación, en semilleros de caña y en renovación de plantaciones permite un potencial

ahorro hasta del 100 por ciento de la fertilización nitrogenada, con incrementos esperados en la producción. En Australia se reportan incrementos de tonelaje de 20 y 30 por ciento con la rotación de soya y maní, en renovación de cañaverales (Garside et al., 2001).

Según Jorge y Georg (2008) el uso de abonos verdes en asociación con la caña de azúcar es una práctica que obligatoriamente debe adoptar el productor orgánico debido a las múltiples ventajas que ofrece esta tecnología y por su facilidad de implementación.

Los abonos verdes pueden asociarse con la caña de azúcar tanto en el verano como en invierno, proponiéndose las siguientes opciones:

- 1.- Asociación con caña de azúcar que es implantada en febrero-marzo.
- 2.- Asociación con caña de azúcar que es implantada en julio-agosto.

Las plantas destinadas a la producción de abono verde deberán ser altamente fuertes como para poder eliminar a las sensibles malezas. Se elegirán variedades no trepadoras, pues las trepadoras perjudicarían el cultivo de caña siguiente. Siembra de leguminosas en el espacio libre que hay entre las filas: Tanto la distancia que hay entre las filas así como la mecanización se planificarán y dispondrán de tal forma que inmediatamente después de la zafra se pueda sembrar una leguminosa de cobertura rápida entre las filas libres. Dicha leguminosa morirá cuando haya crecido la caña (Franz, *et. al.*, 2000).

2.9. Definición de abonos verdes.

El abono verde es un cultivo que se siembra en rotación o asocio con un cultivo comercial, el cual es incorporado al suelo con el fin de mantener, mejorar o restaurar sus

propiedades físicas, químicas y biológicas; y que además en algunas ocasiones puede ser utilizado antes de su incorporación, como alimento de animales o consumo humano. (Costa *et al*, 1992).

Gros (1976), define a los abonos verdes como plantas de vegetación rápida que se entierran en el propio lugar, destinadas especialmente a mejorar las propiedades físicas del suelo y enriquecerlo. Existen opiniones muy diversas respecto al valor “humígeno” de los cultivos enterrados. Algunos autores estiman en 500 - 700 kilogramos la cantidad de humus que deja el suelo una masa de 20 a 30 toneladas de materia verde enterrada.

El suministro de humus procedente de los cultivos enterrados es despreciable. Por el contrario, todos están de acuerdo sobre la eficacia de la materia orgánica fresca de las plantas verdes y la importancia de su efecto inmediato sobre la actividad microbiana, las propiedades físicas y la fertilidad del suelo debido a los productos intercambiables que se forman en el transcurso de su descomposición.

Se conocen bajo esta denominación de abono verdes, ciertos grupos de plantas que aumentan la fertilidad del suelo, lo enriquecen y le dan estructura. La técnica para aprovechar los verdes es cuando en campo se desea aumentar el nivel de nitrógeno, se siembra una leguminosa apropiada y cuando haya florecido se la entierra por medio de la labranzas algo profundas; de esta forma el nitrógeno tomado del aire por los microorganismos (*Bacillus radicola*) habrá sido incorporado indirectamente al terreno (Lerena, 1956).

El abono verde es una práctica agrícola programada que consiste en la incorporación de masas verdes o semihidratada de plantas de cobertura, con la finalidad primordial de mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y mejorar sus

condiciones físicas, químicas y biológicas, para favorecer el crecimiento y rendimiento de los cultivos económicos en sucesión (Monegat, 1991).

2.9.1 Características del abono verde.

Labrador (1996) indica que un abono verde ideal posee tres características importantes:

Un crecimiento rápido.

Follaje abundante y succulento.

Habilidad de crecer bien en suelos pobres.

2.10 Beneficio del abono verde.

2.10.1 Aumenta la materia orgánica del suelo.

Según Suquilanda. (1996) citado por Romero (2010) al descomponerse rápidamente por su alto contenido de agua y la buena proporción de carbono y nitrógeno (C/N) aproximadamente un 20 a 30 % de la materia seca permanece en el suelo como materia orgánica estable a una descomposición muy lenta. Mientras que el porcentaje restante que constituye la materia orgánica nutritiva se descompone rápidamente proveyendo de nutrientes a la planta, las dos partes de la materia orgánica (la nutritiva y la estable) son importantes para mantener al suelo productivo, fértil, con mayor textura y estructura. Un abono verde no solo entrega materia orgánica al suelo, sino que también disminuye su pérdida, una planta cobertura da sombra al suelo regulando su temperatura y conservando su humus.

2.10.2 Mejora la estructura del suelo.

Los abonos verdes tienen una función importante con respecto al mejoramiento de la estructura del suelo, no debe olvidarse que los residuos vegetales al descomponerse en el suelo, se transforman parcialmente en humus. Con este fin los abonos verdes se emplean a menudo para corregir la estructura física de los suelos arcillosos, arenosos, salinos y otros. (Lerena, 1956).

2.10.3 Enriquece al suelo con nutrientes disponibles.

Espinoza A. (1995), menciona que los abonos verdes enriquecen al suelo en nitrógeno, si se trata de leguminosas impiden en gran medida la lixiviación del mismo y de otros elementos fertilizantes. Impiden la lixiviación del nitrógeno que ocurrirá en caso de quedar el suelo desnudo. Además, el suelo queda enriquecido de este elemento cuando se utilizan leguminosas como abono verde. (Fuentes L. 1999)

2.10.4 Sobre las propiedades biológicas.

La presencia de materia orgánica en el suelo condiciona (junto con los factores abióticos: temperatura y humedad) la actividad de los macro y microorganismos del suelo. Cuanta más biomasa aportemos con los abonos verdes mayor será la cantidad y variedad de microorganismos, que son la base de la salud del suelo. Por otro lado estos microorganismos pueden producir sustancias químicas que estimulan el crecimiento de las plantas como son auxinas, aminoácidos, enzimas, vitaminas, etc. (Guanche, 2012).

2.10.5 Evita el crecimiento de malezas.

Los abonos verdes pueden también reducir fuertemente los gastos de tiempo y dinero invirtiendo en el control de las malas hierbas, especialmente cuando se usan como

much. Este factor es especialmente importante para los pequeños productores. Por lo tanto este cultivo no solamente pueden reducir el uso de los abonos químicos o en la mayoría de los casos eliminar el uso de herbicidas (Cedicce, 1994).

2.10.6 Mayor rendimiento en el cultivo.

Mayor rendimiento en general del cultivo siguiente por menor costo de nitrógeno o mejor capacidad de transformación de otros gastos (fertilizantes, labranza de suelos) en y/o una más fácil labranza y un menor control fitosanitario químico (Kahnt, 1989).

2.11 Especies utilizadas como abonos verdes.

Aunque se pueden utilizar un número considerado de especies vegetales como abonos verdes, las familia para tal fin, son las leguminosas, y las gramíneas. (Espinoza, 1995).

2.12 Importancia de las leguminosas como abono verdes.

Las leguminosas son de gran importancia económica por obtenerse de ellas altos rendimientos y gran proporción de principios nutritivos, por tal razón se han usado para la alimentación del hombre y de los animales domésticos. Estas plantas tienen también múltiples empleos en la agricultura, por ejemplo, como abono verde, forraje y ensilado. Abono verde, son todas aquellas leguminosas que se utilizan en la mejora de los suelos; con su utilización se pretende incrementar la fertilidad de los suelos a la vez que se preservan de la erosión, se conserva la humedad en períodos de sequía, se controlan malezas y plagas y se obtiene un ingreso adicional (Velásquez y Rodríguez, 1986; citado por Palacios y Montenegro, 2006).

2.13. Fijación de nitrógeno en leguminosas.

La cantidad de nitrógeno fijada por las bacterias varía según la relación de hidratos de carbono y nitrógeno asimilable del suelo, si la cantidad de hidratos de carbono es grande y la de nitrógeno es escasa, las bacterias fijarán más nitrógeno que en caso contrario. Por otra parte, la cantidad de nitrógeno fijada por una leguminosa es afectada por la velocidad de fotosíntesis, de crecimiento y de nitrógeno asimilable. La experiencia práctica indica que la cantidad de nitrógeno en la parte aérea de la leguminosa equivale, aproximadamente a la cantidad fijada en el suelo, mientras que el nitrógeno contenido en las raíces equivale más o menos al extraído de éste.

2.14. Época de incorporación de cultivo de abonos verdes.

Otros autores indican que se ha comprobado que en los primeros meses del periodo vegetativo se da el más alto porcentaje de nitrógeno en las leguminosas, pero la mayor cantidad se encuentra en la floración, siendo el momento más oportuno para la incorporación, ya que las hojas y los tallos tiernos constituye la parte más fáciles de descomponer al ser atacados por los microorganismos y empezando a formar amonio y nitratos utilizables por los cultivos. La rapidez y el grado de descomposición de factores como de humedad, temperatura, aireación, textura del suelo y contenido de minerales.

2.15. Especies de leguminosas usadas como abono verde.

Chasi y Muso (2009), indican que las plantas utilizadas como abono verde poseen un sistema radicular profundo y ramificado, permitiendo el reciclaje de nutrientes de las capas más profundas del suelo. Esto depende de la cantidad y distribución

del agua, de la capacidad buffer de los suelos y de la duración de los procesos de lixiviación.

2.14.1. HABA

Nombre Científico: *Vicia faba* L.

Es una planta anual, cuya raíz penetra hasta 100 cm de profundidad y raíces secundarias de temprano desarrollo. El tallo es fuerte y alcanza una altura de 50 cm hasta 200 cm, de acuerdo con la variedad y factores de cultivo. Producen abundantes flores las cuales se encuentran en racimos de 2 a 9 en las axilas de las hojas; la autopolinización es la más corriente, pero el porcentaje de polinización cruzada es alto. Las paredes de la vaina es muy esponjosas y mantiene mucha humedad; al madurar las vainas se ponen de color negro, (Díaz, 2002).

“El Haba (*Vicia Faba*) es una planta anual, de raíces profundas, penetrantes, más o menos erguida, no trepadora, a menudo sin rizomas y sin yemas de renuevos; cumple con su ciclo de vida en 6 y 12 meses y fructificada en un solo período, pero en tres etapas continuas perfectamente diferenciadas y de acuerdo a los segmentos de la planta.

El Haba se adapta a climas de regiones frías, templadas y semi templadas con pluviosidad elevada, pudiendo también adaptarse a climas tropicales y subtropicales con pluviosidad elevada o limitada, (Andrade, *et al.*, 2005).

Para abono verde debe ser incorporado antes del inicio de floración, cuando los tallos comienzan a erguirse. Cuando se maneja en el sistema de labranza mínima o siembra directa se hará dos meses después, lo que no es muy aceptado para los agricultores que generalmente acostumbran, sembrar más temprano. Sin embargo, debe considerarse el gran efecto para mejorar el suelo, lo cual su principal características, y el largo periodo

de cobertura verde y más de 3 meses de cobertura muerta. Siendo así, los agricultores podrían utilizar esta especie una parcela de su propiedad, cada 3 o 4 años, obteniendo así un mejoramiento significativo del suelo. (Monegat, 1991).

2.14.2 MUCUNA.

Según el clima la planta puede ser bianual o anual, de grandes hojas trifoliadas, folíolos laterales de forma asimétrica, 70-150 mm de largo, 50-120 mm de ancho, presenta inflorescencia en racimo axilar, de hasta 320 mm de largo, flores de color púrpura o blanco pálido. Vainas oblongas, de 40-130 mm de largo, 10-20 mm de ancho, finamente pubescentes con pelos de color blanco a marrón claro. Sus vainas contienen hasta 7 semillas de forma oblonga y elipsoidal de 10 a 19 mm de largo, 8 a 13 mm de ancho, y 4,0 a 6,5 mm de espesor, de color variable (negro, marrón, crema, blanco, gris, beige, y moteado). El peso de cien semillas oscila entre 55 y 85 g (Tropical Forages, 2008).

El frijol terciopelo se usa principalmente como un cultivo de cobertura o abono verde, los cuales aportan materia orgánica y nitrógeno (N) al suelo. Se informan rendimientos de biomasa fresca de 2.5 a 9.4 toneladas/acre (5.5 a 21 t/ha) y de nitrógeno (N) de hasta 296 lb/acre (331 kg/ha). La *M. pruriens* produce compuestos nematocidas y puede reducir las poblaciones de nematodos en rotaciones con otros cultivos. También tiene efectos alelopáticos que suprime el crecimiento de malezas. Otro uso para la mucuna es como un forraje de alta calidad. Se puede pastorear el ganado, los ovejos y los cabros en campos de frijol terciopelo cuando las vainas estén maduras (Brunner, B., *et. al.*, 2011).

El abono verde de la mucuna incrementa el potencial productivo del suelo. Siendo una leguminosa (Fam. Fabacea), la mucuna es capaz de fijar el nitrógeno atmosférico con los nódulos que se forman en sus raíces y almacenarlo en sus hojas. Rozando la mucuna

después de cuatro meses, el nitrógeno se libera durante la pudrición de la hojarasca y pasa a estar disponible para ser aprovechado por el cultivo (Buckles *et al.* 1999).

También indican que la mucuna puede fijar entre 200 kg y 350 kg de nitrógeno por hectárea por año, lo que resulta en un incremento notable del potencial productivo del suelo y de la producción del maíz. En el experimento realizado en Nauta, la producción aumentó de manera considerable (pasando de 1,000 kg por hectárea a 2.200 kg por hectárea), doblando los rendimientos que se obtienen generalmente en las zonas inundables del río Marañón.

2.14.3 ARVEJA.

Nombre científico: *Pisum sativum L.*

Son plantas anuales que pueden tener desde 25 Cm de altura (variedad enanas), hasta 2 o más metros (variedad de enrame); posee tallos delgados y trepadores; hojas compuestas, con peciolos cilíndricos y foliares con láminas enteras y limbos ondulados; raíces fibrosas, de regular tamaño con nudosidades producidas por las bacterias radiculares fijadoras de nitrógeno; flores blancas, rojizas y violáceas con corola amariposada; los frutos son legumbres oblongas con semillas casi siempre esféricas. Los rendimientos en materia verde, reportados por Peñalva y Calegari (1999), son de 15 a 40 tn/ha y de 2.7 a 7 tn/ha en materia seca.

Es desconocido el origen exacto de esta planta alimentaria, pero se cree que fue en Asia central, Asia menor, la cuenca del Mediterráneo o Etiopía. Se fue difundiendo su cultivo a todos los países de la zona templada y a las regiones altas de los países ubicados en la zona tropical. La arveja constituye una buena alternativa para el invierno. Entre los alimentos es muy apreciada por su utilización en una amplia variedad de comidas; es rica en Calcio, Fósforo, Hierro y Vitaminas A, B y C. La arveja (*Pisum sativum L.*) es una planta herbácea de la familia de las leguminosas, oriunda del viejo continente

conocida y cultivada en Ecuador desde hace muchos años, sus granos tanto en tierno como en seco son utilizados en múltiples formas y fines como en vaina, enlatado, congelado, grano seco entero o partido; harina de arveja, remojado, abono verde, etc. (Vaca, 2011).

Para la utilización como cultivo cobertura o abono verde, la arveja entra al sistema de rotación como cultivo de sucesión antes del cultivo principal. La incorporación de la planta se realiza antes de la floración con un tiempo de incorporación de la planta se realiza al inicio de la floración con un tiempo de descomposición de entre 6 a 8 semanas, (Díaz, 2002).

CAPÍTULO III MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. Localización y ubicación.

3.1.1. Localización.

El municipio de Bermejo se encuentra localizado en la Segunda Sección de la Provincia Arce del Departamento de Tarija, distante a 195 km de la ciudad Capital. Se encuentra a una altura de 400 msnm, está geográficamente entre las Coordenadas $22^{\circ}35'24''$ - $22^{\circ}52'09''$ Latitud Sur y $64^{\circ}26'30''$ - $64^{\circ}14'16''$ de Longitud Oeste; limita al Norte con la Serranía San Telmo y la Colonia Ismael Montes, al Este con el Rio Tarija y la República Argentina, al Oeste con el Rio Bermejo y la Argentina, y al Sur con Las Junta de San Antonio y la República Argentina (Gobierno Municipal de Bermejo, 2010).

3.1.2. Ubicación del área de estudio.

El presente ensayo se realizó en la comunidad de Naranjitos, a una distancia de 17 km de la ciudad de Bermejo, abarca una extensión de 300 ha, limita al Norte con la comunidad de Campo Grande al Este y Oeste con la Republica Argentina y al Sur con la Junta de San Antonio y la República Argentina.

Imagen 1. Localización de la Zona de Estudio



3.2. Características agroecológicas.

3.2.1. Clima.

El Triángulo de Bermejo tiene un clima subtropical semihúmedo, con una temperatura máxima extrema de 47° C y una temperatura mínima extrema de - 4° C siendo la temperatura media de 22° C; la humedad relativa media de 57,4 % y una precipitación pluvial que oscila entre 1000 a 1500 mm, la altura sobre el nivel del mar está entre 400 – 450 msnm (Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares de Navegación Aérea), (AASANA, 2011).

3.2.2 Geomorfología.

El municipio, conocido como el “El Triángulo de Bermejo” en el que sobresalen internacionalmente el Río Bermejo y Río Grande de Tarija, corresponde a un conjunto de serranías paralelas del Sub-andino, con alturas y grados de disección muy variables; también las serranías encierran una serie de valles de tamaño y forma variables, con sedimentos aluviales y coluviales del cuaternario (Salas *et al.*, 2001).

La comunidad de Naranjitos se encuentra ubicada en la Terraza Este y está formado por suelos aluviales jóvenes de terrazas bajas con microclima más húmedo que en las zonas bajas, de topografía plana a casi plana y no presenta horizonte de suelos compactos siendo mejores tierras. CODETAR mencionado por Galeán (2001).

3.2.3 Suelos.

Los suelos son de origen aluvial en las márgenes del río y quebradas, donde existen relieves planos en menor proporción y pendientes moderadas en pie de

monte, destacando en ellos el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum sp.*), y los suelos de origen coluvial, ocupan posiciones de ladera con relieve de pendientes onduladas, y fuertemente quebradas, destinados a cultivar papaya (*Carica papaya*), diferentes especies de cítricos (*Citrus sp.*), maíz (*Zea maíz*), arroz (*Oriza sativa*) papa (*Solamun sp.*), caña de azúcar (*Saccharum sp.*) y otros. En general los suelos se caracterizan por ser moderadamente erosionables, Pues existen áreas de cultivo en laderas que sobrepasa el 30 % de pendientes y con afloramientos rocosos; la textura de los suelos son variables, encontrando desde arenosos, franco arenosos, franco arcillosos y otros en menos proporción citado por (Galen, 2001).

3.2.4 Vegetación.

Corresponde al sector con mayor precipitación, los bosques y matorrales forman parte de la selva Tucumana - Boliviana. Según Ellenberg (1981), corresponden a la ecoregión “semihúmedos montañoso”. Las especies más abundantes y características son el aguayo o arazá (*Chrysophyllum gonocarpum*), el Guayabo (*Eugenia pseudo-mato*), el suiquillo (*Diaptenopteryx sorbifolius*), el guayabo (*Eugenia sp.*), el cedro (*Cedrella sp.*), el nagal (*Juglans australis*), cebil (*Anadenanthera colubrina*), orteguilla (*Heliocarpus papayensis*), pata de gallo (*Trichilla sp.*). También dominan otras plantas como el matico (*Piper tucumanun*), el tabaquillo (*Solanum riparium*), chalchal (*Allophyllus edulis*).

3.2.5 Fauna.

Los animales más destacados de la vegetación subandina es el zorro (*Pseudalopex gymnocercus*), el anta (*Tapirus terrestres*), especie afectada por la reducción de su hábitat natural, La curzuela (*Mazama gonazoubira*), mono noctámbulo (*Aotus azarae*) y mono martin (*Cebus sp.*). Entre las aves más sobresalientes se encuentra la garza blanca

(*Casmerodius albus*), la charata (*Ortalis canicollis*) y paba del monte (*Penelope obscura*) (Zonisig, 2000).

3.3.- Materiales

3.3.1.- Material vegetativo:

- Caña de azúcar.
- Semilla de haba
- Semilla de arveja
- Semilla de mucuna

3.3.2.- Materiales de gabinete

- Computadora
- Impresora
- Calculadora

3.3.3.- Materiales de muestreo.

- Bolsas plásticas
- Balde
- Barreno
- Cilindro
- Cuchillo
- Balanza.

3.3.4.- Materiales de campo.

- Libreta de campo.
- Azadón.
- Wincha de 100 m.

3.4.2. Distribución de los tratamientos.

T1: Arveja (*Pisum sativum L*)

T2: Haba (*Vicia faba*)

T3: Mucuna (*Mucuna pruriens*)

T0: Testigo (sin abono verde)

3.4.3. Descripción del ensayo.

El diseño se realizó considerando las siguientes características:

- Número de tratamiento: 4
- Numero de repetición: 4
- Número de unidades experimentales: 16
- Número de surco por unidades experimentales: 4
- Largo de la parcela área neta del ensayo: 10
- Área total del ensayo: 960 m²
- Distancia de surco a surco: 150 cm
- Distancias entre bloques: 150 cm

3.4.4. Trabajo de ensayo.

3.4.4.1. Elección de la parcela.

El cultivo de caña de azúcar extrae grandes cantidades de nutriente, según Fogliata (1995). Por esta razón y por las pocas labores de fertilización y quemas de los cañaverales antes de las cosechas en la ciudad de Bermejo, provocan pérdidas de nutrientes del suelo y un bajo rendimiento fabril.

Al considerar este aspecto se seleccionó una parcela de 5 años de producción de cultivo de caña de azúcar.

3.4.4.2. Muestreo del suelo.

Para la recolección de muestra se trabajó en base a las recomendaciones de Rincón (2002).

El Primer muestreo se realizó unos días antes de la implementación del ensayo, para el cual se procedió a tomar 16 submuestras a una distancias de 8 m entre si y a una profundidad de 0 a 30 cm, posteriormente fueron unidas y mezcladas entre sí, haciendo un solo montón, luego se dividió en 4 partes y se tomó una parte como muestra representativa.

El segundo muestreo se realizó 3 meses después de la incorporación del abono verde al suelo, se tomó 3 submuestras al azar por parcelas, haciendo un total de 12 submuestras para cada tratamiento, posteriormente fueron unidas y mezcladas entre sí, luego se ha procedido a dividirles el montón en 4 partes y se tomó una parte como muestra representativa para el respectivo análisis en laboratorio.

Este procedimiento se realizó para los 3 tratamientos (T1: Arveja, T2: Haba T3: Mucuna).

3.4.4.3. Preparación de terreno.

Para esta labor se realizó el corte de la caña (cosecha), a la vez se fue limpiando el terreno, dejando limpio de malezas y restos de cañas, listo para la respectiva siembra de abonos verdes.

3.4.4.4. Siembras de las especies.

La siembra de las diferentes especies de abonos verdes se realizó en forma manual, cantidad utilizada fue de 1 kg de arveja, 2 kg de haba y 1 kg de mucuna, depositando de 4 a 5 semillas en el caso de la arveja, de 3 a 4 semillas en el caso de haba y mucuna, a una distancia entre planta de 40 cm para las 3 especies.

3.4.5. Labores Culturales.

3.4.5.1. Riego.

Se realizó un riego uniforme a los 16 tratamientos, desde el momento de la siembra y posteriormente cada 4 días y después cuando el cultivo lo necesitaba.

3.4.5.2. Control de Malezas y aporque.

El control de las malezas se efectuó en forma manual de acuerdo a la invasión de las mismas con la finalidad de que las malas hierbas compitan con las leguminosas estudiadas y a la misma vez se realizó un aporque.

3.4.5.3. Control de plagas.

No se realizó ningún control de plagas, debido a que no hubo incidencias de la misma.

3.4.5.4. Control de enfermedades.

Se pudo observar un ataque de mancha negra en el cultivo de haba, la misma que fue controlada con el fungicida coraza.

3.5. Variables estudiadas.

Las variables en estudio son:

- Observación fenológica de abonos verdes: Para obtener estos datos se tomaron en cuenta las características agronómicas, de cada una de las especies, las mismas que fueron evaluadas en dos surcos por tratamientos y repetición. También se tomó en cuenta en los días que transcurrieron desde la siembra hasta el 50% de germinación de las semillas y la floración, Posteriormente se consideró la altura de la planta se recolecto 10 muestras, al azar por tratamiento, las mismas fueron medidas hasta el ápice caulinar de la planta.
- Determinación de aporte de nitrógeno, fosforo, y potasio en el suelo: Después de los 3 meses de incorporación de las especies al suelo, se tomaron muestra representativa de cada parcela, luego se llevó al laboratorio para determinar el aporte de N P K por parte de las especies en estudiadas.
- Determinación de aporte de materia orgánica: Con los datos obtenidos de los análisis de suelo, se determinó el aporte de materia orgánica al suelo por parte de las especies estudiadas.
- Rendimiento: finalizando el trabajo de campo a los 8 meses se evaluaron la influencia de los nutrientes aportados por aparte de los abonos verdes sobre el porcentaje de azúcar, tamaño y grosor del tallo de caña de azúcar tomando 10 muestreos al azar a cada tratamiento.

3.6. Tabulación y Análisis de datos.

Para la interpretación de la altura de la planta y el porcentaje de floración se empleó el análisis de varianza (ANVAR) y la prueba de Tukey.

Para la interpretación de los análisis de laboratorio se utilizaron fórmulas propuestas por Cuesta y Villaneda (2003), para saber la cantidad de nutrientes que existen en el suelo en Kg.ha-1 la misma es como sigue:

Fórmula para la Materia Orgánica.

$$M.O = 10000 * Prof. * Da * M.O \%$$

Fórmula para el Nitrógeno

$$N = 10000 * Prof. * Da * N \%$$

Fórmula para el Fósforo.

$$P = 10000 * Prof. * Da * Fosforo (ppm).$$

Fórmula para el Potasio.

$$K = 10000 * prof. * Da * Potasio (meq/100gr).$$

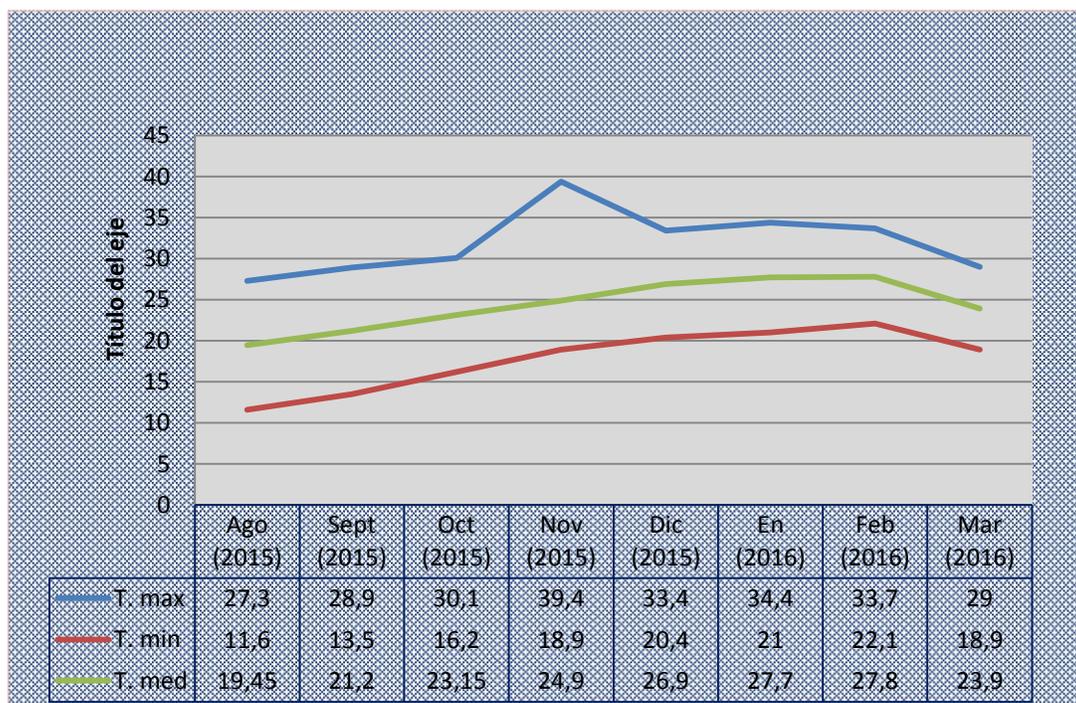
CAPÍTULO IV RESULTADO Y DISCUSIÓN.

4.1 Factores climáticos.

4.1.1 Temperatura.

Durante los cuatro primeros meses de estudio se registraron una variación de temperaturas moderadas, ya que la máxima registrada fue de 30,9 °C en el mes de noviembre y la mínima registrada fue de 11,6 °C en el mes de agosto como se puede observar el Gráfico 1, ante esta situación podemos manifestar que las temperaturas registradas no fueron favorables; varios autores indican que la arveja y el haba requieren temperaturas bajas.

Gráfico 1. Variación de temperaturas.



Fuente: AASANA (2015- 2016).

Ospina *et al.*, (1995), considera que el cultivo de arveja desarrolla un crecimiento vigoroso a temperaturas muchas más bajas que las que requieren otras hortalizas, las temperaturas altas (sobre 20 °C), tienden a acelerar la madures de las plantas reduciendo su ciclo y decreciendo su rendimiento y calidad a pocos satisfactorios.

Las habas se desarrollan mejor en climas mediterráneos que en climas continentales (NADAL *et al.*, 2004) y se consideran un cultivo resistente a las heladas, soportando temperaturas de -3°C a -4°C. El cultivo tiene una temperatura base cercana a 5°C lo que le permite crecer en periodos donde el déficit de presión de vapor es bajo, lo cual le confiere durante esos periodos una elevada eficiencia en el uso del agua (CONFALONE, 2008), y responde al fotoperiodo, siendo un cultivo de día largo, que no requiere vernalización (Duc, 1997 citado por NADAL *et al.*, 2004).

Según Díaz, G. y Estupiñán K. (2004), la comunidad de Naranjitos se encuentra ubicada en la Terraza Este y está formado por suelos aluviales jóvenes de terrazas bajas con microclima más húmedo que en las zonas bajas, de topografía plana a casi plana y no presenta horizonte de suelos compactos siendo mejores tierras. CODETAR mencionado por Galeán (2001), la mucuna se desarrolla bien desde 100 hasta 1500 msnm. Temperaturas ideales para su desarrollo entre 15 a 30 °C, tiene un buen comportamiento en suelos húmedos, pero no encharcados ni pedregosos, la mayoría de las especies de mucunas, toleran más o menos la sequía y la elevada acidez del suelo.

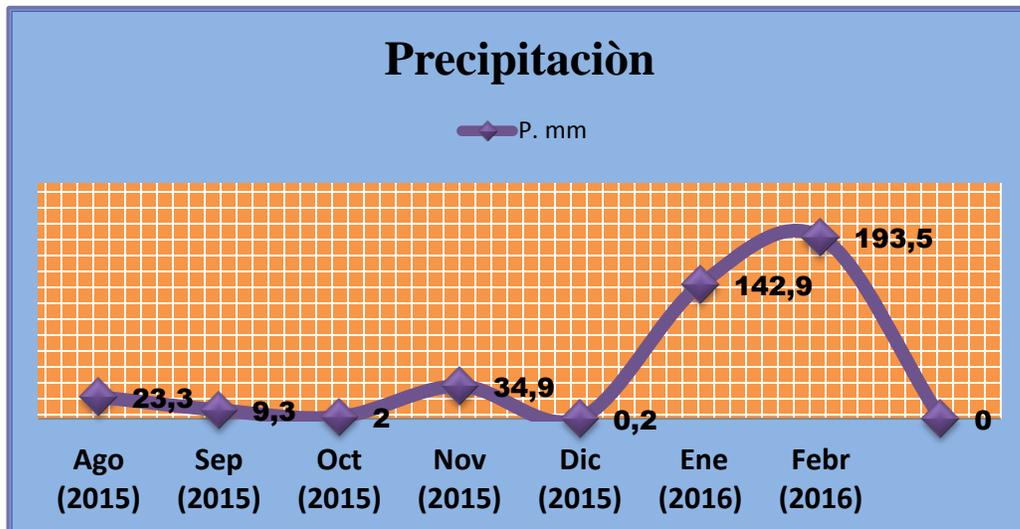
DGIEA (1991), señala que la caña de azúcar requiere altas temperaturas durante el periodo de crecimiento y bajas temperaturas durante el periodo de maduración. Mientras grande sea la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas durante la maduración mayor serán las posibilidades de obtener jugos de alta pureza y un mayor rendimiento de azúcar. Las temperaturas óptimas para las diferentes etapas del desarrollo de este

cultivo son: para germinación de 32°C a 38°C, para el macollamiento 32°C y para el crecimiento 27°C.

Al respecto Sánchez (2004), también menciona que la caña de azúcar es un cultivo tropical y aunque se siembra en zonas subtropicales prospera mejor en regiones cálidas y soleadas. Las condiciones óptimas para el desarrollo de la caña de azúcar varían entre 25 y 28°C, una temperatura alta junto con altas humedades del suelo y del aire, favorecen el desarrollo vegetativo mientras que el tiempo seco y fresco promueve la maduración.

4.1.2 Precipitación.

Gráfico 2. Precipitación en mm.



Fuente: AASANA (2015).

Como se puede observar en el Gráfico 2, se tiene mínimo aporte pluvial, existe un aporte pluvial desde el inicio del mes de agosto luego hay un descenso en el mes de octubre con un aporte hídrico de 2 mm, y posteriormente este empieza a ascender en el mes de

noviembre. El aporte hídrico registrado durante la etapa de campo, no fue suficiente para los cultivo de abonos verdes, en especial para la arveja y haba, por lo que se requirió realizar un aporte de agua para cubrir los requerimientos, aplicando un riego por cada dos días en el mes de septiembre y octubre.

Luego de realizar las observaciones de campo y registro de los datos durante el desarrollo de la presente investigación, los resultados se pueden describir de la siguiente manera:

3.2. Observación fenológicas de los abonos verdes.

El número de días de germinación para la arveja, se pudo observar a los 5 días después de la siembra de la misma, a los 8 días para el haba, y a los 14 días para la mucuna.

En cuanto al crecimiento inicial de cada leguminosa, se ha podido observar que: la arveja presentó un crecimiento inicial rápido, seguido por el haba, mientras que la mucuna tuvo un crecimiento inicial moderado a comparación de las otras dos especies.

Los días de floración; se tomó en cuenta a partir del día de siembra, para la arveja esto ocurrió a los 23 días después de la siembra, para el haba a los 26 días después de la siembra y en el caso de la mucuna no se observó su floración durante los 5 meses de crecimiento.

Los valores promedio de altura de porte erecto fluctuaron desde 50.3 cm en el cultivo de haba, en las especies de porte rastroso se observó un promedio de 80.9 cm en arveja y de 85 cm en la mucna.

3.3. Interpretación de los resultados de análisis de suelo.

Cuadro 1. Resultados químicos de suelos antes de la siembra.

N° LAB	IDENTIFICACIÓN	PROF. (cm)	CANTIDADES DE CAMBIO	MO %	N.T. %	P Olsen ppm
			meq/100g K			
0.41	M-1	30	0,099	0,99	0,07	16,54

En el cuadro 1, se presenta los resultados de los análisis de suelo, realizados antes de la siembra, el mismo nos indica un porcentaje de 0,099 meq/100g, de K, 0,07 de N, 16,54 y un 0.99 % de Materia Orgánica. De acuerdo a la escala de interpretación crítica propuesta por Fogliata (1975), la cantidad de Nitrógeno existente antes de la siembra es bajo, muy bajo de Potasio y presenta un rango Alto de Fosforo. En cuanto a la materia orgánica de acuerdo a interpretación de Gómez (2002), se encuentra en un rango moderadamente bajo.

El cultivo de la caña de azúcar se caracteriza por extraer grandes cantidades de nutrientes del suelo en cada ciclo del cultivo, empobreciendo año tras años. Es por ello, que la fertilización tanto en cantidad y calidad, se hace más necesaria para así tener el suelo con un nivel de fertilidad aceptable, Salgado, *et al.* (2006).

La caña es una gran extractora de nutrientes y entre más edad mayor es su requerimiento nutricional como menciona Fogliata (1995). Por esta actividad y la quema Chaves (1997) indica que ocurre importantísimas pérdidas de Nitrógeno (N) y Azufre (S) por volatilización.

La quema destruye parcialmente la materia orgánica y los residuos, causa la muerte de microorganismos y la macrofauna, deteriora la consistencia del suelo y acarrea problemas de infiltración, de aireación y de toma de nutrientes, a más de la pérdida de elementos nutricionales por la erosión (Universidad de La Salle, 1991).

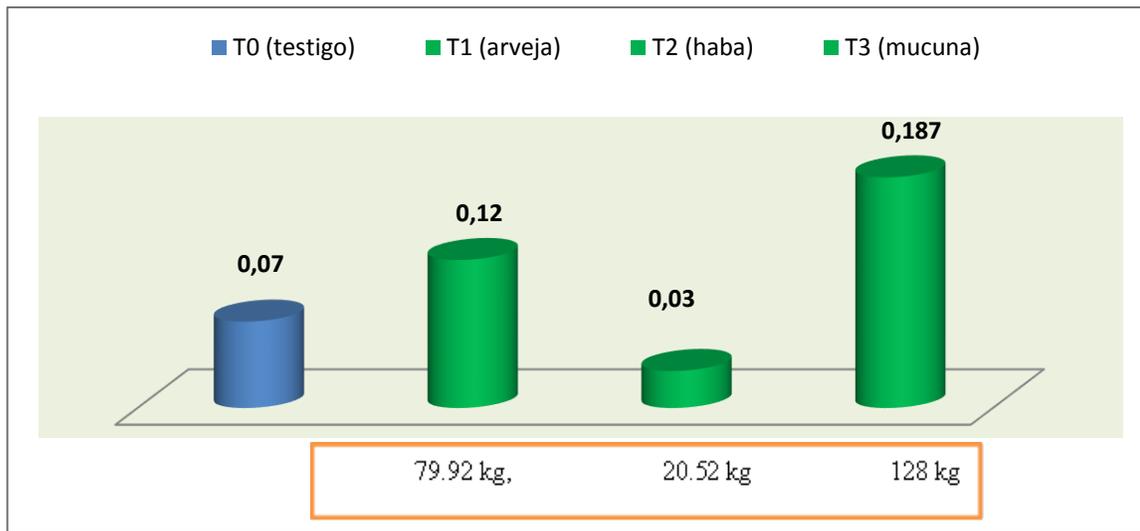
3.4 Parámetros evaluados de los resultados de análisis de suelo antes y después de la siembra.

De acuerdo con los objetivos planteados en el ensayo, se realizó una comparación de los resultados analíticos de laboratorio realizados antes de la siembra, con los resultados de los análisis de los tres tratamientos después de la siembra. Con el fin de determinar el aporte de N, P, K y Materia Orgánica por parte de cada tratamiento.

Cuadro 2. Comparación de nitrógeno (%).

Profundidad	Antes de la siembra	Después de la siembra		
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
30	0.07	0.12	0.03	0.187

Como se puede observar en el Cuadro 2, el porcentaje de Nitrógeno después de la incorporación aumento, por parte del tratamiento T₁ (arveja) y T₃ (Mucuna), y el tratamiento con mayor aporte fue del T₃ con un 0.187 % que equivale a 128 kg, seguido por el T₁ con un 12 %, que equivale a 79.92 kg, y en cuanto al aporte por parte T₂ (Haba) con un 0.03% es muy mínimo a comparación del T₁ (Arveja), T₃ (Mucuna) y del T₀ (Testigo), (Gráfico 3).

Gráfico 3. Comparación de nitrógeno (%).

En Francia, se estima que un cultivo de arveja retorna al suelo alrededor de 50 Kg ha⁻¹ de Nitrógeno (Plancquaert, 1978), aunque se advierte que el aporte de Nitrógeno de la arveja al cultivo subsiguiente puede ser extremadamente variable (Doré y Meynard, 1992; Carroué y LeSouder, 1992).

De acuerdo a experiencias en New South Wales, un buen cultivo de haba contribuye al menos con 30-50 Kg ha⁻¹ de Nitrógeno para el cultivo siguiente (Whitworth, 2001). En el mismo suelo se ha encontrado que el nitrógeno disponible a 60 cm de profundidad aumenta en 70 Kg ha⁻¹ luego de un cultivo de haba.

Según Humbert (1968) citado por fogliata (1995) y Romero et al., (2004) indica que la caña planta extrae menos nitrógeno que la caña soca, Porque su requerimiento de nitrógeno es menor y se satisface con 0,90 kg de N.t⁻¹ contra 1,13 kg de N.t⁻¹. Este comportamiento se da también en Tucumán Argentina y las dosis económicas de nitrógeno en caña planta, siempre fueron menores que las socas.

Mientras Chaves (1997) recomienda una aplicación de 80 a 150 kg de N. t⁻¹ ya que con esta dosificación obtuvo respuestas favorables en zonas cañeras de Costa Rica.

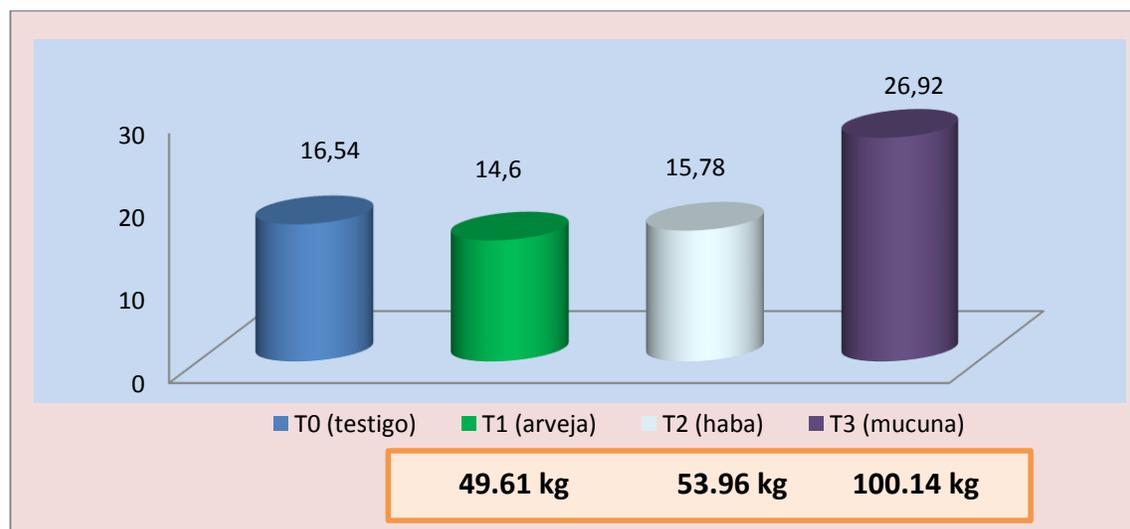
Cuadro 3. Comparación de fósforo (ppm).

Profundidad	Antes de la siembra	Después de la siembra		
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
30	16.54	14.6	15.78	26.92

Realizando la comparación de los análisis de suelo, se puede observar el cuadro 3, que hubo un aporte bajo por parte de los T₁ (Arveja) y T₂ (Haba) a comparación del T₃ (Mucuna) y de los resultados del análisis de suelo antes de la siembra.

Y entre los tratamientos, con mayor aporte de este nutriente, como se observa en el gráfico 4, corresponde al T₃ con un 26.92 ppm que equivale a 100.14 Kg y los tratamientos con menor aporte corresponde al T₂ (Haba) con un 15.78 ppm que equivale a 53.96 kg, seguido por el T₁ (Arveja) con un 14.6 ppm que equivale a 49.61 kg.

Gráfico 4. Comparación de fósforo (ppm).

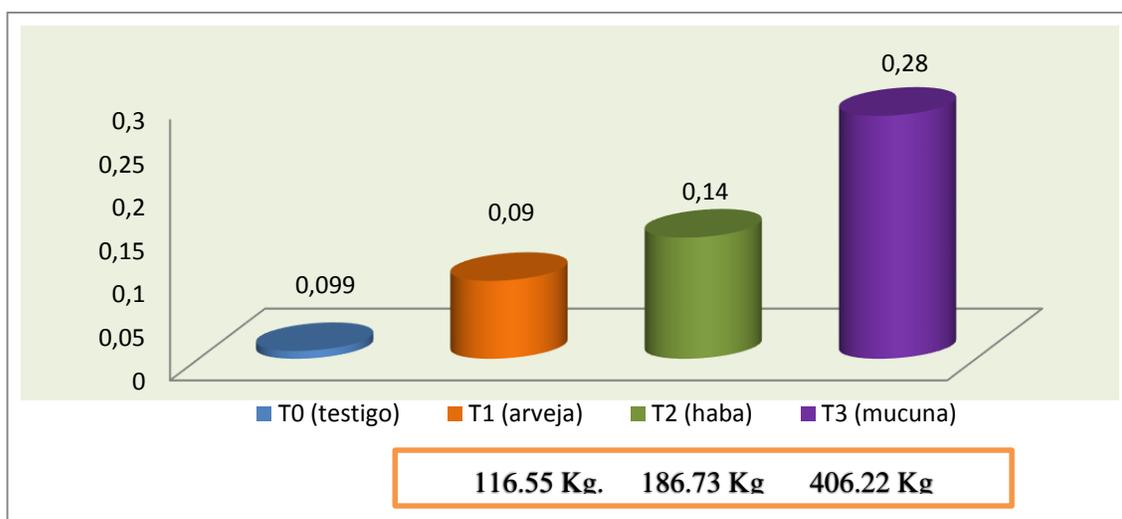


Cuadro 4. Comparación de potasio (meq/100g).

Profundidad	Antes de la siembra	Después de la siembra		
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
30	0.099	0.09	0.14	0.28

Bermejo se caracteriza por tener suelos ricos en potasio (Galean, 2001), pero el suelo donde se realizó este estudio presentó un nivel muy bajo, como se puede observar el cuadro 4, el análisis de suelo antes de la siembra (0.099). Comparando los resultados de análisis después de la siembra, hay un aumento por partes de las especies de abonos verdes.

Como se puede ver en el grafico 5, los tratamiento con mayor aporte de este nutriente fue por parte del T₃ (Mucuna), con un 0.28 meq/100 que equivale a 406.22 Kg seguido por el T₂ (Haba) con un 0.14 meq/100 que equivale a 186.73 Kg y un aporte bajo por parte del T₁ (Arveja) con un 0.09 meq/100 que equivale a 116.55 Kg.

Grafico 5. Comparación de potasio (meq/100g).

Los abonos verdes, al ser incorporados al suelo, incrementan los contenidos de materia orgánica y favorecen los cultivos que se establecen después de su incorporación, según afirman Cancio *et al.* (1988) y Peña *et al.* (1999).

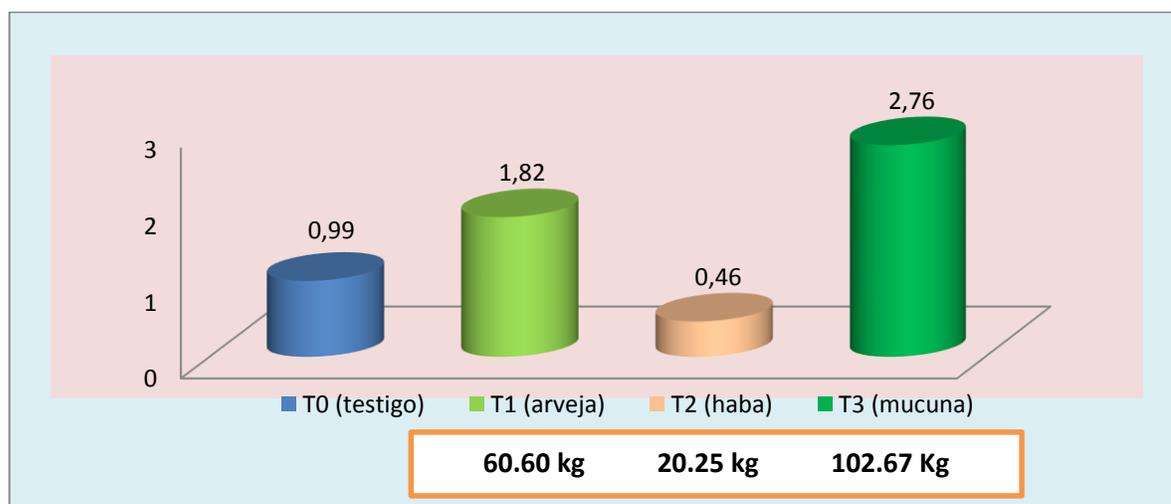
Cuadro 5. Comparación de Materia Orgánica %.

Profundidad	Antes de la siembra	Después de la siembra		
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
30	0.99	1.82	0.46	2.76

Realizando la comparación de los análisis de suelos, se puede ver en cuadro 5 que hay un buen aporte de materia orgánica por parte de los T₃ (mucuna) y T₁ (Arveja).

Observando el Grafico 6, los tratamiento con mayor aporte de materia orgánica fue por parte del T₃ (Mucuna) con 2.76 %, que equivale a 102.67 Kg, seguido por el T₁ con 1.82 % que equivale a 60.60 kg, y el T₂ (Haba) con un 0.46 % que equivale a 15.73 kg, fue el tratamiento con el menor % de materia orgánica.

Gráfico 6. Comparación de Materia Orgánica %.



4.5 Altura de la planta de azúcar expresado en centímetros.

Finalizando el trabajo de ensayo en fecha 25 de marzo del 2016 se realizó, la evaluación de la altura, grosor y el porcentaje de azúcar presente en el tallo de la caña de azúcar.

El cuadro 6 nos indica la altura promedio de la planta de caña de azúcar de los cuatros tratamientos, el tratamiento con mayor altura corresponde al T₁ (Arveja), seguido por el tratamiento el T₂ (Haba) y T₂ (Mucuna) y con un el mínimo promedio de altura corresponde al T₀ (Testigo).

Cuadro 6. Altura de planta de caña de azúcar expresado en cm.

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
1	225.7	225.4	213.6	201.2	865.9	216.4
2	215.5	222.4	199.5	218.0	855.4	213.8
3	207.5	211.5	215.5	213.5	848.0	212.0
0	164.5	165.7	165.4	169.8	665.4	166.3

Tomado en cuenta los datos registrados, estos son introducidos a las pruebas estadísticas de análisis de varianza ANVA y Tukey, para determinar estadísticamente si existen diferencias significativas.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura de la planta.

F. de Variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Réplicas (columnas)	3	135.25	45.08333	0.653 n.s.
Tratamientos (filas)	3	6883.188	2294.396	33.215 ***
Error	9	621.6875	69.07639	
TOTAL	15	7640.125		

Media General = 202.1687

Coefficiente de Variación = 4.1110 %

Error standard de la media = 4.1556

Eficiencia Relativa = 89.4742 %

Según el análisis de varianza para la altura de la planta de caña de azúcar, nos indica que si existe diferencia significativa entre tratamientos, con un coeficiente de varianza de un rango de 4.1110 %.

Realizando la prueba de Tukey para la altura de la planta, como se observa en el cuadro 8, si hay diferencia significativa entre los tratamientos T₁ (Arveja) - T₀ (Testigo), T₂ (Haba) - T₀ (testigo) y T₃ (Mucuna) - T₀ (Testigo). Y no hay diferencia significativa entre los tratamientos T₁ (Arveja) - T₃ (Mucuna), T₂ (Haba) - T₃ (Mucuna) y T₁ (Arveja) - T₂ (Haba)

Cuadro 8. Prueba de Tukey altura de la planta de caña de azúcar.

	T₁ 216.4	T₂ 213.8	T₃ 212.0	T₀ 166.3
T₀ 166.3	50.1 *	47.5 *	45.7 *	0
T₃ 212.0	4.4 n.s.	1.8 n.s.	0	
T₂ 213.8	2.6 n.s.	0		
T₁ 216.4	0			

*si hay diferencia significativa.

n.s.: no hay diferencia significativa

4.6. Diámetro de tallo de la caña de azúcar expresada en centímetro.

Como se puede observar en el siguiente Cuadro 6, que el T₁ (Arveja) tuvo mayor diámetro con una media de 2.3 cm, seguida por el T₂ (Haba) y T₃(Mucuna) con un diámetro de 2.2 cm y el tratamiento con menor cm de diámetro presento el T₀(Testigo).

Cuadro 9. Diámetro de tallo de la caña de azúcar en cm.

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
1	2.3	2.4	2.4	2.3	9.4	2.3
2	2.2	2.3	2.2	2.1	8.8	2.2
3	2.3	2.2	2.2	2.3	9.0	2.2
0	1.9	2	1.9	1.9	7.7	1.9

Cuadro 10. Análisis de varianza el diámetro de la planta de caña de azúcar.

F. de Variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Replicas (columnas)	3	1.498413E-02	4.994711E-03	0.998 n.s.
Tratamientos (filas)	3	0.4499893	0.1499965	29.985 ***
Error	9	4.502106E-02	5.00234E-03	
TOTAL	15	0.5099945		

Media General = 2.1750

Coefficiente de Variación = 3.2518 %

Error standard de la media = 0.0354

Eficiencia Relativa = 96.1245 %

Observando el análisis de varianza para el diámetro de la planta de caña de azúcar, (Cuadro10) nos indica que si existe diferencia significativa entre tratamientos, con un coeficiente de varianza de un rango de 3.2518 %.

Realizando la prueba de Tukey para el diámetro del tallo de la caña de azúcar, el cuadro 11 nos indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 11. Prueba de Tukey para el diámetro de la planta de caña de azúcar.

	T₁ 2.3	T₂ 2.2	T₃ 2.2	T₀ 1.9
T₀ 1.9	0.4 n.s.	0.3 n.s.	0.3 n.s.	0
T₃ 2.2	0.1 n.s.	0	0	
T₂ 2.2	0.1 n.s.	0		
T₁ 2.3	0			

n.s.: no hay diferencia significativa.

4.7. Determinación del Grados brix.

Cuadro 12. % Brix de los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
1	18.56	18.54	18.62	18.54	74.26	18.56
2	18.81	19.18	18.96	19.31	75.26	18.81
3	19.20	18.66	18.54	18.56	74.96	18.71
0	17.55	17.71	18.17	18.27	71.70	17.92

El cuadro 12 nos indica el porcentaje de Grado Brix de los diferentes tratamiento, el tratamiento con mayor Grado Brix corresponde al T₂ con un 18.81, seguido por el tratamiento T₃ (Mucuna) con un 18.71 % y el tratamiento con menor % de Grado Brix es del tratamiento T₀ con un 17.92 %.

Observando el análisis de varianza para el Grado Brix de la planta de caña de azúcar, (Cuadro13) nos indica que si existe diferencia significativa entre tratamientos, con un coeficiente de varianza de un rango de 4.5001 %.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el Grado Brix.

F. de Variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Replicas (columnas)	3	12.33333	4.1110	0.750 n.s.
Tratamientos (filas)	3	1188.440	396.1466	31.112 ***
Error	9	4.6250	5.13888	
TOTAL	15	34528.815		

Media General = 18.50

Coeficiente de Variación = 4.5001 %

Error standard de la media = 2.1230

Eficiencia Relativa = 99.0523 %

Realizando la prueba de Tukey para el Grado Brix de la caña de azúcar, el cuadro 14 nos indica que hay diferencia significativa entre los tratamientos, T₂ (Haba) - T₀ (testigo), T₃(Mucuna) - T₀(Testigo) y T₁ (Arveja) - T₀ (Testigo), y no hay diferencia significativa entre los tratamientos, T₁ (Arveja) - T₂ (Haba), T₁ (Arveja) - T₃ (Mucuna), y T₂(Haba) - T₃(Mucuna).

Cuadro 14. Prueba de Tukey para el grado Brix de planta de caña de azúcar.

	T₁ 2.3	T₂ 2.2	T₃ 2.2	T₀ 1.9
T₀ 1.9	0.4 n.s.	0.3 n.s.	0.3 n.s.	0
T₃ 2.2	0.1 n.s.	0	0	
T₂ 2.2	0.1 n.s.	0		
T₁ 2.3	0			

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

1. El resultado de análisis de suelo antes de la incorporación fue de 0.07 % de N, 16.54 ppm de P y 0.009 meq/100g de K. Comparando con los resultado de los análisis de suelo después de la incorporación hay un aporte de N, en los tratamientos T₃ (Mucuna) con un 0.187% que equivale a 128 Kg, y el T₁ (Arveja) con un 0.12 % que equivale a 79.92 Kg. El aporte de Fosforo del T₃ (Mucuna) con un 26.92 ppm que equivale al 100.14 kg. Fue mayor que el resultado de análisis de suelo antes de la siembra.

La especie con mayor nivel de aporte de potasio fue por parte del T₃ (Mucuna), con un 0.28 meq/100, que equivale a 406.22 kg seguido por el T₂ (Haba) con un 0.14 meq/100 que equivale a 186.73 kg y los niveles más bajos de aporte de este nutriente fue por parte del T₁ (Arveja) con un 0.09 meq/100 que equivale a 116.55 kg.

2. Los tratamiento con mayor aporte de materia orgánica fue por parte del T₃ (Mucuna) con 2.76 %, que equivale a 102.67 Kg, seguido por el T₁ con 1.82 % que equivale a 60.60 kg.

3. Los bloques con alto % de Grado Brix fue del T₂ con 18.81 Grado Brix seguido por los tratamiento T₃ (Mucuna) y T₁ (Arveja) y el tratamiento con menor porcentaje de Grado Brix es del T₀ (testigo) con un 17.92 %.

Los bloques del T₁ (Arveja) presentaron los tallos más altos (216.4 cm) en comparación de Testigo, y de los otros dos tratamientos (T₂, T₃) y los T₂ con 213.8 cm de altura y T₃ con 212.0cm de altura a comparación con el Testigo con 166.3 cm hay una gran diferencia en cm.

El tallo de caña de azúcar con mayor promedio de diámetro presentaron los bloques del T1 (arveja) con 2.3 cm. seguido con una mínima diferencia en diámetro de los bloques de T2 (Arveja), T3 (Mucuna) con 2.2 cm y con 1.9 cm de diámetro de los bloques del testigo.

5.2 Recomendación.

De acuerdo con las conclusiones mencionadas, se recomienda al cultivo de arveja como abono verde, ya que tuvo un buen comportamiento y un rápido crecimiento y aporte aceptable de nitrógeno hacia el suelo, y con este cultivo la caña tuvo un buen crecimiento en cuanto a altura.

Para obtener mayor nivel de K y P se recomienda al cultivo de la haba y mucuna como abono verde, estos dos nutrientes son muy importante para la el desarrollo de la caña de azúcar y para obtener mayor sacarosa.

Se recomienda el cultivo de la mucuna como abono verde, en terrenos de cultivo de rotación por que presento un crecimiento lento y un ciclo muy largo. Y como es una planta trepadora, perjudica el crecimiento de la caña de azúcar.