

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En los actuales sistemas de producción del municipio de Bermejo, uno de los recursos que viene degradándose es el suelo, debido a múltiples factores, convirtiéndose en un factor limitante para la producción. El incremento de la población y el minifundio ha obligado a los agricultores a habilitar más terrenos y reducir los tiempos de descanso de los suelos. El uso intenso del suelo sin considerar la rotación y asociación de cultivos, el mal manejo de agua de riego, erosión hídrica, salinización, acidificación, uso de fertilizantes sintéticos, agroquímicos, la no incorporación de abonos orgánicos, etc. contribuyen con la degradación de este recurso, que es necesario para mantener un sistema de producción estable. En Bolivia y en particular en regiones como el municipio de Bermejo, la práctica del descanso ha sido considerada como una manera de hacer recuperar la fertilidad del suelo.

Los suelos del municipio de Bermejo en la actualidad presentan un bajo contenido en materia orgánica (menor al 2%). Debido al bajo contenido de nutrientes hacen que este se manifieste en el rendimiento de toneladas de caña por hectárea. Las características del suelo donde se cultiva la caña de azúcar presentan una serie de deficiencias que afectan su rendimiento.

Para el manejo de la fertilidad de los suelos es necesario considerar todas las alternativas accesibles; entre estas se debería tener en cuenta la incorporación de estiércol, compost, rotación de cultivos, la práctica del abono verde, etc. Esta última que consiste en sembrar especies leguminosas que son de rápido crecimiento y abundante biomasa como por ejemplo el haba, el frijol u otras especies; para luego incorporarlos al suelo, en lugar de dejar los terrenos en descanso que es una forma tradicional de recuperar la fertilidad de los suelos.

La caña de azúcar es una gramínea que por su carácter C4 posee alta capacidad de producción de biomasa y, gran capacidad de acogida del medio, siendo uno de los cultivos de mayor importancia económica en el municipio de Bermejo, sin embargo la productividad del cultivo ha venido decreciendo en los últimos años, esto se puede atribuir a diversos factores como el uso indiscriminado de herbicidas para la sostenibilidad del cultivo, que generan problemas de degradación química y biológica del suelo, dando como resultado pérdidas de la materia orgánica estable MO, con consecuentes efectos sobre la productividad del mismo cultivo.

El frijol y el haba son leguminosas de invierno, que puede fijar biológicamente el N₂ atmosférico por asociación con algunas bacterias de los géneros *Rhizobium* sp. Y *Bradyrhizobium* sp. El abundante contenido de nitrógeno y bajo contenido de celulosa, hacen del frijol y la haba abonos verdes de rápida descomposición, que mejora los niveles del N del suelo, pero que aporta poco la MO por su baja relación C: N(21:1).

Con este trabajo de investigación se busca ofrecer una alternativa más para la recuperación en materia orgánica y principales nutrientes del suelo, mediante la incorporación de leguminosas como abono verde a dos densidades de siembra y usando dos especies haba (*vicia faba*) y frijol (*phaseolus vulgares*).

1.2 JUSTIFICACIÓN

Se justifica la realización de la presente investigación sobre la incorporación de abonos verdes en la comunidad de Colonia Linares del Municipio de Bermejo, ya que casi todos los suelos de esta zona tuvieron una degradación de las características físicas (Da de 1,25 – 1,5 g/cc lo que lo clasifican en suelos limitantes para el desarrollo radicular, porosidad entre 40-50 % que los clasifican en suelos bajo en poros)y químicas(suelos de 1 a 2 % en MO lo que nos indica suelos bajo y muy bajos en contenido) de los suelos por el monocultivo de la caña de azúcar, donde la agricultura solo estaría dedicada a explotar los suelos sin retribuirles nada.

Con este trabajo de investigación se trata de buscar una alternativa posible para la recuperación y mejor uso de estos suelos como factor fundamental en la agricultura para tener producciones más rentables y productivas.

Por otra parte, los agricultores de esta comunidad, en su mayoría son de bajos recursos económicos e ignoran conocimientos sobre el uso de abonos verdes como mejoradores principalmente de las características físicas y la fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, por lo que con el presente trabajo tendrán la oportunidad de tomar conocimiento de esta importante práctica para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola.

Por esta razón con la presente investigación de incorporación de abonos verdes se pretende tener una alternativa más de cómo mantener o mejorar las características físicas del suelo para que así año a año tengan suelos acorde a lo que exige el cultivo que se pretende sembrar y tener mejores rendimientos y así contribuir de pequeña manera al mejor desarrollo de la agricultura en Bermejo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto comparativo de la aplicación de dos especies de leguminosas haba (*Vicia faba*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) como abono verde, a dos densidades de siembra para mejorar las características físicas, elevar el contenido de MO y principales nutrientes del suelo, en la comunidad Colonia José María Linares del municipio de Bermejo.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las características físicas: densidad aparente, porosidad, textura y estructura del suelo antes y después de la incorporación de abono verde de frijol y haba mediante un análisis en laboratorio.

- Evaluar las características químicas: CE, pH, contenido en N, P y K del suelo antes y después de la incorporación de abonos verdes mediante un análisis de laboratorio.

- Evaluar el contenido de MO del suelo antes y después de la incorporación de abonos verdes mediante un análisis de laboratorio.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 El suelo y su importancia

El suelo es el medio en el cual se desarrollan y crecen las plantas, está conformado por una gran variedad de materiales (minerales, materia orgánica, agua, aire) y además se encuentran muchos seres vivos (hongos, bacterias y algas entre otros) que se encargan de la descomposición de la materia orgánica, transformándola en nutrientes que posteriormente serán absorbidos por las plantas a través de las raíces.

El hombre obtiene del suelo la mayoría de los alimentos a través de cultivos y animales, el mismo es considerado un recurso natural no renovable a corto plazo, por eso es importante conservar los suelos para producir nuestros alimentos, caso contrario pondremos en riesgo el futuro de nuestros hijos y futuras generaciones.

(Mamani - 2009)

2.2. Abono verde

Los abonos verdes son todas las plantas, preferentemente en estado de floración, que se entierran en el suelo para mejorar la fertilidad y el contenido de carbono orgánico en los suelos. Cuando se habla de "abonos verdes" se hace referencia a la utilización de cultivos de vegetación rápida, que se cortan y se entierran en el mismo lugar donde han sido sembrados y que están destinados especialmente a mejorar las propiedades físicas del suelo, a enriquecerlo con "humus joven" de evolución rápida además de otros nutrientes minerales y sustancias fisiológicamente activas, así como a activar la población microbiana del suelo. (Labrador M., J. 1996)

2.2.1. Funciones y características de los abonos verdes

- **Estimulan** de forma inmediata la actividad biológica y mejoran la estructura del suelo, por la acción mecánica de las raíces, por los exudados radiculares, por la

formación de sustancias prehúmicas al descomponerse y por la acción directa de las células microbianas y micelios de hongos.

- **Protegen** al suelo de la erosión y la desecación durante el desarrollo vegetativo, y mejoran la circulación del agua en el mismo.
- Aseguran la **renovación** del humus estable, acelerando su mineralización mediante el aporte de un humus más “joven” y más activo.
- **Enriquecen** al suelo en nitrógeno, si se trata de leguminosas, e impiden, en gran medida la lixiviación del mismo y de otros elementos fertilizantes.
- En su descomposición, se liberan o sintetizan sustancias orgánicas fisiológicamente activas, que tienen una acción favorable sobre el **crecimiento** de las plantas y su resistencia al parasitismo.
- En los **sistemas cerealistas**, aseguran una mejor descomposición de la paja del cereal, al mantener el medio más húmedo, equilibrar la relación C/N y activar los microorganismos responsables de la misma.
- **Limitan** el desarrollo de malezas, directamente por el efecto de la cubierta vegetal en sí misma e indirectamente porque ciertos abonos verdes tienen poder desherbante, como el alforfón (*Fagopyrum esculentum*), o la facelia (*hacelia tanacetifolia*). (Labrador M., J. 1996)

Las características deseadas de un abono verde son:

- Que tenga un desarrollo rápido.
- Que produzca una buena cantidad de materia seca.
- Que tenga más hoja que tallos, de tal forma que su descomposición sea rápida.
- Que se adapte a varios tipos de suelo.
- Que utilice pocos nutrientes del suelo para su crecimiento.
- Que sea preferentemente fijadora de nitrógeno.

A más rápido crecimiento, mayor es la posibilidad de aptitud para ser introducido en una rotación y uso económico como medios de mejoramiento del suelo. Follaje abundante y raíces poderosas son, desde luego, algo necesario, y, como ya se ha

mencionado antes, a mayor contenido de humedad en el abono verde, más rápida es la descomposición y más pronto se obtienen beneficios. Como la necesidad de materia orgánica es urgente, en especial en la tierra pobre, un cultivo jugoso tendrá grandes ventajas.

Cuando las demás condiciones son iguales, es mejor hacer uso de las leguminosas en el abono verde, preferentemente a las no legumbres, a causa del Nitrógeno ganado por el suelo y la actividad orgánica que provocan. Es a veces de extraordinaria importancia una pequeña adición de Nitrógeno.

Sin embargo, a veces es difícil obtener un cultivo intercalado de legumbres, pues pueden ser tan valiosos como alimento de ganado, que sería antieconómico usarlo como abono verde. Además, las semillas de las legumbres son caras, casi prohibitivo su uso para los abonos verdes. Por otro lado, algunas legumbres no encajan dentro de las rotaciones comunes de tal forma que puedan ser luego enterradas convenientemente como abono verde. (Aguila, H. 1987)

2.2.2 Especies utilizadas como abonos verdes

Aunque se pueden utilizar un número considerable de especies vegetales como abonos verdes, las tres familias de plantas más utilizadas para tal fin, son las leguminosas, las crucíferas y las gramíneas.

2.2.2.1 Las leguminosas

Son las más empleadas dadas su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico, en favor de los cultivos siguientes. Hay autores que afirman que las leguminosas además mejoran el terreno con la penetración de sus raíces y que incluso llegan a romper los terrenos más duros (las raíces de las leguminosas tienen más de 1 m de longitud).

Se emplean principalmente las especies de trébol blanco enano (*Trifolium repens*), trébol violeta (*T. pratense*), veza vellosa (*Vicia villosa*), habas (*Vicia faba*),

altramuces (*Lupinus sp.*), meliloto amarillo (*Melilotus officinalis*), serradella (*Ornithopus sativus*), etc.; además de otras leguminosas tradicionales de interés para el sudeste español como los yeros (*Vicia ervilia*), las algarrobas (*Vicia monanthos*) y la almorta (*Lathyrus satirum*). Es frecuente el cultivo de leguminosas mezcladas con cereales u otras gramíneas: Veza+cebada; veza+avena; tréboles+raygrass; guisante forrajero+veza, etc. En Chile se ha probado la utilización de la arveja (*Pisum sativum L.*) y la vicia (*Vicia atropurpurea*) como abonos verdes. (Aguila, H. 1987)

2.2.2.2 Las gramíneas

Sembradas con las leguminosas, mejoran mucho el terreno y forman humus estable. Las raíces de las gramíneas mejoran el terreno ablandándolo en la superficie. En particular el centeno (*Secale cereale*) está indicado para siembra otoñal asociado a algarroba o habas. La avena (*Avena sativa*) está indicada para siembra de primavera, asociada con algarroba y guisante. (Aguila, H. 1987)

2.2.2.3 Las crucíferas

Tienen un desarrollo muy rápido proporcionando un buen abono verde cuando se dispone de poco tiempo entre cultivos. Son capaces de utilizar las reservas minerales mejor que la mayor parte de las plantas gracias a la longitud de su sistema radicular, acumulando importantes cantidades de elementos en sus partes aéreas que luego serán devueltos al suelo. Como especies más utilizadas está el nabo forrajero (*Brassica napus var. Oleífera*), la mostaza blanca (*Sinapis alba*), el rábano forrajero (*Raphanus raphanistrum*), etc. Se ha planteado también que las plantas de esta familia, con la acción de sus raíces, hacen asimilable por otras plantas el fósforo presente en el terreno en estado insoluble. (Aguila, H. 1987)

2.2.3 Elección de plantas como abono verde

La elección de las plantas está determinada por:

- La disponibilidad de la semilla y su precio.
- El tipo laboreo del suelo para la siembra y el tiempo de crecimiento.
- La masa vegetal que se desea obtener y que permita aun su utilización como forraje. (García y Martínez, 2011)

2.2.4 Incorporación de los abonos verdes

La forma de incorporar la planta como abono verde depende del objetivo del productor y de los equipos y herramientas disponibles. Cuando se desea proteger el suelo y controlar la maleza se deja el abono verde acamado y entero, entonces la descomposición ocurre lentamente; cuando se desea enterrar como abono verde debe cortarse en partes pequeñas e incorporar con un arado.

La incorporación al suelo se puede realizar con maquinaria o una yunta pala o azadón. Se recomienda enterrar el abono verde hasta una profundidad que no exceda los 10 cm; posteriormente se debe dejar transcurrir de 3 a 4 meses para sembrar o trasplantar los cultivos comerciales, periodo en el que ocurre la descomposición o humificación del material incorporado. Para la incorporación manual del abono verde se utiliza un machete o guadaña para cortarlo lo más finamente posible, después se entierra con pala o azadón, o bien puede emplearse la rastra o implemento de tiro animal. (García y Martínez, 2011).

2.2.5. Elección de la fecha de corte y enterramiento del abono verde

En la región mediterránea la siembra de los abonos verdes se hace en otoño, para aprovechar al máximo la estación de crecimiento de plantas, y el enterrado en primavera, cuando los suelos tienen alguna humedad, lo que facilita el laboreo que incorpora el abono al suelo.

La elección de la fecha de corte del abono verde influye en el rendimiento en biomasa, en la cantidad de nutrientes acumulada e incorporada al suelo y en la facilidad con que los residuos del abono verde se descomponen después de enterrados.

Según la tradición el enterrado de abonos verdes se realiza cuando las plantas están en floración. La máxima acumulación de nitrógeno suele ocurrir en floración. Sin embargo, en esta fase la cantidad de biomasa producida aún no ha alcanzado su máximo. Por otro lado, la descomposición del material vegetal enterrado en floración es más rápida.

El retraso en el corte y enterrado de los abonos verdes permite incrementar la producción de biomasa, las ganancias de materia orgánica en el suelo y, en el caso de las leguminosas, la cantidad de nitrógeno fijado y añadido al suelo, favoreciendo el rendimiento de los cultivos siguientes. Así, es posible plantear el interés de realizar el corte y enterrado en una fase más avanzada del desarrollo de las plantas, entre el final de la floración y el inicio de fructificación. Además, es también muy importante elegir la fecha de corte y enterrado en base a alcanzar la mejor sincronización posible entre el ritmo de liberación del nitrógeno a partir de los residuos del abono verde y la evolución de la demanda del cultivo siguiente. Debido a los cambios producidos en la morfología y composición química de los abonos verdes durante el transcurso de su desarrollo, la fecha elegida para segar y enterrar los abonos verdes influye en el ritmo de descomposición de los residuos y la velocidad con que los nutrientes, en especial el nitrógeno, son liberados en el suelo. (Ferro, J.M., 2011)

2.2.6. Elección del proceso de enterramiento del abono verde

Los abonos verdes pueden ser enterrados enteros, después de troceados o dejarlos como acolchado hasta el otoño siguiente e incorporarlos al suelo inmediatamente antes de la siembra del cultivo siguiente y se pueden cultivar también en sistemas de no laboreo. Para suprimir un abono verde que se va a quedar como acolchado se puede segar o aplicar un herbicida total. Después, si es necesario, se puede destrozarse el material vegetal.

Los trabajos aconsejados para el corte y enterrado de los abonos verdes son en general los siguientes:

- Cortar con una segadora y triturar la biomasa si la cantidad de vegetación a enterrar es muy grande.
- Secado sobre el terreno durante 2 o 3 días.
- Enterramiento con grada de discos, escarificador, arado de vertedera o fresadora, de acuerdo con las condiciones del suelo (textura, humedad, etc.) y la cantidad de biomasa a incorporar al suelo.

La labor de enterrado de los abonos verdes determina la profundidad de enterramiento y la dispersión de los residuos en el suelo, influyendo en la subsiguiente descomposición del material vegetal y afectando la sincronización entre la mineralización de los nutrientes y la demanda de cultivo sembrado a continuación. Una vez enterrados, los abonos verdes se descomponen demasiado rápido y las pérdidas de nitrógeno por lavado pueden aumentar. Cuando los abonos verdes se quedan como acolchado sin enterrar la descomposición inicial será más gradual, pudiendo ocurrir pérdidas de nitrógeno por volatilización. La mayor superficie de contacto y mayor dispersión en el suelo de trozos de material vegetal más pequeños facilitan el ataque microbiano e incrementan la velocidad de descomposición y mineralización de los abonos verdes. (Ferro, J.M., 2011)

2.2.7. Influencia de los abonos verdes en el suelo

- ❖ El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes, aumenta la conductividad eléctrica, retiene más agua así reduciendo la lixiviación de nutrientes.
- ❖ Mejora las características físicas estructura, porosidad, infiltración y consistencia.
- ❖ El abono orgánico mejora la estructura y porosidad del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- ❖ Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación del mismo.
- ❖ Disminuyen la erosión del suelo, tanto de agua como de viento.

- ❖ Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega y retienen durante mucho tiempo.
- ❖ Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste.
- ❖ Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad.
- ❖ Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- ❖ Los abonos orgánicos constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente. (InfoAgro, 2014)

2.2.8 Descomposición del Abono Verde

Es importante conocer el mecanismo de descomposición de la materia orgánica para entender mejor los cuidados que se debe tener en la incorporación de los abonos verdes. La materia orgánica suministra energía y nutrientes para todas las formas de vida en el suelo. La descomposición de la materia orgánica es en primer lugar un proceso biológico que implica a los organismos del suelo; algunas actividades químicas, tales como hidrólisis, solución y cambios físicos que también ocurren (Lorente, 1997).

La descomposición ocurre con presencia de aire (aeróbica) de ahí que se recomienda enterrarla superficialmente. Para facilitar la descomposición de esta masa verde es necesario que el suelo tenga una humedad adecuada. Esta materia orgánica incorporada previamente mezclada con el suelo, en presencia de aire y agua, empieza a descomponerse, en un proceso en el que participan activamente una serie de microorganismos del suelo y depende además de la temperatura. El tiempo de descomposición de estos materiales es variable, se estima que puede durar como mínimo unos 90 días de acuerdo a las condiciones favorables, tiempo a partir del cual se producen una serie de cambios físicos, químicos y biológicos, en la que finalmente

se tendrán nutrientes disponibles para los nuevos cultivos. La descomposición de los restos vegetales depende mucho de aireación que el medio recibe y en el que se está llegando a descomponer, aunque en las zonas templadas el proceso de descomposición se realiza en aerobiosis (Barreto, 1994).

2.2.8.1 Descomposición de los abonos verdes. Factores de los que depende

Los abonos verdes se siembran en el campo, en asociación o antes de sembrar el cultivo económico principal. Una vez que ha alcanzado el desarrollo óptimo en fitomasa y nutrientes, se procede a su incorporación al suelo, para que ocurra el proceso de mineralización, en el cual los componentes orgánicos de las plantas son degradados hasta la formación de los elementos en sus formas minerales simples. En el caso del nitrógeno, este pasa de N orgánico a N mineral, fundamentalmente en forma de nitratos. Los factores que determinan las tasas de mineralización del nitrógeno de los residuos orgánicos son temperatura, relación C:N, pH del suelo, mineralogía de las arcillas, humedad, biología del suelo y manejo de los residuos. (Martin y Rivera, 2001).

2.2.9 Clasificación de abonos verdes de acuerdo a las estaciones del año

2.2.9.1 Abono verde de primavera verano

Consiste en el establecimiento de especies leguminosas en el periodo julio a noviembre aprovechando el periodo de lluvias. Con esto se eleva la producción del material verde y se aporta nitrógeno al suelo. (García, J. y Martínez, R. 2011)

2.2.9.2 Abono verde de otoño invierno

Se recomienda sembrar las especies de invierno como son: avena, chícharo, veza, nabo forrajero, entre otras. Los abonos verdes en este periodo, protegen al suelo normalmente en descanso, controlan la erosión eólica y disminuyen la infestación de malezas. (García, J. y Martínez, R. 2011)

2.2.10 Abonos verdes y su interacción con otros cultivos

2.2.10.1 Abono verde asociado con cultivos anuales

En esta modalidad el cultivo como abono verde se siembra en entrelinea del cultivo comercial. La utilización del abono verde con cultivos anuales debe ser realizada correctamente para evitar que la planta destinada a abono verde compita con el cultivo comercial, por ejemplo, maíz asociado con frijol. En este caso el abono verde se siembra cuando el maíz ya está establecido y se incorpora cuando se realice la cosecha del maíz. (García, J. y Martínez, R. 2011)

2.2.10.2 Abono verde intercalado a cultivos perennes

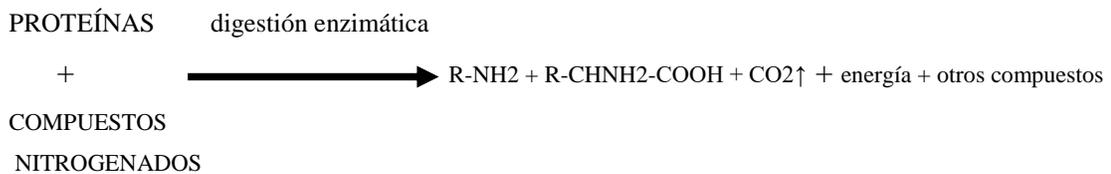
Esta modalidad consiste en establecer el abono verde en el espacio libre de la plantación comercial, el cultivo para abono verde debe ser una planta de crecimiento no agresivo, por ejemplo, trébol, veza y avena entre árboles frutales (durazno, pera, cítricos, etc.) donde se intercala. También se utilizan los abonos verdes como frijol, soya, frijol terciopelo, palma de coco entre otros. (García, J. y Martínez, R. 2011)

2.3 Mineralización

La mineralización consiste en la transformación del nitrógeno orgánico a formas inorgánicas asimilables por la planta y es realizada por los microorganismos del suelo para satisfacer sus necesidades energéticas y nutricionales. Se realiza en tres fases: aminización, amonificación y nitrificación. (Gordillo A. 2010).

2.3.1 Aminización o amificación

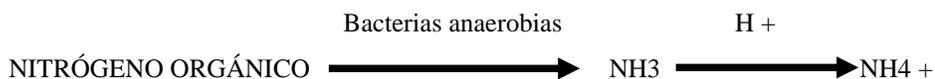
Se produce por la ruptura de grandes moléculas proteicas y compuestos nitrogenados de la materia orgánica, produciendo compuestos más simples como péptidos, aminoácidos, aminas etc.



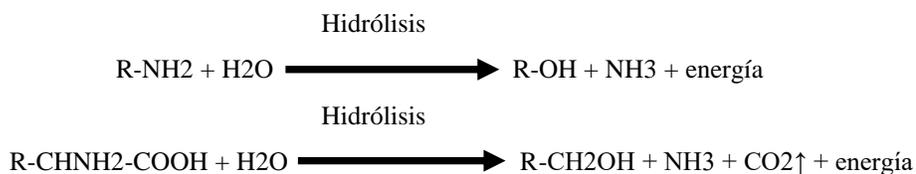
La mineralización del nitrógeno está limitada normalmente por la reacción de aminización, debido a la resistencia que ofrecen los compuestos nitrogenados a la actividad de los enzimas proporcionados por la población microbiana edáfica, más que a la carencia de estos enzimas. (Gordillo A. 2010).

2.3.2 Amonificación

Los compuestos orgánicos nitrogenados son hidrolizados hasta obtener nitrógeno amoniacal. Esta reacción está catalizada por enzimas presentes en muchos microorganismos de tipo heterótrofo, pero fundamentalmente en bacterias anaerobias, que reducen el nitrógeno orgánico hasta obtener NH_3 . Posteriormente, el NH_3 se transforma para originar NH_4^+ . El NH_4^+ puede quedar libre, en la solución del suelo, o ser fijado por el complejo de cambio.



Tanto las aminas, como los aminoácidos sufren procesos de hidrólisis enzimática en el suelo para originar amoniaco. (Gordillo A. 2010).



2.3.3 Nitrificación

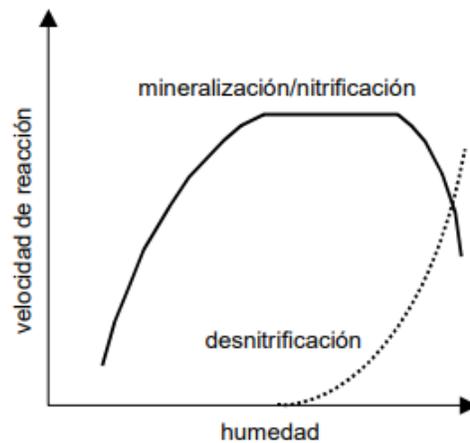
La nitrificación consta de dos fases llevadas a cabo por microorganismos distintos, Nitrosomonas y Nitrobacter que son bacterias autótrofas responsables de la oxidación del ión amonio para obtener, consecutivamente, los iones nitrito y nitrato. La

oxidación del amonio y del nitrito libera energía que es utilizada por la biomasa bacteriana. La segunda fase es más rápida que la primera, lo que evita la acumulación de nitritos en el suelo, que son tóxicos para las plantas (Navarro y Navarro, 2000).

Cuadro 2.1 Nitrificación

fase	Reacción
I	$\text{NH}_4^+ + 1.5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{nitrosomas}} \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$
II	$\text{NO}_2^- + \frac{1}{2}\text{O}_2 \xrightarrow{\text{nitrobacter}} \text{NO}_3^-$

El pH óptimo para la nitrificación es de 8,5, aunque la reacción se produce dentro de un amplio intervalo: 4,5 – 10. La presencia de oxígeno es imprescindible en la oxidación, por lo que el encharcamiento del suelo perjudica el proceso. Sin embargo, la nitrificación aumenta cuando el contenido en agua es relativamente alto siendo máxima con una saturación de los poros del 80-90% (Figura 2.1).



Fuente: porta et al., 1999

Gráfico 2.1: velocidad de mineralización de nitrógeno, nitrificación y desnitrificación en función del contenido de agua en el suelo.

La velocidad de mineralización aumenta exponencialmente con la temperatura, con un intervalo óptimo entre 25°C y 35°C disminuyendo para temperaturas superiores a 35°C. Las lombrices en el suelo ejercen un efecto positivo al mezclar el material vegetal con la fracción mineral, haciendo que la cantidad de nitrógeno mineralizado en el horizonte superior (habitado por las lombrices) sea mayor que en los horizontes inferiores. La oxidación del NO_2^- (ion nitrito) es más rápida que la del NH_4^+ , por lo que el NO_2^- no se acumula en el suelo. Como consecuencia de las velocidades relativas de estas reacciones, el nitrógeno en forma de NO_3^- (ion nitrato) del suelo es el más importante desde el punto de vista de la nutrición de los cultivos anuales. En el barbecho desnudo, donde no existe absorción de nitrógeno por la vegetación, puede acumularse el NO_3^- en el suelo. Para ello es necesario que se cumplan las siguientes condiciones: suficiente materia orgánica biodegradable en el suelo, tener el suelo limpio de hierbas, que no llueva y que se mantenga un contenido de humedad adecuado. (Gordillo A. 2010).

2.4 Abono verde y Materia Orgánica

En cuanto al efecto de los abonos verdes sobre la MO del suelo Herencia (2008) y Beltrán Morales (2006) demostraron que la adición de abono verde resulta en una mejora de la MO, lo que lleva a un mejor estado de agregación del suelo, menor densidad aparente y mejora en características de flujo de agua que benefician el crecimiento de los cultivos subsiguientes. El incremento en la MO y por lo tanto el incremento en la productividad puede tardar varios años en manifestarse, Agamennoni y Vanzolini (2006) observaron valores de incrementos en la producción del cultivo subsiguiente luego de realizar un abono verde con vicia.

Por lo expuesto, la utilización de cultivos de leguminosas anuales como abonos verdes puede ser una alternativa muy adecuada para incrementar el nivel de MO del suelo y proveer una fuente de nitrógeno disponible para ser aprovechados por los cultivos posteriores. En la Región Semiárida Pampeana la información existente sobre el tipo de leguminosas a utilizar como abono verde y distintas alternativas de

manejo es escasa. Solo se dispone de información preliminar en el ámbito regional como las evaluaciones realizadas en la EEA Anguil de INTA, La Pampa, mostraron incrementos del 30 al 80% en el rendimiento de MS de los cultivos cuando se utilizó previamente como abono verde cultivos de trébol o alfalfa. Los incrementos en la producción fueron equivalentes a los obtenidos con niveles de fertilización nitrogenada que oscilan entre los 130 y 150 kg N ha⁻¹ (Romero y Ruiz, 2001).

2.5 Abono verde y N del suelo

Experiencias de Buschiazzo (1998) en la región subhúmeda y semiárida de La Pampa Argentina, demostraron que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo mejoran con la mayor cantidad de residuos de plantas retenidos en la superficie o incorporados. Por ello, los abonos verdes incluidos en una rotación pueden lograr una mejora en la sustentabilidad del recurso suelo. Se denomina abono verde a la práctica de enterrar las plantas en el lugar donde crecen, y su objetivo es mejorar las condiciones físico-químicas del suelo a través de la descomposición del material enterrado. El uso de leguminosas anuales o perennes como abono verde aparece como una tecnología apropiada para mejorar la productividad de cultivos y pasturas subsiguientes, a través de las mejoras en la fertilidad físico-química del suelo. Las leguminosas pueden contribuir aportando importantes cantidades de N de origen simbiótico para los cultivos posteriores, así como proteger el suelo contra la erosión (Starovoytov, 2010).

Según se explica en el manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelo (FAO, 1997) las funciones del abono verde son: proteger la capa superficial del suelo; mantener elevadas tasas de infiltración de agua; atenuar la amplitud térmica del suelo y disminuir la evaporación aumentando la disponibilidad de agua para los cultivos; romper capas duras por medio del sistema radicular y promover la aireación y estructuración del suelo, induciendo su actividad biológica; promover el reciclaje de nutrientes; disminuir la lixiviación de nutrientes; promover la adición de N al suelo a

través de la fijación biológica; reducir la población de malezas y activar, mediante su crecimiento y descomposición, el ciclo de muchas especies de macroorganismos y principalmente microorganismos del suelo, cuya actividad mejora la dinámica física y química del suelo.

2.6 Importancia de la materia orgánica del suelo

La MO es uno de los constituyentes más importantes de la fracción sólida del suelo, debido a sus propiedades coloidales, alta retención de humedad, propiedades buffer y aporte gradual de nutrientes, siendo un componente fundamental para el desarrollo de actividades agrícolas. Al incorporar materia orgánica al suelo como mejorador de este mismo, este tiene un rol fundamental en las características físicas del suelo, mejorando la Da, porosidad, la estructura e infiltración. Por ejemplo al tener unos suelos muy pesados con la incorporación de MO este puede cambiar a un suelo más suelto y a si esto ayudando a la infiltración mejor retención de agua y nutrientes que favorecen a la raíz y por ende al cultivo (Jaramillo, 2002).

2.7 Experiencias sobre los abonos verdes

Durante más de 40 años, los agricultores de las zonas tropicales húmedas de México y Centroamérica han generado y refinado una tecnología que requiere muy pocos insumos y se basa en una leguminosa conocida como el haba (vicia faba L.)

Los productores indígenas de Guatemala y México comenzaron a ensayarla como fertilizante natural hace varias décadas, pues notaron que aumentaba los rendimientos de maíz en sus deteriorados campos. Calculan que, dependiendo de las condiciones pedológicas, climáticas y de manejo, los rendimientos son dos veces mayores (o sea, entre 1 y 3 ton/ha).

A partir del segundo y tercer año, en el primer año no se notó mucho la diferencia también se debe mencionar que algunas de estas plantas utilizadas como abonos verdes, no solo incorporan elementos al suelo, sino que forman parte de la dieta alimentaria de los agricultores. (Gerardo, 1995)

Tiempo para obtener resultados Generalmente con los abonos verdes no se obtiene respuesta tan rápido como se obtiene con los fertilizantes químicos, lo cual hace que no sea una práctica de rápido impacto productivo; pero si, está demostrado que, los rendimientos tienden a incrementarse a partir del segundo o tercer año de usar la tecnología. Algunas especies como el haba están en primera lista por su resistencia al frío, a la sequía y por producción de biomasa. El lento impacto productivo de los abonos verdes se compensa en gran parte por su bajo costo y riesgo. (Gerardo, 1995)

2.8. Fertilidad del suelo

La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en forma armónica e interrelación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales -fertilidad química- pero que no está provisto de buenas condiciones físicas y viceversa. Igualmente, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de las plantas; el clima juega un papel importante y determinante en muchos casos. Por ejemplo, se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no es capaz de producir buenas cosechas, entonces en un suelo fértil, no productivo. Respecto a su constitución, en general y en promedio, en VOLUMEN, una proporción ideal está dada por 45-48% de partículas minerales, 5-2% de materia orgánica, 25% de aire y 25% de agua. (Sánchez, 2007).

La fertilidad natural de un suelo está determinada en gran parte por la presencia de materia orgánica en este. La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos vegetales y animales de todas las clases, más o menos descompuestos y transformados por la acción de los microorganismos. Los principales microorganismos que se encuentran son bacterias, hongos y algas. Bajo la acción de

estos microorganismos los residuos se van descomponiendo y transformando más o menos lentamente, en compuestos orgánicos variados.

La materia orgánica proporciona grandes beneficios a los suelos:

- Contribuye a que las partículas minerales individuales del suelo formen agregados estables, mejorando así la estructura del suelo y facilitando su laboreo.
- Favorece una buena porosidad, mejorando así la aireación y la penetración del agua.
- Aumenta la capacidad de retener agua.
- Por las razones anteriores, disminuye los riesgos de erosión.
- Proporciona partículas de tamaño coloidal con carga negativa (humus), que tiene alta capacidad de retener e intercambiar cationes nutritivos.
- Actúa como agente amortiguador al disminuir la tendencia a un cambio brusco del pH del suelo cuando se aplican sustancias de acción ácida o alcalina.
- Hace posible la formación de complejos órgano-metálicos, estabilizando así micronutrientes del suelo que de otro modo no serían aprovechables.
- Es una fuente de elementos nutritivos, que son aprovechables por las plantas después que la materia orgánica ha sido descompuesta por los microorganismos. (Sepulveda, F. Tapia, F. Ardiles, S. 2017)

2.8.1 Factores de la fertilidad del suelo

2.8.1.1 Propiedades físicas del suelo

2.8.1.1.1 Textura

La textura de un suelo está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y

arcilla) que contiene. La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica. Las partículas de arena son comparativamente de tamaño grande (0.05-2mm) y, por lo tanto, exponen una superficie pequeña comparada con la expuesta por un peso igual de partículas de arcilla o de limo. (Buckman y Brady, 1966).

El tamaño de partícula de los suelos arcillosos es menor a 0.002mm; tienen la capacidad de retener agua contra la fuerza de gravedad. La fracción de arcilla, en la mayoría de los suelos, está compuesta de minerales que difieren grandemente en composición y propiedades en comparación con la arena y el limo. El componente arcilloso de un suelo es fundamental para determinar muchas características de éste, debido a que las partículas de arcilla tienen un área superficial mayor. Cada partícula de arcilla tiene cargas eléctricas negativas en su superficie externa que atraen y retienen cationes de manera reversible. Muchos cationes como potasio (K^+) y magnesio (Mg), son esenciales para el crecimiento vegetal y son retenidos en el suelo por las partículas de arcilla. (Buckman y Brady, 1966).

La textura influye decisivamente en el comportamiento del suelo respecto a su capacidad de retención de agua y nutrientes, su permeabilidad (encharcamiento, riesgo de lixiviación de agua y nitrógeno, etc.) y su capacidad para descomponer la materia orgánica. Para la determinación de la textura, se usa un Diagrama Textural de la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), que consiste en una herramienta para determinar las clases texturales en función de los porcentajes de arcilla, limo y arena.

con un carácter persistente, junto con el espacio de huecos que llevan asociadas. La estructura pues, surgirá a partir de las interacciones fisicoquímicas entre las arcillas y los grupos funcionales de la **materia orgánica**. La importancia de la estructura del suelo es clara, ya que nos permite diferenciar los suelos de los materiales geológicos. Los huecos contenidos en los agregados van a permitir la transferencia de aire y agua en el suelo, incidiendo por tanto en la actividad de los microorganismos y en el crecimiento vegetativo.

Además la estructura condiciona toda una serie de propiedades del suelo como:

- Evita el sellado y la formación de costras superficiales al secarse la superficie del suelo.
- -Favorece la infiltración el agua y la germinación de las semillas.
- -Permite el desarrollo de la microflora aeróbica.
- -Favorece la actividad de la microfauna del suelo, actividad que repercutirá a su vez favorablemente en el mantenimiento de una buena estructura.
- -Influye positivamente sobre la capacidad de retención de agua en el suelo.
- -Favorece las prácticas culturales. (J. Ibáñez, 2006)

2.8.1.1.3 Porosidad

La porosidad del suelo viene representada por el porcentaje de huecos existentes en el mismo frente al volumen total. La porosidad depende de la textura, de la estructura y de la actividad biológica del suelo. Cuanto más gruesos son los elementos de la textura mayores son los huecos entre ellos, salvo si las partículas más finas se colocan dentro de esos huecos o si los cementos coloidales los obturan. No obstante lo más corriente es que los suelos con elementos gruesos presenten poros también gruesos y los suelos limosos y arcillosos, huecos muy numerosos pero de pequeño tamaño. La materia orgánica contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad. Son por tanto los suelos coloidales los que tienen la mayor porosidad. La influencia de la estructura es tan evidente que a menudo se utiliza el valor de la porosidad para dar una idea de la

estructura del suelo; además los agentes que destruyen la estructura disminuyen la porosidad, como por ejemplo el apisonado. El tercer factor que tiende a desarrollar la porosidad es la actividad biológica del suelo, especialmente la de la microfauna. En los suelos cuya actividad biológica es intensa se observa con frecuencia, al lado de las huellas del recorrido de las lombrices, un gran número de canalículos finos que resultan del trabajo de pequeños insectos. Cuando este tipo de poros resulta predominante se dice que el suelo tiene una porosidad tubular. La porosidad constituye el dominio natural de las fases líquida y gaseosa del suelo, siendo la primera la que por su variabilidad limita el espacio ocupado por la segunda. (Ibáñez, 2006).

Cuadro 2.2 interpretación de la porosidad

Porosidad total (%)	Interpretación
< 30	Muy baja
30 - 40	Baja
40 - 50	Media
50 - 60	Alta
> 60	Muy alta

2.8.1.1.4 Densidad Aparente

La densidad aparente, es la medida en peso del suelo por unidad de volumen (g/cc), se analiza con suelos secados al aire o secados en la estufa a 110°C. La densidad aparente está relacionada con el peso de las partículas minerales y las partículas orgánicas, así como por la porosidad de los suelos. Si se considera cierto volumen de suelo en sus condiciones naturales, es evidente que solo cierta proporción de dicho volumen está ocupada por el material del suelo (Aguilera, 1989).

El resto lo constituyen espacios intersticiales que, en condiciones ordinarias de campo, están ocupados en parte por agua y en parte por aire. El peso de la unidad de volumen de suelo con espacios intersticiales es lo que da la densidad aparente (Wooding, 1967).

Casi todos los suelos minerales tienen una densidad aparente que varía de 0.4 a 2.0 g/cc. La densidad aparente es importante para estudios cuantitativos de suelo. Los resultados de las densidades aparentes son fundamentales para calcular los movimientos de humedad, los grados de formación de arcilla y la acumulación de los carbonatos en los perfiles de suelo, Los suelos orgánicos tienen muy baja densidad aparente en comparación con los suelos minerales. (Aguilera, 1989).

Cuadro 2.3: densidades óptimas para cada tipo de suelo

TIPO DE SUELO	DA (g/cm ³)
Suelos orgánicos	0,1 - 0,6
Suelos superficiales, texturas finas	1.0 - 1.3
Suelos superficiales, texturas gruesas	1.0 - 1.8
Suelos compactados	1.0 - 2.0
Suelos franco arcillosos	1.0 - 1.4
Suelos franco limosos	1.1 - 1.4
Suelos franco arenosos	1.2 - 1.8
Suelos volcánicos:	0.3 - 0.85

2.8.1.1.5 Densidad Real

Un medio de expresión del peso del suelo se manifiesta según la densidad de las partículas sólidas que lo constituye. Normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólidos del suelo y es llamada densidad de la partícula; aunque pueden observarse variaciones considerables en la densidad de los suelos minerales, individuales; la mayor parte de los suelos normales varían entre los límites estrechos de 2,60 a 2,7 g/cc. Debido a que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de partículas. Como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2,4g/cc. También se le define como el peso de un volumen conocido comparado con el peso de volumen igual de agua (Buckman y Brady, 1966).

2.8.1.2 Propiedades químicas

La química de suelos es la ciencia que estudia las propiedades químicas del suelo y de sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes. (Bornemisza, 1982). Algunas propiedades químicas del suelo son:

2.8.1.2.1 Carbonato de Calcio

La importancia de la determinación de los carbonatos del suelo está relacionada con la influencia que estos ejercen sobre el pH del suelo, un suelo con abundantes carbonatos tendrá un pH neutro o ligeramente alcalino mientras que un suelo sin carbonatos tendrá un pH ácido. Se considera al carbonato de calcio es el principal componente de la piedra caliza, la cual es una enmienda muy utilizada para neutralizar la acidez del suelo y suministrar calcio (Ca) para la nutrición de las plantas. El parámetro se mide para ver la medida en porcentaje se encuentra en el suelo, ya que puede elevar el pH en los suelos ácidos y reducir la cantidad del Aluminio soluble, que es tóxico para el sistema radical de muchas plantas. Los valores estándares de carbonatos, se presentan a continuación. (Ver Cuadro 2.4) (Piura, 2016)

Cuadro 2.4. Valores Estándares de Carbonatos

Clase	Calcáreo Total (CaCO ₃)
Bajo	< 1%
Medio	1 -5 %
Alto	> 5%

Fuente: (Piura, 2016)

2.8.1.2.2 Fósforo disponible

El fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica y su solubilidad en el suelo es baja. Existe un equilibrio entre el fósforo en la fase sólida

del suelo y el fósforo en la solución del suelo. Las plantas pueden adsorber solamente el fósforo disuelto en la solución del suelo, y puesto que la mayor parte del fósforo en el suelo existe en compuestos químicos estables, sólo una pequeña cantidad de fósforo está disponible para la planta. Al absorber el fósforo de la solución del suelo por las raíces, parte del fósforo adsorbido a la fase sólida del suelo es liberado a la solución del suelo, para mantener un equilibrio químico. Se tiene la siguiente tabla interpretativa en ppm. (Ver Cuadro 2.5) (Piura, 2016)

Cuadro 2.5. Rangos Estándares de Fósforo Disponible

Clase	Fósforo P (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7 - 14
Alto	> 14

Fuente: (Piura, 2016)

2.8.1.2.3 Potasio Disponible

El potasio disponible define los grados de deficiencia, suficiencia o exceso de este elemento en relación a su disponibilidad para los cultivos. Este se considera como la suma de potasio cambiante más potasio soluble, el cual es adsorbidos por el suelo y aprovechado por la planta. El potasio en la solución del suelo se encuentra en cantidades relativamente pequeñas en comparación con la cantidad absorbida en complejo de cambio del suelo.

El potasio disponible cumple funciones trascendentes en la fisiología de las plantas. Actúa a nivel del proceso de la fotosíntesis, en la translocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas, mejora la nodulación de las leguminosas, etc. Asimismo, una buena nutrición potásica aumenta la resistencia a condiciones adversas, como sequías y heladas, ya que regula el potencial osmótico celular (regula el contenido de agua interna), o presencia de enfermedades. Los Valores estándares de presentan en la Cuadro 2.6. (Piura, 2016)

Cuadro 2.6. Rangos Estándares de Potasio Disponible

Clase	Potasio K (ppm)
Bajo	< 100
Medio	100 -240
Alto	> 240

Fuente: (Piura, 2016)

2.8.1.2.4 pH del Suelo

Mide la actividad de los H⁺ libres en la solución del suelo (acidez actual) y de los H⁺ fijados sobre el complejo de cambio (acidez potencial). La acidez total del suelo es la suma de las dos, porque cuando se produce la neutralización de los H⁺ libres se van liberando H⁺ retenidos, que van pasando a la solución del suelo. El pH puede variar desde 1 a 14 y de acuerdo con esta escala los suelos se clasifican tal como se muestra en la tabla. (Ver Cuadro 2.7) (Piura, 2016)

Cuadro 2.7 rangos estándares del pH

Reacción del Suelo (pH)	
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5
Neutro	6,6 – 7,3
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4

Fuente: (Piura, 2016)

Una de las características del suelo más importantes es su reacción, ésta ha sido debidamente reconocida debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente tanto a su medio químico, como a la reacción del suelo y los factores asociados con ella. Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad, y alcalinidad (Buckman y Brady, 1966).

Por lo general la acidez del suelo es común en todas las regiones donde la precipitación es alta, lo que ocasiona la lixiviación de grandes cantidades de bases intercambiables de los niveles superficiales de los suelos; en este caso, la solución del suelo contiene más iones hidrógeno (H^+) que oxidrilos (OH^-). Los suelos alcalinos son característicos de las regiones áridas y semiáridas; la alcalinidad se presenta cuando existe un alto grado de saturación de bases. La presencia de sales especialmente de calcio, magnesio y sodio en formas de carbonatos da también preponderancia a los iones (OH^-) sobre los iones (H^+) en la solución del suelo (Millar et al., 1971).

Existen dos grupos de factores que provocan cambios en el pH del suelo: (1) los que resultan del aumento del hidrógeno adsorbido y (2) los que aumentan el contenido de bases adsorbidas. Uno de los factores que provocan la acidez en el suelo es la descomposición de la materia orgánica ya que se forman ácidos tanto orgánicos como inorgánicos; el ácido orgánico que se encuentra con mayor frecuencia es el ácido carbónico ($CO_3 H_2$). Éste ácido remueve grandes cantidades de bases por disolución o lixiviación. Los ácidos inorgánicos, tales como ácido sulfúrico y el ácido nítrico (HNO_3), son reservorios importantes de iones H en el suelo. (Buckman y Brady, 1966).

Cualquier proceso que pueda aumentar el contenido de bases intercambiables como el Ca, Mg, K y Na, contribuirá a la reducción de la acidez y aumento de la alcalinidad. Uno de los procesos de formación de bases es el intemperismo ya que extraen cationes cambiables de los minerales y los hacen aprovechables por adsorción. Otro proceso es la adición de materiales que contienen bases tales como las calizas; las aguas de riego son otro factor ya que el agua contiene sales minerales de diferente tipo, siendo sus cationes adsorbidos por los coloides del suelo. Las condiciones que permiten a las bases intercambiables permanecer en el suelo aumentarán también los valores de pH (Buchkman y Brady, 1966). Algunas de las fluctuaciones de pH ocurren durante las diferentes estaciones del año, por ejemplo, durante el verano el

pH de los suelos minerales tiende a disminuir sobre todo bajo cultivo, debido a los ácidos producidos. En invierno y primavera se observa un aumento del pH, seguramente a causa de las actividades bióticas. Como resultado, la influencia de la alcalinización de la solución tenderá a aumentar el pH. Los microorganismos del suelo son influenciados por las fluctuaciones de la reacción de la solución del suelo. Las bacterias y los actinomicetos funcionan mejor en suelos minerales con pH intermedios y elevados, siendo su actividad muy reducida cuando el pH desciende por debajo de 5.5. Un suelo con pH intermedio, por ejemplo, de 6 a 7, es el que presenta mejor régimen biológico, ya que las condiciones nutrientes son favorables sin ser extremas y la asimilación del fósforo está en el máximo (Porta et al., 2003).

De acuerdo a los valores de pH la clasificación de suelos puede variar entre los expertos de la ciencia del suelo, sin embargo, de manera general se dice que un suelo es fuertemente ácido si su pH es menor que 5.0 lo que indica que es muy deficiente en bases; moderadamente ácido, si el suelo tiene un pH que varía de 5.0 a 6.0, lo que indica moderada deficiencia de bases; ligeramente ácido cuando el suelo tiene un pH menor que 7.0 pero generalmente más que 6.0; neutro debido a que tiene un pH de aproximadamente 7.0; básico cuando el suelo tiene un pH mayor a 7.0 y alcalino cuando el pH es mayor a 8.5 cuando esto sucede indica la presencia de sodio. Esta clasificación del valor de pH se ve influenciado por los procesos antes mencionados (Porta et al., 2003).

2.8.1.2.5 Conductividad eléctrica

Todos los suelos fértiles contienen por lo menos pequeñas cantidades de sales solubles. La acumulación de sales solubles en el suelo se atribuye principalmente a problemas de drenaje y a la acción de riegos continuados, seguidos de evaporación y sequía. Cuando un suelo tiene un exceso de sales solubles se le denomina suelo salino. La medida de la conductividad eléctrica (CE) del suelo y de las aguas de riego permite estimar en forma casi cuantitativa la cantidad de sales que contiene. El

análisis de la CE en suelos se hace para establecer si las sales solubles se encuentran en cantidades suficientes como para afectar la germinación normal de las semillas, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua por parte de las mismas. Las sales solubles que se encuentran en los suelos en cantidades superiores al 0.1 % están formadas principalmente por los cationes Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} asociados con los aniones Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- y HCO_3^- . Existen unos valores estándares brindados por el laboratorio que se han usado de referencia para la interpretación. (Ver Cuadro 2.8) (Piura, 2016)

Cuadro 2.8. Valores de C. E según respuesta de los cultivos

C.E (Sales) Según respuesta de los cultivos (dS/m)	
Muy ligeramente Salino	< 2
Ligeramente Salino	2 - 4
Moderadamente Salino	4 - 8
Fuertemente Salino	8 - 16
Extremadamente Salino	> 16

Fuente: (Piura, 2016).

En cuanto a unidades, se agrega que:

$$\text{dS/m} = \text{mmho/cm}$$

Por lo tanto, se deberá tener en cuenta el tipo de unidades para evaluar los resultados con estos valores estándares, de acuerdo con los análisis que brinde el laboratorio. (Piura, 2016)

2.8.1.2.6 Capacidad de Intercambio Catiónico

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de una muestra de suelo o de alguno de sus componentes, expresa: el número de moles de iones de carga positivos adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase líquida y una relación de masa-solución dada. Un mol de carga positiva equivale a 6.02×10^{23} cargas de cationes adsorbidos. En unidades SI la CIC se expresa en centimoles de carga positiva por

kilogramo, $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ o bien cmolc kg^{-1} . Con anterioridad se venía utilizando como unidad el $\text{meq}/100\text{g}$, cuyo uso se halla todavía muy extendido. El valor numérico es el mismo con ambas unidades (Porta et al., 2003).

2.8.1.3 Propiedades biológicas del suelo

2.8.1.3.1 Materia orgánica

La materia orgánica, es uno de los constituyentes más importante de los suelos, se encuentra relacionada con la productividad agrícola, es un indicador de la salud del suelo y su efecto positivo sobre la sostenibilidad de un sistema productivo, tiene propiedades biológicas, químicas y físicas que dan beneficios a la planta, de manera que influye en las características químicas y físicas del suelo, como estabilidad estructural, capacidad de retención hídrica, como almacenamiento de energía metabólica, fuente de macronutrientes, retención de agua, estimulación e inhibición del crecimiento vegetal, disponibilidad de nitrógeno y azufre, etc.

Para su análisis tenemos estos rangos, medido bajo el método de Walkley-Black. (Ver Cuadro 2.9) (Piura, 2016)

Cuadro 2.9 Rangos Estándares de MO

Clase	Materia Orgánica
Bajo	< 2%
Medio	2 - 4 %
Alto	> 4%

Fuente: (Piura, 2016).

La materia orgánica del suelo constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo, así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que

allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (Bornemisza, 1982).

Los procesos químicos en los que interviene la materia orgánica son:

1.- El suministro de elementos nutritivos por la mineralización en particular la liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes disponibles para las plantas.

2.- La estabilización de la acidez del suelo por su poder amortiguador.

3.- La contribución a la capacidad de cambio catiónico de los suelos, importante para los suelos de textura arcillosa de tal capacidad de cambio y elevada retención de cationes.

4.- La regularización de los niveles de disponibilidad de nutrimentos principales y de elementos menores mediante la formación de sustancias orgánicas que constituyen compuestos solubles, no iónicos (complejos internos) con cationes de valencia variable, Estas sustancias llamadas “quelatos”, móviles en el suelo, son también importantes en los procesos edafogénicos. Se sabe que los ácidos orgánicos del suelo influyen de manera apreciable en la solubilización y movilización de componentes inorgánicos.

5.- Los fenómenos de absorción. La materia orgánica también afecta algunas propiedades físicas muy importantes del suelo como:

- La estructura del suelo; favoreciendo la formación de agregados individuales, reduciendo la agregación global del suelo y disminuyendo la plasticidad del mismo.

- El uso más eficiente del agua; se sabe que la materia orgánica mejora la infiltración del agua en el suelo (Bornemisza, 1982).

El rol de la materia orgánica (MO), está ligada a la cantidad, tipo y actividad microbiana. De este modo el mantenimiento de la “fertilidad biológica” sugiere

inalterabilidad del ambiente sobre todo microbiológico del suelo. Son variadas las ventajas y actividades de los microorganismos del suelo, participando en:

- Procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica.
- Procesos de mejoramiento de las características físicas debido a la influencia de MO.
- Procesos de fijación biológica de N (simbiótica y libre).
- Solubilización de componentes minerales del suelo (asociación micorrítica).
- Reducción de Nitratos y Sulfatos.
- Hidrólisis de la urea. (Buckman y Brady, 1966).

2.9. EL CULTIVO DE LA HABA

2.9.1. Origen

Es originaria como cultivo del Oriente Próximo, extendiéndose pronto por toda la cuenca mediterránea, casi desde el mismo comienzo de la agricultura. Los romanos fueron los que seleccionaron el tipo de haba de grano grande y aplanado que es el que actualmente se emplea para consumo en verde, extendiéndose a través de la Ruta de la Seda hasta China, e introducido en América, tras el descubrimiento (Cubero, 1981).

2.9.2. Importancia del cultivo

El haba es la séptima legumbre de grano en importancia en el mundo y la típica Leguminosa de doble utilización, usándose tanto para alimentación humana por su gran aporte de proteína a la dieta, como también para alimentación animal. Además, tiene un importante rol en la fijación de nitrógeno atmosférico, estimado en 100 – 120 Kg N/ ha. Es por este último atributo, que el haba es utilizada en rotación de cultivos, ya que además de aportar nitrógeno, reduce enfermedades y plagas, permite reducir malezas gramíneas y mejora la retención de humedad del suelo. (Albarracín, 2004).

Cuadro 2.10. Países productores de habas verdes

Países	Producción habas verdes año 2002 (toneladas)
Argelia	125.000
China	115.991
Chipre	110.000
Marruecos	103.820
España	73.100
Italia	66.764
Perú	66.085
Iraq	60.000
México	53.000
Siria, República Árabe	51.290
Turquía	47.000
Portugal	30.000
Ecuador	22.000
Chile	19.500
Jordania	18.220
Libia, Jamahiriya Árabe	14.800
Túnez	14.800
Kazajstán	11.000
Reino Unido	11.000
Líbano	10.600
Rep. Islámica de Irán	10.000
Grecia	9.000

Fuente: FAO -1999

2.9.3 Clasificación taxonómica

Reino: plantae (vegetal)

División: magnoliophyta

Clase: magnoliopsida

Sub clase: rosidae

Orden: fabales

Tribu: fabaea

Género: vicia

Especie: vicia faba L.

(InfoAgro- 2013)

2.9.4 Características morfológicas y fisiológicas.

2.9.4.1 Semilla

Las semillas son oblongas, de tamaño más o menos grande, dependiendo también de la variedad, y de color verde amarillento que luego, al sobre madurar, se vuelve bronceado. También hay variedades de grano negruzco y morado.

El peso de una semilla es de uno a dos gramos. El poder germinativo dura de 4 a 6 años. En la semilla comercial el porcentaje mínimo de germinación es del 90 por 100 y la pureza mínima del 99 por 100. (Mera, 1999)

2.9.4.2 Raíz

La raíz del haba crece en profundidad hasta alcanzar un largo similar al del tallo de la planta. Como otras fabáceas, los nódulos de la misma tienen la propiedad de fijar nitrógeno en el suelo; aunque hasta un 80% del mismo es consumido por la propia planta, el 20% restante mejora la fertilidad de la tierra, por lo que el cultivo se emplea en sistemas de rotación para fortalecer suelos agotados.

2.9.4.3 Tallos

El haba tiene porte recto y erguido, con tallos fuertes y angulosos de hasta 1,6 metros de altura. Muestra hojas alternas, paripinnadas y compuestas, con folíolos anchos de forma oval-redondeada, color verde oscuro, sin zarcillos; el folíolo terminal no existe o se convierte en un zarcillo rudimentario.

2.9.4.4 Hojas

Alternas, compuestas, paripinnadas, con folíolos anchos ovales-redondeados, de color verde y desprovisto de zarcillos.

2.9.4.5 Flor

Las flores se presentan en racimos de 2 a 8, axilares las cuales son fragantes y grandes, alcanzando los 4 cm, con pétalos blancos manchados de violeta, púrpura o negro. Son hermafroditas, y la planta es capaz de auto polinizarse. Hay que advertir que la fertilización cruzada natural. (InfoAgro - 2013)

2.9.4.6 Ciclo Vegetativo

Duración del cultivo de 70 a 90 días.

Iniciamos la cosecha de vainas de la parte baja, luego del medio y terminamos con las que se encuentran arriba de la planta

Deben recolectarse cuando las vainas estén todavía verdes y antes de que la piel de las semillas empiece a volverse áspera.

Las vainas tienen que tener el tamaño deseado para la venta.

Las vainas tienen que ser duras y haber completado su madurez.

Algunas de las hojas inferiores empiezan a cambiar de color de verde a amarillo (Ruiz, 2008).

2.9.5 Labores culturales del cultivo

2.9.5.1 Preparación del Terreno

Debido a que la planta posee una potente raíz pivotante, hay que realizar una labor profunda para acondicionar el terreno, de 25 a 40 cm de profundidad, aprovechando para la incorporación del abonado de fondo.

El haba se adapta a diversos tipos de suelo, aunque rinde mejor en suelos sueltos, profundos y ricos en materia orgánica. El cultivo de haba es poco exigente en suelo, aunque prefiere suelos arcillosos o silíceos y arcillosos, ricos en humus profundos y frescos; perjudican el normal desarrollo del cultivo el suelo húmedo y mal drenado.

La preparación debe realizarse con la debida anticipación, por lo que barbechamos, actividad que nos sirve para volcar la tierra, para enterrar los rastros del anterior cultivo y de las malezas; con esta actividad matamos plagas y controlamos enfermedades. Luego de barbechar el suelo, realizamos la cruzada, para romper los terrones, para airear el suelo y mezclar el estiércol descompuesto que previamente ha sido distribuido por el terreno. Unos días antes de la siembra aramos el terreno para ablandar la tierra; si es necesario debemos nivelar el terreno para que no se junte el agua o se seque rápido el suelo. No debemos sembrar en terrenos donde se hayan sembrado los últimos dos años con haba y/o arveja. (Domínguez, 2012)

2.9.5.2 Importancia de la época de siembra

La importancia de la época de siembra es que se puede prevenir las heladas y se puede evadir las enfermedades en medida de lo posible

En la zona alta del departamento de Tarija, la siembra se realiza a partir del 15 de julio y culmina en el mes de agosto, de manera excepcional algunos productores extienden su siembra hasta el 15 de septiembre, aunque estas últimas siembras tienen fuertes influencias de los factores climáticos (heladas), que limitan la producción o el éxito de las mismas. (INIAF-2010)

2.9.5.3 Siembra

En la zona Alta del Departamento de Tarija, la siembra de semilla de haba se inicia a partir del 15 de Julio y culmina en el mes de agosto; de manera excepcional algunos productores extienden su siembra hasta el 15 de septiembre, aunque estas últimas siembras tienen fuertes influencias de los factores climáticos (heladas), que limitan la producción o el éxito de las mismas. En la zona de los valles y llanos tienen dos épocas de siembra ya sea en primavera o en otoño en meses de agosto-septiembre y marzo-abril respectivamente.(INIAF-2010)

2.9.5.4 Germinación

La nacencia se produce a los 8-12 días, dependiendo de la temperatura y la recolección se realiza transcurrida aproximadamente 90 días (según variedades).

Siembra las semillas más grandes a 5 cm de profundidad y a 25 cm de distancia entre sí, en una tierra bien removida y abonada (Feller, 1995).

2.9.5.5 Aporque

El aporque en el cultivo de haba es muy importante, permite el desarrollo de las raíces y da a la planta mayor soporte, esta práctica también ayuda en el macollamiento para la obtención de un mayor número de tallos y por lo tanto un mayor número de vainas por planta (cuando más tallos mayor rendimiento, recomendable 4 a 6 tallos por planta). Es recomendable que esta actividad se realice cuando las plantas presentan una altura de 25 a 35 cm de altura y con un suelo con suficiente humedad (INIAF-2010).

2.9.5.6 Riego

A pesar de que el cultivo de haba es tolerante a la sequía, requiere de una provisión continua y óptima humedad para un buen desarrollo y producción, puesto que el cultivo requiere agua de manera indispensable en las siguientes etapas: Macollaje, Floración, Formación de Vainas y Llenado de Granos; escases de agua en estas etapas, hacen que el cultivo reduzca drásticamente en su rendimiento, debido principalmente al aborto floral que se produce cuando hay estrés hídrico en esta etapa, por consiguiente el número de vainas por planta se reduce y por consiguiente la producción total de la temporada. En las etapas principales antes mencionadas, se recomienda regar cada 7 a 15 días, o cuando sea necesario según la humedad del suelo. (INIAF-2010)

2.9.5.7 Deshierbar

El deshierbe, es un conjunto de labores destinados a reducir la cantidad de malas hierbas, las cuales pueden ser plantas hospederas de plagas y enfermedades que pueden atacar al cultivo de haba; además de esta manera se elimina la competencia de estas plantas por el agua y los nutrientes con nuestro cultivo. El deshierbe se realiza en los primeros meses de desarrollo del cultivo, la cual puede realizarse manualmente o con la ayuda de herramientas agrícolas (azadón, lampa); una última opción es el uso de herbicidas (aunque esta última opción, casi nunca se la utiliza) (INIAF-2010).

2.9.5.8 Abonado

Además del aporte nitrogenado realizado por la bacteria simbiótica *Rhizobium*, que es variable dependiendo del suelo, clima, condiciones químicas, técnicas de cultivo y genotipo de la planta. En el cultivo de haba se pueden practicar dos tipos de fertilizaciones, sean estas orgánicas o minerales, las cuales generalmente están en función de la disponibilidad y accesibilidad de las mismas.

Si se desea realizar una fertilización orgánica la incorporación de guano (estiércol) en cantidades suficientes y con la debida anticipación es muy necesaria para obtener buenos rendimientos, se recomienda incorporar si hay disponibilidad hasta 200 qq/ha de guano; la incorporación se debe realizar durante la preparación antes de realizar la siembra, para que sea distribuido en forma uniforme en toda la parcela.

El cultivo de haba a pesar de incorporar nitrógeno del aire al suelo, por medio de bacterias nitrificantes (*nitrosomonas*) que forman nódulos en las plantas, responde bien a la fertilización orgánica y mineral. Generalmente se utiliza 160 a 200 kg/ha de fosfato di amónico (18-46-00 / abono), en el fondo del surco, en el momento de la siembra y el aporque. La fertilización debe realizarse de manera adecuada y dependiendo siempre del tipo de suelos, puesto que un exceso en la fertilización, nos dará plantas demasiado grandes (altas) que sean susceptibles del acame, causando pérdidas a los productores. (Domínguez, 2012)

2.9.6. Variedades de habas que se siembran en Tarija

- ❖ Aguadulce (Sevillana) (semitemprana, tallos violetas, vainas grandes alargadas, granos de color crema tostada).
- ❖ Mucha miel (muy precoz, planta de porte medio, tallos rojizos, vainas colgantes, grano color crema tostada).
- ❖ Reina Blanca (menos precoz que mucha miel, granos color blanco grisáceo).
- ❖ Granadina (semillas claras).
- ❖ Reina Mora (semillas púrpuras).
- ❖ Harbo (también llamada Blanca erguida, granos blancos, tallos verdes).
- ❖ Mahón (dos modalidades blanca y morada, la blanca tiene granos rojizos y la morada, violáceos; porte medio, semierguido). (Basur, 1997)

2.9.7 Requerimientos agroclimatológicos

2.9.7.1 Clima

La planta de haba se comporta muy bien en clima templado y templado-frío, con buena adaptación a períodos de bajas temperaturas durante la germinación y primeros estados de la planta. Esto favorece su enraizamiento y macollaje.

Su período crítico a bajas temperaturas ocurre, por lo general, a partir de la floración Las vainas. En estas condiciones pueden ocurrir daños por heladas de cierta intensidad (Roberts, 1985)

2.9.7.2 Altitud

Desde el nivel del mar (en latitudes medias) hasta 2700 m (en latitudes bajas). Desarrolla en altitudes de 1800 a 3050 m. La óptima para mayores rendimientos oscila entre 2000 y 2650 m.s.n.m. (INIAF-1999).

2.9.7.3 Efecto de la temperatura

Aunque no es de las más exigentes prefiere temperaturas uniformes templado-cálidas y los climas marítimos mejor que los continentales. En climas fríos su siembra se realiza en primavera. Sus semillas no germinan por encima de 20°C. Temperaturas superiores a los 30°C durante el periodo comprendido entre la floración y el cuajado de las vainas, puede provocar abortos tanto de flores como de vainas inmaduras, aumentado la fibrosidad de las mismas. Son muy sensibles a la falta de agua, especialmente desde la floración hasta el llenado de las vainas.

Con excepción de la etapa de floración, el haba tolera temperaturas de hasta -2 a -4°C. En zonas muy cálidas y húmedas se presenta esterilidad. (Confalone, 2008).

2.9.7.4 Efecto de la precipitación

El cultivo puede lograrse con precipitaciones desde 200 hasta 2600 mm, sin embargo, el nivel óptimo de precipitación está alrededor de los 1000 mm 530. 1600 mm bien distribuidos durante el ciclo de cultivo. Tolerla la sequía. (INIAF, 1999)

2.9.7.5 Efecto del fotoperiodo

Es una planta de día neutro. Existen muchos genotipos que responden al fotoperiodo como plantas de día largo con tendencia cuantitativa. Los genotipos de floración temprana, en cambio, se comportan como plantas indiferentes a la duración del día. (INIAF, 1999)

2.9.8 Requerimientos edáficos

2.9.8.1 Suelo

El cultivo de haba es poco exigente en suelo, aunque prefiere suelos arcillosos o silíceos y arcillosos calizos ricos en humus y profundos. Le perjudican los suelos húmedos mal drenados (Domínguez, 2012).

2.9.8.1.1 Características físicas

2.9.8.1.1.1 Textura

Suelos de textura media a pesada. Los suelos con textura migajón-arenosa y arenosa son de mediana a baja productividad. Prefiere los suelos de textura media, como los francos, franco-arenosos y franco-arcillosos. (Domínguez, 2012)

2.9.8.1.1.2 Estructura

El haba tolera diversos tipos de suelos, aunque prospera mejor en suelos sueltos y ricos en materia orgánica, sin embargo en suelos compactos y pesados afectan el desarrollo radicular de las plantas, especialmente por la acumulación de agua en sus poros que ocasionan una mayor proliferación de enfermedades radiculares y la posterior muerte de la planta por pudrición de las raíces, se adapta a un margen amplio de pH entre 5 y 8 siendo el óptimo 6,5 (CEPROBOL, 2004).

2.9.8.1.1.3 Densidad Aparente

Aunque se adapta a distintos tipos de suelo, de preferencia deben ser profundos, con contenido de arcilla pero con drenaje, ya que es una especie sensible al anegamiento. La densidad de los suelos debe fluctuar entre los 1,20 a 1,35 g/cm³. (BIANCO, 1990).

2.9.8.1.1.5 Profundidad del suelo

Requiere suelos superficiales entre 25 – 35 cm, aunque en climas cálidos requiere suelos más profundos. (Domínguez, 2012)

2.9.8.1.2 Características químicas

2.9.8.1.2.1 pH

La haba es un cultivo que tolera la salinidad sus niveles de pH óptimo oscila entre 7,3 y 8,2. (FAO-1999).

2.9.8.1.2.2 Salinidad del suelo

Los suelos de la región de Bermejo no se ven afectados por la salinidad de los suelos, esto se debe a la precipitación anual, donde es suficiente para satisfacer las necesidades de evapotranspiración de los vegetales. Como resultado, las sales del suelo se disuelven con mejor facilidad. El haba tolera ligeramente a la salinidad (FAO-1999).

2.9.8.1.2.3 Requerimiento de nutrientes del cultivo

La fertilización en todos los cultivos es un factor determinante del desarrollo y por lo tanto del rendimiento a alcanzar, sin embargo en el caso de la mayoría de las leguminosas, no existe una respuesta intensa a variados niveles de fertilización habiéndose observado incluso, decrementos productivos por aplicaciones nitrogenadas el haba fija aproximadamente 135 Kg ha⁻¹ de nitrógeno, equivalente al 70% del contenido de nitrógeno de la planta, por lo que sería necesario aplicar sólo 25 unidades de nitrógeno por hectárea al momento de siembra y 30 unidades en post floración. El mismo autor menciona que los niveles de fósforo deben corregirse si el suelo presenta menos de 11 ppm de P₂O₅ (Olsen), mientras que los niveles de potasio deben corregirse si son inferiores a 100 ppm de K₂O. (Bravo y Aldunate, 1987).

El cultivo de haba a pesar de incorporar nitrógeno del aire al suelo, por medio de bacterias nitrificantes (nitrosomonas) que forman nódulos en las plantas, responde bien a la fertilización orgánica y mineral. Generalmente se utiliza 160 a 200 kg/ha de fosfato di amónico (18-46-00 / abono), en el fondo del surco, en el momento de la siembra y el aporque. La fertilización debe realizarse de manera adecuada y dependiendo siempre del tipo de suelos, puesto que un exceso en la fertilización, nos dará plantas demasiado grandes (altas) que sean susceptibles del acame, causando pérdidas a los productores. (INIAF-2010)

Cuadro 2.11. Densidad de siembra de haba

VARIEDAD	DISTANCIAS Surco/surco	DISTANCIA Planta/planta	N SEMILLA golpe	CANTIDAD Semilla/ha
Menor (pequeña)	40-60 cm	15-20 cm	2 unidades	80-130 kg
Equina (mediana)	40-60 cm	15-20 cm	2 unidades	80-160 kg
Mayor (grande)	60-75 cm	20-30 cm	2 unidades	250-300 kg

(Dominguez, 2012)

Aunque el cultivo de las plantas para abono verde no presenta grandes diferencias con el mismo para su aprovechamiento para grano, sí debemos tener presente algunos aspectos como: utilizar mayor densidad de siembra de 20 a 50% más para abonado verde; incorporarlo al suelo en un estado avanzado de vegetación, preferentemente en la floración o justo al inicio de la misma; incorporarlo superficialmente pasados unos días del corte 3 a 4 según clima y residuo, siendo preferible utilizar una picadora de restos de cosecha o en su defecto el arado de discos que pica la vegetación y al mismo tiempo produce un pequeño volteo de la tierra, posteriormente los restos ya más descompuestos se mezclan en el suelo con un cultivador entre 10 y 15 cm. (Cerisola, 1989).

2.10. EL CULTIVO DEL FRIJOL

2.10.1. Origen

Cultivo originario de América más precisamente de México, extendiéndose después hacia América central y Suramérica, el frijol comenzó a cultivarse aproximadamente hacia el año 700 a.C., casi desde el mismo comienzo de la agricultura. Los nativos del sur de México cultivaron frijoles blancos, negros y todas las demás variedades de color (Cubero, 1981).

2.10.2. Importancia del cultivo

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. Sin embargo, de acuerdo a evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína del frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70% comparada con una proteína testigo de origen animal a la que se le asigna el 100%. Además, tiene un importante rol en la fijación de nitrógeno atmosférico, estimado en 100 – 120 Kg N ha. Es por este último atributo, que el frijol es utilizado en rotación de cultivos, ya que además de aportar nitrógeno, reduce enfermedades y plagas, permite reducir malezas gramíneas y mejora la retención de humedad del suelo. (Albarracín, 2004).

Cuadro 2.12. Países productores de frijol:

Países	Producción frijol año 2014 (millones de toneladas)
India	4
México	2
Myanmar	3,5
China	1,5
Brasil	3
Tanzania	0,9
Estados unidos	2
Otros	9

Fuente: FAO -2016

2.10.3 Clasificación taxonómica

Reino: plantae (vegetal)

División: magnoliophyta

Clase: magnoliopsida

Sub clase: rosidae

Orden: fabales

Tribu: phaseoleae

Género: phaseolus

Especie: phaseolus vulgaris.

(InfoAgro- 2013)

2.10.4 Características morfológicas y fisiológicas

2.10.4.1 Semilla

Las semillas son oblongas, de tamaño más o menos grande, dependiendo también de la variedad, y de color verde amarillento que luego, al sobre madurar, se vuelve bronceado. También hay variedades de grano negruzco y morado.

El peso de una semilla es de uno a dos gramos. El poder germinativo dura de 4 a 6 años. En la semilla comercial el porcentaje mínimo de germinación es del 90 por 100 y la pureza mínima del 99 por 100. (Mera, 1999)

2.10.4.2 Raíz

El sistema radical está formado por la raíz primaria o principal que se desarrolla a partir de la radícula del embrión. Sobre esta y en disposición de corona se forman la secundaria y terciarias y otras subdivisiones; Los pelos absorbentes, órganos epidérmicos especializados en la absorción de agua y nutrimentos, se localizan en las partes jóvenes de las raíces laterales donde viven en simbiosis con la planta bacterias del género *Rhizobium* fijadoras del nitrógeno atmosférico. Aunque el sistema radical presenta variación se considera fibroso. (Mera, 1999)

2.10.4.3 Tallos

El tallo joven es herbáceo y semileñoso al final del ciclo; es una sucesión de nudos y entrenudos donde se insertan las hojas y los diversos complejos axilares, el tallo o eje principal es de mayor diámetro que las ramas laterales, de color verde rosa o morado, glabro o pubescente, determinado si termina en inflorescencia ó indeterminado si su yema apical es vegetativa. Se indica en la inserción de las raíces y el primer nudo corresponde al de los cotiledones, esta primera parte del tallo se denomina hipocotico, en el segundo nudo se poserta el primer par de hojas verdaderas, las cuales son simples y opuestas y reciben el nombre de epicotilo, en el tercer nudo emerge la primera hoja compuesta las cuales son trifoliadas y alternas. (Mera, 1999)

2.10.4.4 Hojas

Las hojas son de dos tipos: simples y compuestas. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos, son de poca duración, el segundo par y primeras hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo, son simples, opuestas y cortadas. A partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres foliolos, un peciolo y un raquis. Presentan variación en cuanto a tamaño, color y pilosidad, esta variación está relacionada, con la variedad y con las condiciones ambientales de luz y humedad. (Mera, 1999)

2.10.4.5 Flor

Las flores de frijol desarrollan en una inflorescencia de racimo, la cual puede ser terminal como sucede en las variedades de hábito determinado o lateral en las indeterminadas. La inflorescencia consta de pedúnculo raquis, brácteas y botones florales. Los botones florales desarrollan en las axilas de las brácteas. Pueden ser blancas, rosada o de color púrpura. (InfoAgro - 2013)

2.10.5 labores culturales del cultivo

2.10.5.1 Época de siembra

El frijol requiere desde el inicio del ciclo hasta un mínimo de sesenta días después de la siembra de humedad adecuada en el suelo, para un buen crecimiento, desarrollo de la planta, formación y llenado del grano; a la vez requiere de un período seco o de poca precipitación al final del ciclo, para favorecer el proceso de maduración y cosecha. Por estas razones es importante sembrar a tiempo, para no carecer de humedad y para que la cosecha coincida con una estación seca favorable. Cuando se desea sembrar al final de la época de siembra recomendada, se sugiere el uso de variedades precoces o de ciclo corto. (INIAF-2010)

2.10.5.2 Siembra

En suelos de barrial se sugiere sembrar en surcos separados a 80 centímetros. En las variedades de hábito de crecimiento de mata como Az. Pimono 78, se puede emplear el método de camas de 1.0 metros con doble hilera de plantas. La distancia entre hileras debe ser de 40 centímetros y 60 para cultivo. Para variedades de hábito de crecimiento semiguía de tipo negro, se sugiere una separación entre surcos de 80 a 92 centímetros. (INIAF -2010)

En suelos de aluvión se sugiere sembrar únicamente a hilera sencilla, debido a que el desarrollo del cultivo es mayor. La profundidad de la semilla en barrial varía de 6 a 8 centímetros y en aluvión 4 a 6, bien cubierta con tierra húmeda ligeramente apisonada.

Se sugiere no reducir la distancia entre surcos para evitar el exceso de humedad y facilitar la penetración de aire y de los rayos solares a través de la planta, con lo cual se reducen los riesgos de infecciones de enfermedades fungosas. Siempre asegúrese que la semilla tenga como mínimo un 85% de germinación.

Procure que al sembrar se depositen entre 15 y 18 semillas por metro de surco, bien distribuidas, para siembras de hilera sencilla y para siembras a doble hilera depositen de 12 a 16 semillas por metro, con lo cual se podrá obtener entre 10 y 14 plantas por metro lineal. (INIAF -2010)

El uso de cantidades mayores incrementa los costos del cultivo y los riesgos de producción, además de que los rendimientos no aumentan.

La cantidad aproximada de semilla por hectárea para las variedades de tipo Azufrado de grano grande es de 90 kilogramos; mientras que para las medianas (Azufrado Regional 87) empléese 70 para las negras (grano chico) 50 kilogramos. El uso de semilla certificada le proporciona mayor seguridad en la producción ya que ésta reúne los requisitos de pureza varietal, vigor y germinación requerida. (INIAF -2010)

2.10.6 Requerimiento edafoclimática

El frijol se adapta bien desde 200 hasta 1.500 msnm. El cultivo necesita entre 300 a 400 mm de lluvia. La falta de agua durante las etapas de floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento. El exceso de humedad afecta el desarrollo de la planta y favorece el ataque de gran número de enfermedades. Se recomienda que los suelos para el cultivo de frijol sean profundos, fértiles, preferiblemente de origen volcánico con no menos de 1,5% de materia orgánica en la capa arable y de textura liviana con no más de 40% de arcilla como los de textura franco, franco limosos y franco arcilloso ya que el buen drenaje y la aereación son fundamentales para un buen rendimiento de este cultivo. Se debe evitar sembrar en suelos ácidos, con contenidos altos en manganeso y aluminio y bajos en elementos menores. El pH óptimo para frijol está comprendido entre 6,5 y 7,5 aunque es tolerante a pH entre 4,5 y 8,2. (Domínguez, 2012)

2.10.7 Variedades

2.10.7.1 Variedades de grano negro

2.10.7.1.1 Talamanca

Planta arbustiva y erecta de porte bajo con una altura entre 50 a 55 cm, resistente alvolcamiento y de maduración uniforme. Florece a los treinta y nueve días y la maduración ocurre a lossetenta y dos días; su ciclo de vida es de ochenta días.

2.10.7.1.2 Porrillo sintético

Cultivar arbustivo de guía corta, con una altura entre 55 a 60 cm y florece entre los treinta y nueve y cuarenta días. La maduración ocurre a los setenta y dos días y su ciclo es de ochenta días.

2.10.7.1.3 Brunca

Variedad de hábito de crecimiento indeterminado y postrado, conocido anteriormente como desemi-guía. Su altura es de 45 cm. Una de sus principales características es su gran precocidad, ya queflorece entre los treinta y cuatro y treinta y siete días. Madura a los sesenta y seis días y su ciclo de cultivos de setenta y cinco días.

2.10.7.1.4 Huasteco

Variedad arbustiva de guía corta, erecta de muy buena arquitectura con una altura de 75 a 80 cm y resistente al volcamiento. Florece a los cuarenta y un días; en la maduración las vainas toman colormorado que es característica de esta variedad y el ciclo de cultivo es de ochenta y tres a ochenta y cinco días.

2.10.7.1.5 México 29

Variedad de hábito de crecimiento indeterminado, trepador o de guía, cuya altura es de 1,50 a 2m. Su floración es escalonada y se inicia a los treinta y ocho días, la maduración es desuniforme y el ciclo de cultivo es de ochenta y cinco a noventa días. (InfoAgro - 2013)

2.10.7.2 Variedades de grano rojo

2.10.7.2.1 Huetar

Variedad arbustiva, erecta, de porte bajo, con altura de 45 cm, precoz y resistente al volcamiento. Florece aproximadamente a los treinta y cuatro días, madura entre los 63 y los 66 días cuando sus vainas toman un color rojo. La maduración es muy uniforme y el ciclo de cultivo es de setenta y cinco días. (InfoAgro - 2013)

2.10.7.2.2 Chorotega

Variedad de hábito de crecimiento arbustivo indeterminado de guía corta, con un ciclo de cultivo de setenta y cinco días. Se adapta bien en siembras mecanizadas y a espeque. Su maduración no es tan uniforme como la Huetar. (InfoAgro - 2013)

2.10.7.2.3 México 80

La planta posee hábito de crecimiento indeterminado postrado también llamado semi-guía, la altura es de 30 cm. La precocidad (setenta y cinco días) y las vainas de color rojo, cuando maduran, son características de esta variedad. (InfoAgro - 2013)

2.10.7.2.4 Alajuela 1

Variedad de hábito de crecimiento indeterminado, trepador o de guía, inicia su floración a los treinta y siete días y madura cuando la vaina toma color rojo. Su ciclo de vida es de ochenta días y su grano es brillante. (InfoAgro - 2013)

2.11 Otras experiencias de trabajos de investigación en incorporación de abonos verdes

2.11.1 Evaluación del efecto de la incorporación de cinco especies de leguminosas como abono verde en el cultivo de papa (*solanum tuberosum L.*) en tres localidades de la provincia de Cotopaxi (Chasi, A. y Muso, M. 2009)

Los objetivos específicos son: 1. Evaluar el desarrollo agronómico del cultivo de papas; 2. Determinar la producción de biomasa de abono verde para la producción de cultivo de papas; 3. Conocer la zona de mejor producción del cultivo de papas con la incorporación de abonos verdes; 4. Realizar el análisis económico. El área total de cada ensayo por localidad fue de 618,75 m², en donde se sembraron cinco especies de leguminosas, estas fueron incorporadas al suelo y posteriormente se sembró papa de la variedad Estela, en cuatro repeticiones. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), y la Prueba de Tukey al 5%.

Los datos tomados para evaluar el abono verde fueron: peso de biomasa y días a la incorporación de las leguminosas. Para evaluar el cultivo de papa fueron: altura de planta a los 45 y 120 días, días a la floración, días a la senescencia, número de tubérculo por planta, rendimiento por parcela neta. Y los datos para evaluar en el suelo fueron: densidad aparente y porcentaje de materia orgánica.

De los resultados obtenidos la mejor zona de producción de papa con la incorporación de abono verde fue: El ITA Simón Rodríguez donde se obtuvieron los mejores rendimientos y se determinó que la producción de biomasa (kg/m²) 2 de chocho ubicándose en un valor de 66,00 kilogramos siendo este dato favorable para la producción de papa obteniendo un rendimiento de 40,68 kilogramos. En la comunidad de Canchagua los mejores tratamientos en producción de biomasa (kg/m²) fueron chocho con 74,50 y vicia con 51,50 kilogramos con una producción de papa en chocho 28,96 y vicia 22,74 kilogramos.

En la comunidad de Ninnin Cachipata el mejor tratamiento en producción de biomasa (kg/m²) fue chocho con 25,00 kilogramos con una producción de 11,86 kilogramos.

El mejor tratamiento en cuanto a rendimiento por parcela neta fue chL3 (chocho Simón Rodríguez) con 162,7 kg con un B/C de 20,79 USD, y el tratamiento con menor rendimiento y costo fue tL1 (testigo Ninnin Cachipata) con 22,65 kg y 8,60 USD respectivamente. (Chasi, A. y Muso, M. 2009)

2.11.2 Efecto de la utilización de leguminosas anuales como abono verde sobre las condiciones del suelo y la productividad de cultivos subsiguientes (Fontana, L. M. 2014)

El potencial productivo de muchos suelos de regiones semiáridas ha experimentado una significativa disminución debido a una creciente agriculturización, que implica ausencia de rotaciones de cultivos, insuficiente reposición de nutrientes y caída de la materia orgánica (MO). La incorporación al suelo de cultivos como abono verde puede ser una herramienta para atenuar estos procesos.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la utilización de leguminosas anuales (*Melilotus albus* Desr. y *Vicia villosa* Roth) como abono verde sobre las condiciones de fertilidad del suelo y la producción de materia seca (MS) y proteína bruta (PB) de los cultivos subsiguientes en suelos franco arenosos de fertilidad media (2,4 % MO) típicos de la Región Semiárida Pampeana. Se realizaron 3 ensayos: 1) Efecto de manejos alternativos de un cultivo de *Melilotus albus* utilizado como abono verde; 2) igual que Ensayo 1, utilizando *Vicia villosa*, y 3) Efecto de la incorporación al suelo como abono verde de diferentes cantidades de biomasa aérea de dos leguminosas anuales (*Melilotus albus* y *Vicia villosa*). En los ensayos 1 y 2 hubo un efecto positivo del abono verde sobre la producción de MS y PB de cultivos de centeno subsiguientes. Además, el nivel residual de nitratos en el suelo fue mayor en

los tratamientos con abono verde que en el testigo. Estos nutrientes posiblemente sólo pudieron ser aprovechados parcialmente por el centeno debido a limitaciones hídricas durante el ciclo de este cultivo. En cuanto al contenido de MO, no hubo diferencias entre tratamientos. Por otro lado, en el Ensayo 3 no se encontraron diferencias entre tratamientos en producción de MS ni PB del cultivo subsiguiente de centeno.

Tampoco se detectaron diferencias en el contenido residual de nitratos, ni de MO en el suelo. Esta falta de respuesta podría deberse a una baja tasa de descomposición del abono verde, o a que los nitratos liberados fueron lixiviados por las abundantes lluvias ocurridas en los meses de febrero y marzo. Estas inconsistencias en los resultados obtenidos sugerirían la necesidad de profundizar esta investigación, evaluando la tasa de descomposición del material incorporado, y llevando a cabo este tipo de ensayos en suelos de fertilidad baja, también muy comunes en la región. (Fontana, L. M. 2014)

2.11.3 Incorporación de tres especies como abono verde y su efecto en el rendimiento de variedades de quinua (*chenopodium quinoa willd.*) (Huanca, V. R. 2007)

La quinua por su alto contenido en nutrientes (proteína), se ha convertido en un cultivo de importancia. En el altiplano los rendimientos son bajos debido a la baja fertilidad del suelo. El presente trabajo se llevó a cabo en el centro Quipaquipani ubicado a 2 km al sur de la ciudad de viacha La Paz, durante la gestión agrícola 2004-2005, el objetivo general de este trabajo fue: estudiar el efecto que tiene la incorporación de abono verde al suelo sobre el rendimiento de variedades de quinua. Como abono verde se incorporaron tres especies haba, tarwi, cebada y como testigo plantas nativas del lugar, en estado de floración. Antes de la incorporación se obtuvieron datos de cantidad de biomasa incorporada y materia seca, después de seis meses de descomposición de la materia verde, se sembraron tres variedades de quinua, para los cuales se registraron datos de altura de planta y rendimiento en grano

de quinua El análisis económico de los tratamientos fue también motivo de evaluación para determinar el beneficio costo. El muestreo de suelo antes de la incorporación de los abonos verdes, antes de la siembra de quinua y después de la cosecha de quinua fue realizado con la finalidad de evaluar el contenido de nitrógeno y materia orgánica en los diferentes tratamientos.

Los resultados muestran que el haba y tarwi incorporan las mayores cantidades de biomasa registrando 33011.7 Kg/ha y 29660.0 Kg/ha respectivamente en comparación a la cebada y testigo que registraron 7080.0Kg/ha y 2740.7 Kg/ha de biomasa incorporada. Así mismo se ha podido constatar que el tarwi fue la especie que mayor cantidad de materia seca incorpora al suelo en relación a otras especies llegando a este a 8275.13 Kg/ha. Las mayores alturas de planta se registraron en parcelas donde se incorporó tarwi y haba como abono verde estas llegando a 93.67 y 91.72 cm respectivamente en estas parcelas se obtuvieron también los mayores rendimientos en grano de quinua registrando 1544.9 y 1453.9 Kg/ha en comparación al testigo que solo llego a 790.4 Kg/ha. Las diferencias en rendimiento entre la parcela testigo y donde se incorporó la cebada como abono verde fueron declarados no significativo.

Los análisis de suelo registraron que el nitrógeno disponible se incrementó de 38.64 a 45.08 en parcelas donde se incorporó haba y tarwi como abono verde frente a la cebada y testigo. Se obtuvo mayor incremento de materia orgánica incorporando tarwi y cebada como abono verde incrementándose de 0.96 a 1.32%, seguido del haba y por último el testigo. El tratamiento donde se incorporó tarwi como abono verde presenta una tasa de retorno marginal de 3.00 Bolivianos de ganancia. Sobre la base de estudio realizado se recomienda realizar, fertilizaciones con abonos verdes de haba y tarwi y realizar combinaciones entre estas especies como también especies de gramíneas y leguminosas, para una buena obtención de materia orgánica y por ende mayor fertilidad. (Huanca, V. R. 2007)

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Colonia José María Linares perteneciente al distrito 8 del Municipio de Bermejo, segunda sección de la provincia Arce del Departamento de Tarija, correspondiéndole las coordenadas geográficas $22^{\circ} 35' 24'' - 22^{\circ} 52' 09''$ de Latitud Sur y $64^{\circ} 26' 30'' - 64^{\circ} 14' 16''$ de Longitud Oeste.

El territorio del Municipio de Bermejo tiene una extensión de $380,90 \text{ km}^2$. Limita al Norte con el Municipio de Padcaya; al Sur con la confluencia del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija, y la República Argentina; al Oeste con el Río Bermejo y República Argentina y al Este con el Río Grande de Tarija y la República Argentina (Municipio de Bjo, 2010) .

GRÁFICO 3.1 MUNICIPIO DE BERMEJO



3.2 Características generales del territorio de la comunidad de Colonia José María Linares

3.2.1 Clima

3.2.1.1 Temperatura

La comunidad José María Linares consta de una altitud entre los 430 a 470 m.s.n.m. posee un clima cálido, semi-húmedo, característico de las llanuras chaqueñas; derivando en temperaturas elevadas casi todo el año, con una temperatura media anual de 23.5 °C, como se demuestra en los siguientes cuadros. (Municipio de Bjo, 2010)

**CUADRO N° 3.1
TEMPERATURA MEDIA ANUAL MENSUAL EN °C**

ZONA	MESES												MEDIA ANUAL
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
BERMEJO	28,3	26,2	25,7	22,1	19,5	14,5	16,2	19,6	23,1	24,7	26,7	27,4	23,5

FUENTE: SENAMHI, ESTACIÓN DE BERMEJO 2009.

**CUADRO N° 3.2
PROMEDIO DE TEMPERATURAS EXTREMAS MENSUALES (°C)**

ZONA	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Máx.	47.7	42.6	42	39	36	34	37.4	39.4	42.7	47	44.4	44.5
Mín.	8.5	9	9	9	3.5	-0.3	-3.2	-3	-1	3	8	10.5
Med.	27.5	28.3	25.5	23.5	19.7	33.7	34.5	35.4	41.7	25	25.7	26

FUENTE: SENAMHI, ESTACIÓN DE BERMEJO 2009.

3.2.1.2 Humedad relativa

La humedad relativa varía ligeramente de una zona a otra y según la estación del clima, como por ejemplo: en los meses de enero a julio la humedad relativa es aprox.

75% y de agosto a diciembre fluctúa entre el 53% al 68%; sin embargo, mayormente su media anual es del 70%.(Municipio de Bjo, 2010)

CUADRO N° 3.3
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
71,0	75,0	77,0	77,0	75,0	76,0	72,0	67,0	61,0	53,0	59,0	68,0

FUENTE: SENAMHI, ESTACIÓN DE BERMEJO (2009).

3.2.1.3 Vientos

Bermejo se caracteriza por presentar vientos relativamente moderados, provenientes del dirección sur y sureste; de acuerdo a datos registrados, la velocidad media anual es de 3.7 km./hr., mientras que en época de mayor incidencia (de marzo a junio), es de 5.3 a 5.7 km/hr., y la de menor ocurrencia (de julio a febrero), es de 4.1 a 4.9 km/hr., registrándose las máximas el mes de mayo. (Municipio de Bjo, 2010)

3.2.1.4 Heladas

Las heladas, presentadas en los meses de junio a septiembre, época de invierno; donde las temperaturas mínimas extremas registradas en la estación de Bermejo, son de hasta $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (agosto), fluctuando generalmente entre -0.3 hasta $-3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, en los demás meses de la estación. (Municipio de Bjo, 2010)

3.2.1.5 Insolación

Los datos de la insolación, de una serie de 20 años, se resumen en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 3.4
INSOLACIÓN MEDIA MENSUAL (Hrs.)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
6,3	5,6	5,1	4,3	4,4	3,6	5,4	6,6	5,8	5,9	6,0	6,4

FUENTE: SENAMHI, ESTACIÓN DE BERMEJO (2009).

3.2.1.6 Precipitaciones pluviales

La época de lluvias abarca todo el verano, comenzando los meses de noviembre o diciembre y concluyendo en marzo o abril, recalando que la época estiaje es menor, de junio a septiembre; sin embargo, esto varía anualmente adelantándose o retrasándose un mes. De acuerdo a registros, las precipitaciones ocurridas en un año normal, sobrepasa los 1100 mm., lo que significa un buen aporte hídrico vertical; sin embargo, su comportamiento experimenta una variabilidad gradual, ya que, en algunas zonas la precipitación llega a 1500 mm. anuales.

Por el clima sub-húmedo a húmedo mega-termal, la precipitación media anual acumulada es de 1061,9 mm.; registrándose las máximas precipitaciones en 24 horas de 156,6 mm., el mes de marzo, donde la humedad relativa ambiental es del 71%.(Municipio de Bjo, 2010)

CUADRO N° 3.5
PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y ANUAL (mm.)

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	(X) ANUAL
218,6	226,3	190,5	95,4	26,3	13,4	14,2	5,3	15,1	25,2	32,9	198,7	1061,9

FUENTE: SENAMHI, ESTACIÓN DE BERMEJO 2009).

3.2.1.7 Granizadas

En el municipio, no registraron granizadas, porque la condición climática no permite la acumulación y condensación de grandes masas de aire frío a elevadas temperaturas. (Municipio de Bjo, 2010)

3.2.2 Geología

Bermejo litológicamente se caracteriza por presentar rocas de tipo diamictitas, lutitas y alternancia de areniscas y limolitas. Las rocas de edad devónica se localizan al noreste de Bermejo por las comunidades El Nueve, Cabecera el Nueve y Colonia Linares.

El sustrato rocoso subyacente, al igual que en las serranías, está dominado por rocas sedimentarias, recubierto por un manto de espesor variable de sedimentos coluvie-aluvial; litológicamente está conformada por limonita, arcillita, areniscas, calizas y otras rocas carbonatadas. (Zonisig, 2001).

3.2.3 fisiografía

La comunidad de Colonia Linares consta de una fisiografía de colinas medias de variabilidad fuerte a colina baja de variabilidad moderada, su relieve es moderadamente escarpado, con pendientes del 15% al 60%; situadas a una altura de 500 a 800 m.s.n.m. su escurrimiento superficial es muy rápido, provocando una erosión moderada. (Municipio de Bjo, 2010)

**CUADRO N° 3.6
DISTRIBUCIÓN FISIAGRÁFICA**

UNIDAD	TIPO DE RELIEVE	ELEVACIÓN	VARIABILIDAD	SUPERFICIE	
				Has.	%
1	SERRANÍA	media	Moderada	8460	22,2
2		baja	Moderada	5246,2	13,8
3	COLINA*	media	Fuerte	4774,4	12,5
4		baja	Moderada	2599,6	6,8
5	VALLE	Coluvión aluvial	Ligera	6099,9	16,0
6		Llanura aluvial	Ligera	5296	13,9
7	PIEDEMORTE	Llanura de piedemontes	Ligera	1086,4	2,9
8	LLANURA	Terraza	Ninguna	2375,4	6,2
SUB -TOTAL		CIUDAD DE BERMEJO		456,4	1,2
		LECHO DEL RÍO		1695,2	4,5
TOTAL				38089,6	100,0

FUENTE: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BERMEJO, 2003.

* Comunidad Colonia Linares.

3.2.4 Suelos

Sus suelos son de color pardo oscuro, de profundidad moderada a muy profunda, con texturas franco arenoso a franco arcillo-arenoso; presenta bloques sub-angulares de tamaño medio y de grado moderado a débil, en su superficie existen pocos afloramientos rocosos, alrededor del 5 %. Su pH es moderadamente ácido con una saturación de bases alrededor del 85%, la CE y la presencia de sodio es muy baja y tiene una capacidad de intercambio catiónico media alta. (Municipio de Bjo, 2010)

3.2.5 vegetación natural

La vegetación en el municipio, refleja las características topográficas y climáticas de la región; está compuesta por especies arbóreas, arbustivas y leñosas, tanto en las serranías y en las partes cultivables. Se caracteriza por extraer y exportar diferentes especies madereras, de buena calidad, como: el Cedro, Lapacho, Nogal, Urundel, Tabaquillo y otras especies menores, de poca explotación por una práctica no planificada. (Municipio de Bjo, 2010)

A continuación se detalla, el tipo de cobertura vegetal y las principales especies madereras del municipio de Bermejo.

**CUADRO N° 3.7
COBERTURA VEGETAL**

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	Has.	%
1	Bosque denso, serrudecuido, sub-mortaro.	663.4	1,7
2	Bosques ralo, mayormente estacional o de travesión sub-mortaro.	197.58	51,9
3	Maternal, mayormente caducifolio, oserrudecuido y sub-mortaro.	1369,8	3,6
4	Áreas artrópicas.	13852,9	36,4
5	Área urbana y colonia linars.	194,9	5,1
6	Lecho del río.	477,5	1,3
7	Ingenio IAB	18,2	0,05
TOTAL		38089,6	100

FUENTE: PLAN DE USO DEL SUELO Y ORDENAMIENTO URBANO, BERMEJO.

CUADRO N° 3.8
ESPECIES VEGETALES EXISTENTES EN EL MUNICIPIO DE BERMEJO

UNIDAD	ESPECIE VEGETAL	NOMBRE CIENTÍFICO
1	Laures Verde	<i>Casearia sylvestris</i>
	Lecheron Montaña	<i>Sebastiania sp.</i>
	Ceca De Monte	<i>Erythrosylum sp.</i>
	Mora Negra	<i>Chlorophora Tinotoria</i>
	Tabaquillo	<i>Solanum auriculatum</i>
2	Cebil Colorado	<i>Anadenathera colubrina</i>
	Quina	<i>Mycocilum perviferum</i>
	Hierba Del Soldado	<i>Piper sp.</i>
	Chilca	<i>Bacharis sp.</i>
	Tala	<i>Celtis tala</i>
	Urundel	<i>Astronium urundeuva</i>
	Nogal	<i>Junglas australianas</i>
3	Cedro	<i>Cedrelas sp.</i>
	Lapacho	<i>Tabebuia ipe</i>
	Palo Borracho	<i>Chorisia insignis</i>
	Mora Negra	<i>Chlorophora tinotoria</i>
4	Cola De Zorro	<i>Setaria geniculata</i>
	Caña De Azúcar	<i>Sacharum officinarum</i>
	Cítricos	<i>Citrus sp.</i>
	Gramma	<i>Cynodum dactilon</i>
	Rogelia	<i>Rodbolia exaltata</i>
	Plumilla	<i>Leptochloa filiformis</i>
	Panicum	<i>Panicum maximum</i>
	Cebollín	<i>Syperus rotundus</i>
	Celosa	<i>Mimos a pudios</i>
5	Grevillea	<i>Grevilla robusta</i>
	Lapacho	<i>Tabebuia ipe</i>
	Paraíso	<i>Melia azederach</i>
	Sorgo	<i>Sorghum alapensis</i>
	Diente de León	<i>Teraxacum ifficinale</i>
6	Pasto Elefante	<i>Pennicetum purpureum</i>
	Camalote	<i>Trichachne insulares</i>
7	Cítricos	<i>Citrus spp</i>
	Caña De Azúcar	<i>Sacharum officinarum</i>
	Regalía	<i>Rodboelia exaltata</i>

FUENTE: SUPERINTENDENCIA FORESTAL-2005 SIM SRL.

A continuación, se mencionan las principales especies forestales de Bermejo.

CUADRO N° 3.9
PRINCIPALES ESPECIES FORESTALES

NOMBRE	NOMBRE BOTÁNICO
Palo barroso	<i>Blepharocalix gigantea</i>
Tipa	<i>Tipuana tipu</i>
Cedro	<i>Cedrela lilloi</i>
Quina	<i>Myroxilom periuferum</i>
Nogal	<i>Junglands australis</i>
Aliso	<i>Alnus sp.</i>
Guaranguay	<i>Tecoma stand</i>
Laurel	<i>Pectandra Sp.</i>
Cebil	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>
Guayabo	<i>Myrrtus guayaba(psidium)</i>
Cedro Blanco,	<i>Cedrella fissilis</i>
Cedro chaqueño	<i>cedrellea balancea</i>
Palo amarillo	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>
Lapacho	<i>Tabebuia avellaneda</i>

FUENTE: SUPERINTENDENCIA FORESTAL-2005 SIM SRL.

3.2.6 uso del suelo

El estudio de suelos realizado en el triángulo de Bermejo en una superficie de 9.188 has., reveló que 8.300 has. Son apropiadas para uso agrícola bajo riego y 879 has. Aptas para ganadería, la producción de dicho estudio muestra las siguientes clases de tierras:

CUADRO N° 3.10
SUPERFICIE OCUPADA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE TIERRAS

CLASE	SUPERFICIE (Has.)
I	2.157,6
II	3.558,8
III	2.292,6
IV	298,8
V	790,0
VII	89,2
TOTAL	9.188,0

FUENTE: PLAN DE USO DE SUELOS Y ORDENAMIENTO URBANO SIM SRL.

El uso del suelo es agrícola y en pequeña escala pecuario, además el uso actual del mismo viene a ser en gran parte por la caña de azúcar seguido por los cítricos, y en pequeña proporción cultivos de temporada como papa, maíz, tomate, pequeñas hortalizas, etc. (Municipio de Bjo, 2010)

3.2.7 producción y problemas en la producción

La producción en su gran mayoría como es conocido el municipio de Bermejo y por ende sus comunidades producen caña de azúcar para su posterior industrialización en azúcar de mesa, siendo este el gran potencial agrícola de esta zona.

Los problemas que atraviesa la producción de caña de azúcar es el bajo rendimiento por hectárea que se obtiene en la actualidad decayendo desde 1960 hasta hoy en 100 toneladas por hectárea. Es decir desde un principio se daban rendimientos de 120 a 140 ton/ha y bajando hasta 40 a 50 ton/ha hoy en día. Esto se puede deber a diferentes factores, pero uno de los factores más evidentes es el desgaste físico, químico y biológico que tuvo los suelos a lo largo de los años y así reduciendo su fertilidad. (Municipio de Bjo, 2010)

3.2.8 características socioeconómicas

La economía en la comunidad se basa principalmente en la zona cañera, citrícola, venta de ganado porcino, venta de frutas, durazno, higos, uva, hortalizas. Todas estas teniendo como principal mercado la ciudad de Bermejo. (Municipio de Bjo, 2010)

3.3 MATERIALES

3.3.1. Material vegetal

En este trabajo de investigación se utilizó dos especies de leguminosas que son el frejol y haba para realizar la investigación.

Las especies que se usaron para este estudio fueron:

Especie 1= frijol (E1)

Especie 2= haba (E2)

Se escogieron estas dos especies de leguminosas por las siguientes razones:

- Buena adaptación a suelos pesados de la zona.
- Disponibilidad y precio bajo de semillas en el mercado.
- Buena adaptación al clima de la región.
- Producción alta de materia verde (hojas y tallos).
- Manejo fácil en el corte e incorporación al suelo.

Las plantas más utilizadas como abono verde son las leguminosas debido a que estas plantas tienen la capacidad de fijar nitrógeno del aire por medio de una asociación con ciertos microorganismos (diazotrofos otros organismos procariontes como el actinomiceto frankia, las cianobacterias nostoc y anabaena), que forman nódulos. Los nódulos fijan una cantidad considerable de nitrógeno, la cual depende del tipo de planta y de la cantidad de follaje (hojas y tallos) que produzca de tal forma de que cuando se siembra un cultivo para incorporarlo como abono verde, se ahorra una buena cantidad de fertilizante nitrogenado para el cultivo siguiente. Es por estos criterios que emplearemos estas dos especies de leguminosas para el trabajo de investigación.

3.3.2. Material de campo

Durante el trabajo de investigación se utilizó los siguientes materiales:

Pala, azadones, letreros, huincha, flexómetro, tanza, escuadra, arado de tractor, estacas, romana, cámara fotográfica, libreta decampo, cilindros, bolsas de polietileno, sacabocado.

3.3.3. Material de Escritorio

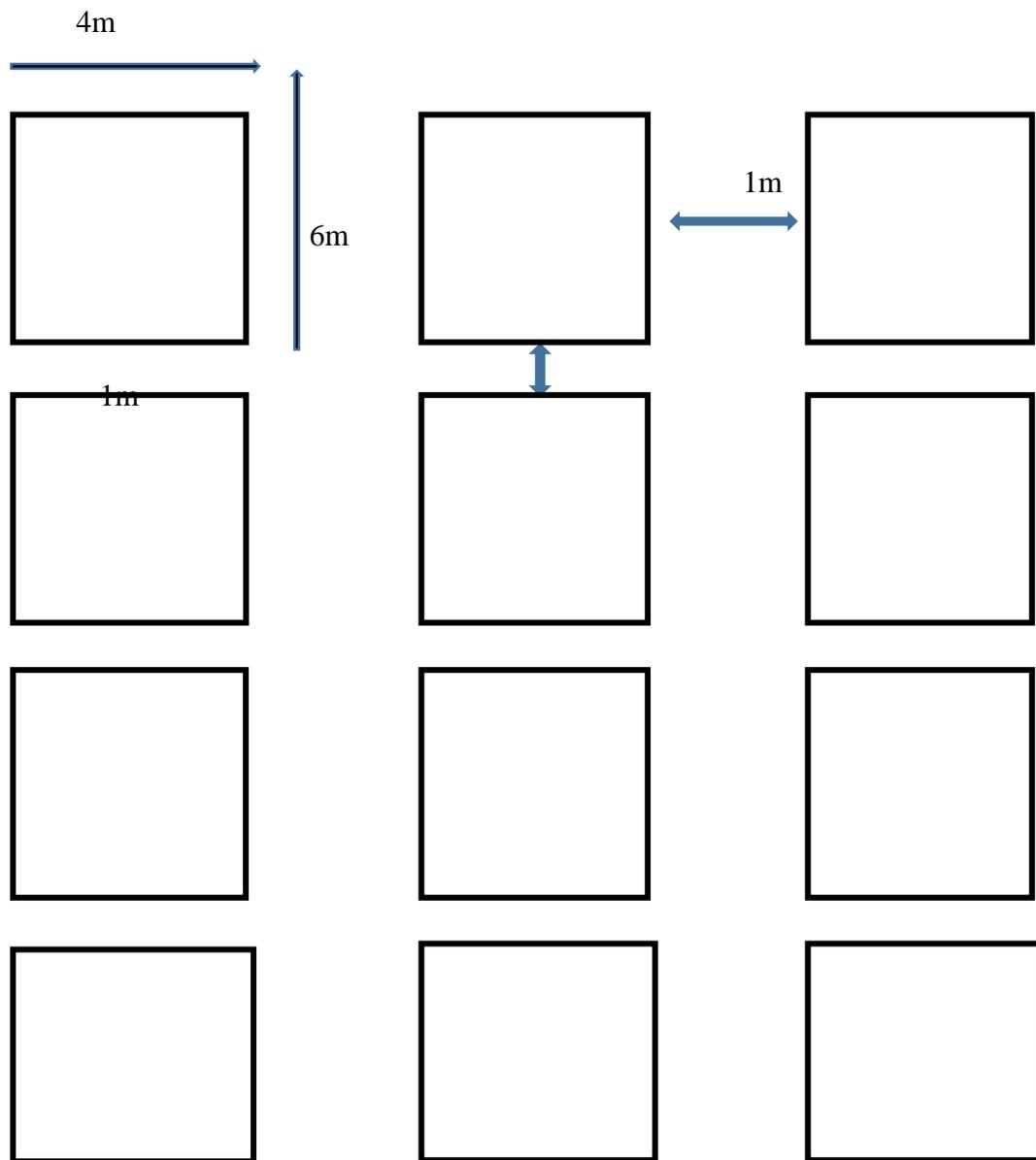
Se utilizaron la siguiente: Calculadora, computadora e impresora .

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue de bloques al azar con dos especies de leguminosas el frijol y haba con dos densidades de siembra, con cuatro tratamientos y tres replicas

3.4.2. Diseño bloques al azar



3.4.3. Características del diseño

Numero de tratamientos: 4

Numero de réplicas: 3

Número de unidades experimentales: 12

Largo de la unidad experimental: 27m

Ancho de la unidad experimental: 14m

Espacio entre bloques: 1m

Superficie por unidad experimental: 24m²

Superficie neta: 288m²

Área total del ensayo: 378m²

3.4.4. Densidades de siembra

Se usaran dos densidades de siembra:

D1=30x30cm de planta a planta y 60x60cm de surco a surco

D2=20x20cm de planta a planta y 50x50cm de surco a surco

Estas densidades permitieron obtener una población relativamente alta, así se tuvo buena producción de follaje (hojas y tallos) se sembró en surcos, ya que estas leguminosas requieren riego. Es por esto que manejaron estas densidades que son menores alas de un cultivo comercial y está entre las que se sugieren en la incorporación de abonos verdes.

3.4.5. Descripción de los tratamientos

T1= E1D1

T2= E1D2

T3= E2D1

T4= E2D2

Donde:

T1: tratamiento uno. E1: especie uno. D1: densidad uno.

T2: tratamiento dos. E1: especie uno. D2: densidad dos.

T3: tratamiento tres. E2: especie dos. D1: densidad uno.

T4: tratamiento cuatro. E2: especie dos. D2: densidad dos.

3.4.6 Procedimiento experimental

3.4.6.1 Determinación de las características del suelo antes de la siembra de las especies utilizadas como abono verde

Comprende la identificación de las características físicas: densidad aparente, porosidad y textura. Características químicas: conductividad eléctrica, pH, N, P y K. Características biológicas: materia orgánica. Para ello se siguió los siguientes pasos:

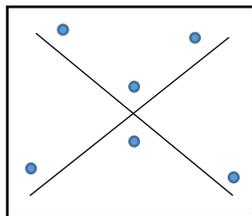
- ❖ Identificación de las clases de suelo en el terreno o área de estudio.
- ❖ Diseño del muestreo
- ❖ Toma de muestras representativas
- ❖ Análisis de laboratorio
- ❖ Interpretación de las características físicas y químicas.
- ❖ Determinación de la oferta de nutrientes

3.4.6.2. Análisis de suelo antes de la siembra

3.4.6.2.1 Toma de muestra

Se realizó un análisis de suelo, para determinar las características físicas (densidad aparente, porosidad y textura), químicas (conductividad eléctrica, pH, N, P, y K) y biológicas (Materia orgánica) para el efecto se siguió el siguiente procedimiento:

A la parcela destinada al ensayo, se realizó primero la medición de esta para posteriormente extraer las muestras de suelo antes de la siembra, el método que se usó para el muestreo fue en forma de diagonales.



Se tomó seis submuestras con una pala a una profundidad de 15 cm, cada submuestra de 100 gramos aproximadamente cada una y se mezcló las seis en forma homogénea para obtener la muestra definitiva de cada unidad experimental, este será de 0.6 kg luego se introdujo las diferentes muestras por separado en bolsas de plástico limpias, cada bolsa tuvo su respectiva tarjeta para su identificación y se trasladó al laboratorio de suelos.

3.4.6.3 Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se utilizó un tractor y los equipos de arado y rastreo para eliminar los terrones y rastros y obtener así una buena cama de siembra.

3.4.6.4 Delimitación de parcelas

La delimitación de las parcelas se realizó con la ayuda de una wincha y cuatro estacas que se colocaron en las esquinas de la superficie total del ensayo a medidas ya mencionadas anteriormente y luego de colocar estas se estiro una tanza de estaca a estaca y obtener líneas rectas, después con la ayuda de una escuadra recuadrar la parcela y así obtener un cuadrado casi perfecto, después de esto se realizó la delimitación de las unidades experimentales con los bloques colocando más estacas y así se obtuvo la parcela total con sus respectivas unidades experimentales y sus pasillos correspondientes.

3.4.6.5 Siembra

La siembra se realizó el 24 de agosto del año 2018, esta labor se la realizó manualmente.

3.4.6.6 Segado, trozado y enterrado de la materia verde al suelo

Para esta actividad en primer lugar se hizo el corte del frijol y el haba dejándolos en sus respectivas unidades experimentales. Después se procedió a recoger la biomasa dejándolos en sus respectivas unidades experimentales.

Como siguiente labor se realizó el troceado y enterrado con un rastreado de disco y un tractor sobre el ensayo total, con esto la biomasa tendrá una fácil y rápida descomposición mediante la actividad microbiana del suelo y la climatología del lugar.

3.4.6.7 Determinación de las características del suelo después de la incorporación de la biomasa

Después del cortado e incorporación de la biomasa al suelo se dejó transcurrir 3 meses, tiempo recomendable para la descomposición de este. Luego se procedió a realizar los mismos pasos que se usó antes de la siembra para la identificación de las características físicas: densidad aparente, porosidad y textura. Características químicas: conductividad eléctrica, pH, N, P y K. Características biológicas: materia orgánica. Para ello se siguió los siguientes pasos:

- ❖ Identificación de las clases de suelo en el terreno o área de estudio.
- ❖ Diseño del muestreo
- ❖ Toma de muestras representativas
- ❖ Análisis de laboratorio
- ❖ Interpretación de las características físicas y químicas.
- ❖ Determinación de la oferta de nutrientes

3.4.6.8. Análisis de suelo después de incorporar la biomasa de las leguminosas

El segundo análisis se realizó 3 meses (la velocidad de la mineralización depende de la temperatura y una humedad no tan elevada como se muestra en la grafico 2.1, y considerando las temperaturas elevadas que se tuvo en Bermejo es por eso que se tomó este rango de tiempo) después de la incorporación de la materia verde al suelo esto considerando el tiempo de mineralización de la biomasa.

Para el muestreo se siguió los mismos pasos que se usó antes de la siembra tomando seis submuestras con una pala en forma de diagonales y se procedió a mezclarlas y obtener la muestra definitiva de 0,6 kg por cada unidad experimental y cavando a una profundidad de 15 cm, y se introdujo en bolsas de plástico limpios, esto se repetirá 12 veces uno por cada unidad experimental, y cada bolsa con su etiqueta para la identificación y su posterior traslado al laboratorio de suelos.

3.4.7 Interpretación de los datos físicos y químicos

3.4.7.1 Nitrógeno total

Cuadro N° 3.11 Nitrógeno total (método Kjeldahl) en %.

Nitrógeno total (%)	Clasificación
>0,18	Alto
0,15 – 0,18	L. alto
0,10 – 0,15	Normal
0,08 – 0,10	L. bajo
0,05 – 0,08	Bajo
< 0,05	Muy bajo

Fuente: Rioja Molina, A. (2002).

$$\text{Kg.ha}^{-1} = \text{prof. m} * \text{Da Kg/m}^3 * \text{Sup. } 10000\text{m}^2$$

$$\text{N.T. (Kg.ha}^{-1}) = \frac{\text{Kg.ha}^{-1} * \text{N.T. (\%)}}{100\%}$$

$$\text{N.I. (Kg.ha}^{-1}) = \frac{\text{N.T. (Kg.ha}^{-1}) * 2\%}{100\%}$$

Dónde:

Ha = 10000m².

Da = Densidad aparente en Kg/m³.

Prof. = profundidad en metros.

N.T. = Nitrógeno total

N.I. = Nitrógeno inorgánico.

3.4.7.2 Fósforo asimilable

Cuadro N° 3.12 Fósforo asimilable (método Olsen) en ppm.

Fósforo asimilable (ppm)	Clasificación
0 – 6	Muy bajo
6 – 12	Bajo
12 – 18	Normal
18 – 30	Alto
>30	Muy alto

Fuente: Rioja Molina, A. (2002).

$$\text{Kg.ha}^{-1} = \text{prof. m} * \text{Da Kg/m}^3 * \text{Sup. } 10000\text{m}^2$$

$$\text{P (Kg.ha}^{-1}) = \frac{\text{Kg.ha}^{-1} * \text{P (Kg)}}{1000000 \text{ (Kg)}}$$

Dónde:

Ha = 10000m².

Da = Densidad aparente en Kg/m³.

Prof. = profundidad en metros.

ppm = Relación 1 en 1000000 ó 1/100

P = Fósforo.

3.4.7.3 Potasio de intercambio

Cuadro N° 3.13 Potasio de Cambio (meq/100gr).

Potasio de cambio (meq/100gr)	Clasificación
0,00 – 0,30	Muy bajo
0,30 – 0,60	Bajo
0,60 – 0,90	Normal
0,90 – 1,50	Alto
1,50 – 2,40	Muy alto

Fuente: Rioja Molina, A. (2002).

$$\text{Kg.ha}^{-1} = \text{prof. m} * \text{Da Kg/m}^3 * \text{Sup. } 10000\text{m}^2$$

$$\text{K (Kg.ha}^{-1}) = \frac{\text{Kg.hqa}^{-1} * \text{K (Kg)}}{1000000 \text{ (Kg)}}$$

Dónde:

Ha = 10000m².

Prof. = profundidad en metros.

K = Potasio.

Da = Densidad aparente en Kg/m³.

meq/100g * 39mg/meq * 10 = ppm

ppm = Relación 1 en 1000000 ó 1/100.

3.4.7.4 Materia orgánica total

Cuadro N° 3.14 Materia orgánica oxidable (método Walkley-Black) en %.

M.O. oxidable (%)	M.O. total (%)	Clasificación
< 0,9	< 1,6	Muy bajo, suelo muy mineralizado
1,0 – 1,9	1,7 – 3,3	Bajo, suelo mineralizado
2,0 – 2,5	3,4 – 4,3	Normal, suelo mineral-orgánico
2,6 – 3,5	4,4 – 6,0	Alto, suelo orgánico
>3,6	>6	Muy alto, suelo orgánico

Fuente: Rioja Molina, A. (2002).

$$\%M.O. = C.O. * 1,724$$

Dónde:

% M.O. = Porcentaje de materia orgánica.

C.O. = Carbono orgánico.

Constante = 1,724

$$\%M.O. = \frac{P_{ss} - P_{sc}}{P_{ss}} * 100$$

Dónde:

Pc = Peso del crisol.

Pss = Peso de suelo seco.

Psc = Peso de suelo calcinado.

% M.O. = Porcentaje de materia orgánica.

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

Dónde:

M.O. = Materia orgánica expresada en Kg. ha⁻¹

10000 = Constante.

Prof. = Profundidad de muestreo.

Da = Densidad aparente.

% M.O. = Porcentaje de materia orgánica.

3.4.7.5 El pH activo del suelo

Cuadro N° 3.15 Interpretación de valores del pH.

Rango de pH	Clasificación
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Moderadamente básico
8,5 – 9,0	Ligeramente alcalino
9,1 – 10,0	Alcalino
> 10,0	Fuertemente alcalino

Fuente: Rioja Molina, A. (2002).

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = \text{antilog} (-\text{pH}) = \text{Mol/Litro}$$

3.4.7.6 Porosidad

Generalmente, los suelos bajo sistemas de producción agrícola intensiva tienden a compactarse, y al reducir su porosidad pierden parte de su potencialidad de producción.

Cuadro N° 3.16. Valores orientativos de la porosidad total de un suelo y su interpretación

Porosidad total (%)	Interpretación
< 30	Muy baja
30 - 40	Baja
40 – 50	Media
50 - 60	Alta
> 60	Muy alta

Fuente: Rioja Molina, A. (2002).

3.4.7.7 Conductividad eléctrica

Cuadro N° 3.17 Clasificación de suelos salinos Clase de Suelos

Clases de Suelos				
Parámetros	Salino	Normal	Sódico	Salino-Sódico
pH	< 8.5	< 8.5	> 8.5	> 8.5
C.E. (dS/m)	> 4	< 4	< 4	> 4
P.S.I. (%)	< 15	< 15	>15	>15
P.S.I. porcentaje de Na intercambiable				

Fuente: Rioja Molina, A. (2002).

Cuadro N° 3.18 Clasificación de la Salinidad de suelos de acuerdo a la respuesta de los cultivos

Tipo de Suelo	Salinidad	C.E. (dS/m)	Efectos
Normales	Muy ligera	0-2	Casi nulos
	Ligera	2-4	Puede afectar a cultivos sensibles
Salinos	Media	4-8	La mayoría de los cultivos son afectados
	Fuerte	8-16	Solo pueden prosperar cultivos tolerantes
	Muy Fuerte	> 16	Solo se desarrollan cultivos muy tolerantes

Fuente: Rioja Molina, A. (2002).

Cuadro 3.19 densidad aparente

Rango gr/cc	Clasificación	Clase
< 1.1	Baja	Clase I
1.1 – 1.6	Medio	Clase II
>1.6	Alto	Clase III

Fuente: Rioja Molina, A. (2002).

3.5. Variables evaluadas

Se evaluó las siguientes variables:

- Días a floración de las especies utilizadas como abono verde.
- Densidad aparente del suelo antes y después del abonado en verde
- C.E. del suelo antes y después del abonado en verde

- PH del suelo antes y después del abonado en verde
- Contenido de M.O. en el suelo antes y después del abonado en verde
- Contenido de macronutrientes antes y después del abonado en verde.
 - Nitrógeno asimilable
 - Fosforo asimilable
 - Potasio asimilable

3.6. Tabulación y análisis de datos

Con los datos obtenidos mediante los análisis físico - químico en laboratorio antes y después de la incorporación de abonos verdes se efectuó los respectivos análisis de varianza (ANVA), y posteriormente la prueba de múltiple de Duncan con el nivel de significación del 1 y 5% para determinar entre que tratamiento hay diferencias estadísticas.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DENSIDAD APARENTE

Cuadro N°4.1 Densidad aparente del suelo por tratamiento antes y después del abonado

Tratamientos		Resultados g/cc	Rango g/cc	Clasificación
T1	antes	1,43	1,25-1,50	Medio clase 2
	después	1,36	1,25-1,50	Medio clase 2
T2	antes	1,44	1,25-1,50	Medio clase 2
	después	1,37	1,25-1,50	Medio clase 2
T3	antes	1,42	1,25-1,50	Medio clase 2
	después	1,44	1,25-1,50	Medio clase 2
T4	antes	1,46	1,25-1,50	Medio clase 2
	después	1,37	1,25-1,50	Medio clase 2

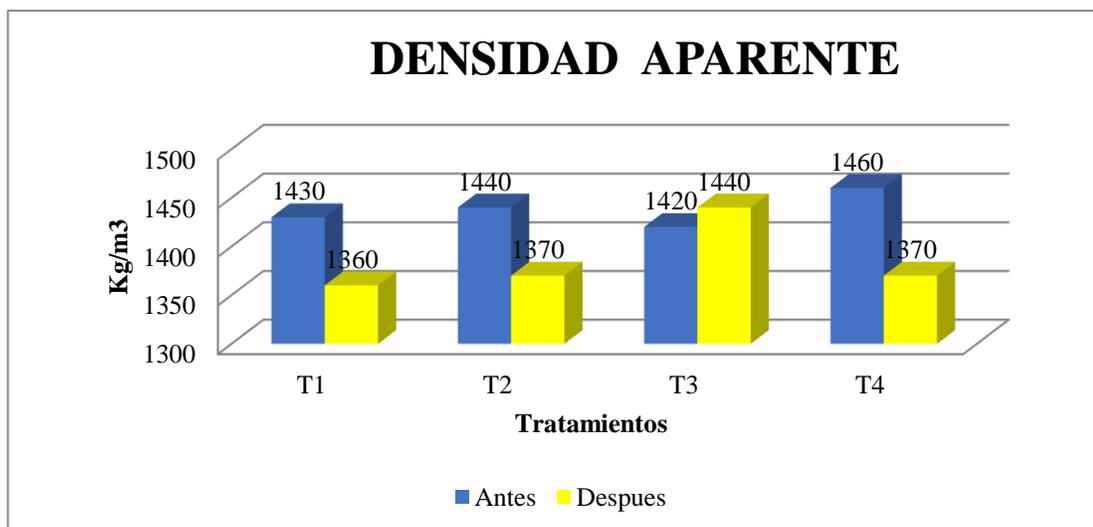
De acuerdo al cuadro 4.1 ninguno de los tratamientos cambio la clasificación de suelo teniendo como parámetro la densidad aparente.

Cuadro N°4.2. Diferencia de la densidad aparente del suelo antes y después del abonado

Tratamientos	Antes	después	Diferencia
T 1	1430 Kg/m ³	1360 Kg/m ³	-70 Kg/m ³
T 2	1440 kg/m ³	1370 kg/m ³	-70 Kg/m ³
T 3	1420 kg/m ³	1440 kg/m ³	20 Kg/m ³
T 4	1460 kg/m ³	1370 kg/m ³	-90 Kg/m ³

En este cuadro 4.2 de comparaciones de densidades aparentes de los análisis de suelos se tiene que se modificó la densidad aparente porque bajó de peso en 3 tratamientos en kg/m³, el T3 fue el único que aumentó de peso en 20 kg/m³, y los que bajaron de peso fueron en T1 y T2 en una misma cantidad -70 kg/m³, y el que más bajo de peso es el T4 con -90 kg/ m³. Al bajar el peso del suelo en la misma unidad de superficie de un m³ aumento la porosidad del suelo, lo que es favorable para un buen desarrollo de raíces y una buena conducción de los elementos.

Gráfico 4.1. Densidad aparente



De acuerdo al gráfico la densidad aparente se tiene que el T3 aumentó de peso a un total de 1440 kg/m³ y en cuanto a los demás tratamientos se ve la disminución de peso teniendo a T2 y T4 con un mismo peso de 1370 kg/m³, posteriormente el T1 muestra la mayor disminución de peso con 1360 kg/m³. Lo que se entiende que al bajar de peso el suelo en un m³ aumento la porosidad.

Herencia (2008) y Beltrán Morales (2006) demostraron que la adición de abono verde resulta en una mejora de la MO, lo que lleva a un mejor estado de agregación del suelo, menor densidad aparente y mejora en características de flujo de agua que benefician el crecimiento de los cultivos subsiguientes.

4.2 POROSIDAD

Cuadro N°4.3 Porosidad del suelo por tratamiento antes y después de incorporar abonos verdes

Tratamientos		Resultados %	Rango %	Clasificación
T1	antes	55,6	50-60	alta
	después	58,6	50-60	alta
T2	antes	56,9	50-60	alta
	después	59,6	50-60	alta
T3	antes	54,4	50-60	alta
	después	56,0	50-60	alta
T4	antes	56,9	50-60	alta
	después	59,7	50-60	alta

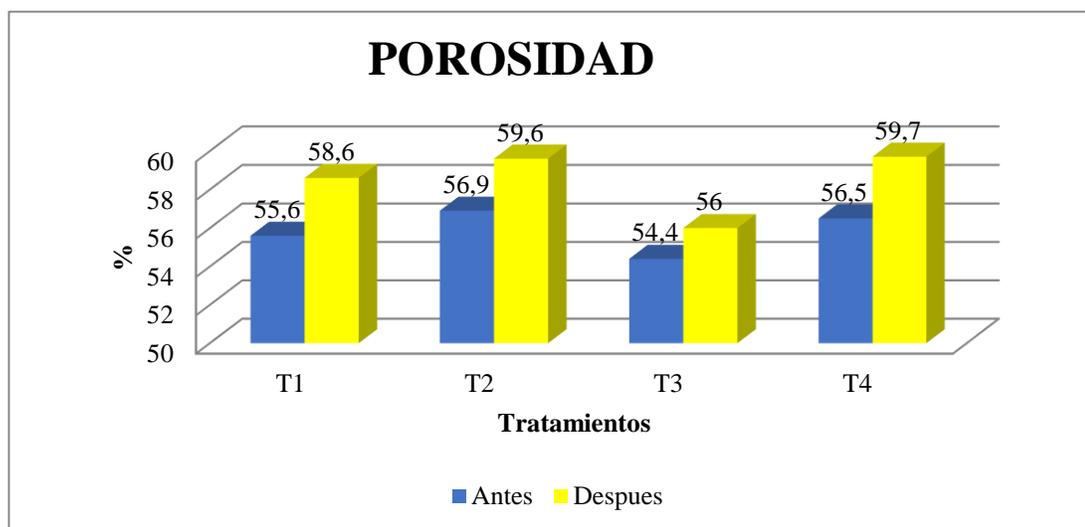
De acuerdo al cuadro 4.3 los resultados que muestra con respecto a la porosidad, se tiene que no hubo modificación de la porosidad se mantuvo en clase alta.

Cuadro N°4.4 Diferencia de la porosidad del suelo por tratamiento antes y después del abonado

Tratamientos	Antes	después	Diferencia
T 1	55,6 %	58,6 %	3 %
T 2	56,9 %	59,6 %	2,7 %
T 3	54,4 %	56,0 %	1,6 %
T 4	56,5 %	59,7 %	3,2 %

En este cuadro 4.4 de comparaciones de porosidad de los análisis de suelos se tiene que se modificó la porosidad, se tiene que el T4 fue el que más aumento con 3,2 % con respecto al primer análisis de suelos, después le sigue el T1 que aumento 3 %, después está el T2 que aumento 2,7 % con respecto al primer análisis, y por ultimo está el T3 que fue el que menos aumento con 1,6 %.

Gráfico 4.2 Porosidad



De acuerdo al gráfico se puede ver que si se modificó la porosidad en constancia al primer análisis de suelos, se tiene que el T4 alcanzo el resultado más alto 59,7 % en la porosidad, después le sigue el T2 que alcanzo 59,6 %, un poco más bajo esta el T1 con resultado de 58,6 % y por ultimo está el que presento menor resultado el T3 con 56 %.

Infoagro-2014 indica que el abono orgánico mejora la estructura y porosidad del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos. Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación del mismo.

4.3 Textura

Cuadro N° 4.5 Textura del suelo por tratamientos

Parámetro	Resultado	Rango	Clasificación
T1	Y	A 17,5 L 39,75 Y 42,75	arcilloso
T2	Y	A 22,50 L37,25 Y 40,25	arcilloso
T3	YL	A 12,50 L 42,25 Y 45,25	arcilloso limoso
T4	YL	A 15,00 L 44,75 Y 40,25	arcilloso limoso

En el cuadro 4.5 solo se muestra resultados de la textura después de la incorporación de la materia orgánica, ya que este factor no tiene a cambiar en poco tiempo con la incorporación de estos abonos es por eso que solo se muestran estos resultados. El T1 y T2 tienen un suelo arcilloso y los T3 y T4 tienen un suelo arcilloso limoso

4.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Cuadro N°4.6 conductividad eléctrica del suelo por tratamiento antes y después del abonado

Tratamientos		Resultados mmhos/cm	Rango mmhos/cm	Clasificación
T1	antes	0,059	0-2	Suelo normal salinidad casi nula
	después	0,051	0-2	Suelo normal salinidad casi nula
T2	antes	0,055	0-2	Suelo normal salinidad casi nula
	después	0,054	0-2	Suelo normal salinidad casi nula
T3	antes	0,053	0-2	Suelo normal salinidad casi nula
	después	0,059	0-2	Suelo normal salinidad casi nula
T4	antes	0,048	0-2	Suelo normal salinidad casi nula
	después	0,112	0-2	Suelo normal salinidad casi nula

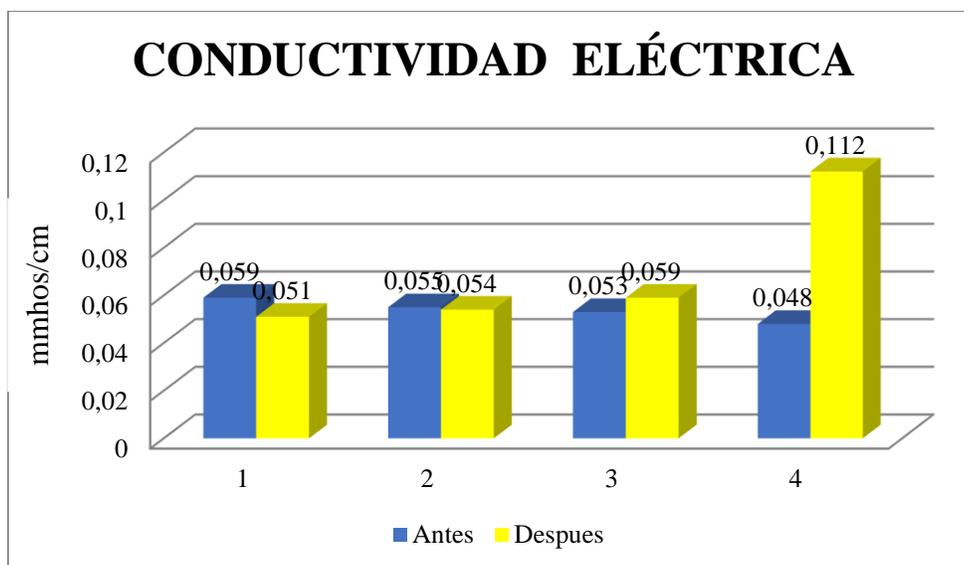
En el cuadro 4.6 se muestra que no hubo modificación en cuanto a los resultados incorporando abono verde, se mantuvo un suelo normal y salinidad casi nula en todos los tratamientos.

Cuadro 4.7. Diferencia de la conductividad eléctrica del suelo antes y después del abonado

Tratamientos	Antes	después	Diferencia
T 1	0,059 mmhos/cm	0,051 mmhos/cm	-0,008 mmhos/cm
T 2	0,055 mmhos/cm	0,054 mmhos/cm	-0,001 mmhos/cm
T 3	0,053 mmhos/cm	0,059 mmhos/cm	0,006 mmhos/cm
T 4	0,048 mmhos/cm	0,112 mmhos/cm	0,064 mmhos/cm

De acuerdo al cuadro comparativo se pudo notar que hubo modificaciones en la conductividad eléctrica de contar con un suelo no salino en el primer análisis de suelos, se tuvo una diferencia o modificación positiva en los tratamientos T4 y T3 con valores de 0,064 mmhos/cm y 0,006 mmhos/cm respectivamente, y en el resto de los tratamientos se modificó negativamente con el T1 con una diferencia de -0,008 mmhos/cm y por el ultimo una mínima modificación del T2 con un valor de -0,001 mmhos/cm por lo que corresponde a un suelo no salino.

Gráfico 4.3. Conductividad eléctrica



De acuerdo al gráfico se puede ver que si se modificó la conductividad eléctrica en constancia al primer análisis de suelos, se tuvo un incremento en los tratamientos T4 y T3 von valores de 0,112 mmhos/cm y 0,059 mmhos/cm respectivamente de acuerdo al segundo análisis de suelos, el T1 redujo hasta 0,051 mmhos/cm y el T2 tuvo una mínima modificación de 0,054 mmhos/cm, por lo que corresponde a un suelo no salino.

El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes, aumenta la conductividad eléctrica, retiene más agua así reduciendo la lixiviación de nutrientes. (infoagro-2014)

4.5 PH

Cuadro N° 4.8 pH del suelo por tratamiento antes y después del incorporar abonos verdes

Tratamientos		Resultados	Rango	Clasificación
T1	antes	5,82	5,6 – 6,0	Medianamente ácido
	después	6,13	6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
T2	antes	6,34	6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
	después	6,42	6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
T3	antes	6,41	6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
	después	6,55	6,6 – 7,3	Neutro
T4	antes	6,15	6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
	después	6,21	6,1 – 6,5	Ligeramente ácido

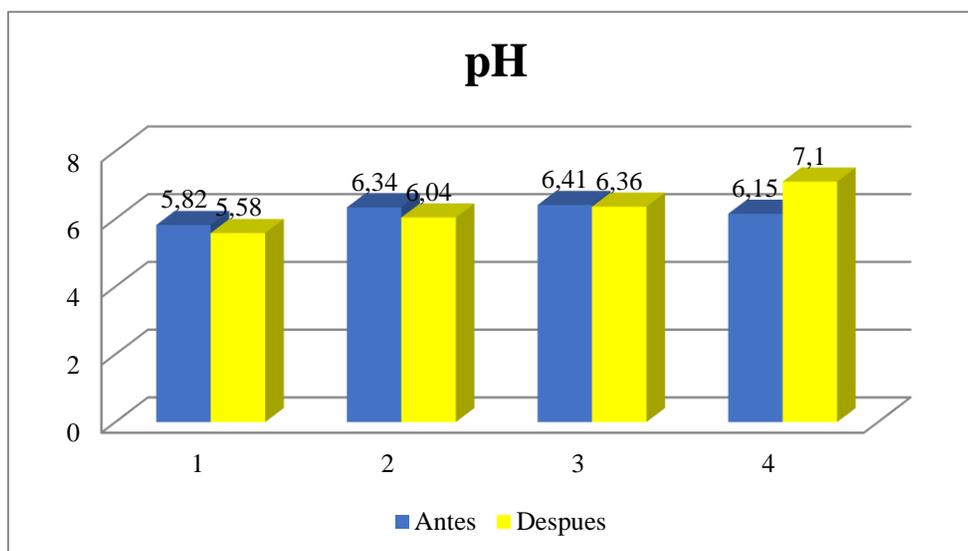
De acuerdo al cuadro 4.8 se tiene que con la incorporación de abono verde el pH cambio en el T1 de medianamente acido a ligeramente acido, en el T2 se mantuvo en ligeramente acido, en el T3 el pH se modificó de ligeramente acido a neutro y por último el T4 se mantuvo en ligeramente acido.

Cuadro 4.9. Diferencia del pH del suelo antes y después del abonado en verde

Tratamientos	Antes	después	Diferencia
T 1	5,82	6,13	0,31
T 2	6,34	6,42	0,08
T 3	6,41	6,55	0,14
T 4	6,15	6,21	0,06

De acuerdo al cuadro comparativo del pH de los análisis de suelos se pudo ver una modificación en el pH en el T1 fue el que más incremento hasta 0,31 luego le sigue el T3 que aumento 0,14 a su valor anterior después le sigue el T2 que aumento 0,08y por ultimo el T4 que incremento 0,06. Esto se debe a que la materia orgánica es un regulador del pH.

Grafico 4.4. PH



De acuerdo al gráfico del pH de los análisis de suelos se vio una modificación en el pH el T4 tuvo un cambio de débilmente ácido a ligeramente alcalino alcanzando su valor a 7,1 en cuanto a los otros tratamientos redujeron sus valores pasando a ser más débilmente ácidos el T3 obtuvo un valor de 6,36 en el T2 bajo a un valor de 6,04 y en el T1 fue el que más redujo su valor a 5,58.

Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste. (Domínguez, 2012)

4.6 NITRÓGENO TOTAL (NT)

Cuadro N° 4.10 NT del suelo por tratamiento antes y después de incorporar abono verde

Tratamientos		Resultados %	Rango %	Clasificación
T1	antes	0,10	0,10 – 0,15	Normal
	después	0,16	0,15 – 0,18	Ligeramente alto
T2	antes	0,09	0,08 – 0,10	Ligeramente bajo
	después	0,11	0,10 – 0,15	Normal
T3	antes	0,09	0,08 – 0,10	Ligeramente bajo
	después	0,13	0,10 – 0,15	Normal
T4	antes	0,08	0,08 – 0,10	Ligeramente bajo
	después	0,16	0,15 – 0,18	Ligeramente alto

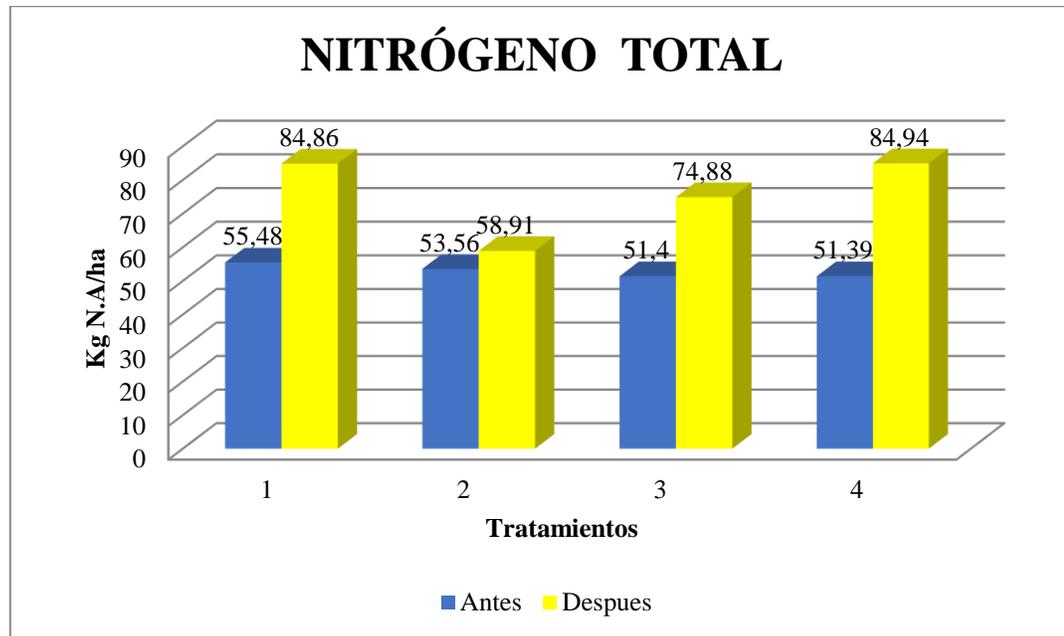
De acuerdo al cuadro 4.10 se tiene que aumentaron o en algún caso se mantuvo el contenido de nitrógeno total con la incorporación de abonos verdes. En el T1 cambio de tener un contenido normal de N a tener ligeramente alto, en el T2 cambio de ligeramente bajo a tener un contenido normal de N, el T3 lo mismo que el anterior de ligeramente bajo a un contenido normal y en el T4 fue el único tratamiento que se mantuvo en ligeramente bajo.

Cuadro N° 4.11. Diferencia del Nitrógeno total del suelo antes y después del abonado en verde

Tratamientos	Antes del abonado	Después del abonado	Diferencia
T 1	55,48 kg N.A/ha.	84,86 kg N.A/ha.	29,38 kg NA/ha
T 2	53,56 kg N.A/ha.	58,91 kg N.A/ha.	5,35 kg NA/ha
T 3	51,40 kg N.A/ha.	74,88 kg N.A/ha	23,48 kg NA/ha
T 4	51,39 kg N.A/ha.	84,94 kg N.A/ha	33,55 kg NA/ha

De acuerdo al cuadro se tiene que si hubo un incremento en el nitrógeno asimilable en todos los tratamientos el T 4 tiene mejores resultados con 84,94 kg N. A. que incremento 33,55 kg/ha con respecto al primer análisis, seguido del T1 con 84,86 kg N .A. que incremento 29,38 kg/ha, posteriormente le sigue el T 3 con 74,88 kg N.A. y un aumentó de 23,48 kg/ha y por ultimo tenemos al T 2 con 58,91 kg N.A. dando un mínimo incremento de 5,35 kg/ha.

Gráfico 4.5. Nitrógeno total



En este gráfico da cuenta el incremento de todos los tratamientos que tuvieron con respecto al análisis previo a la incorporación de los abonos verdes, el T4 fue el que más kg de nitrógeno alcanzó con 84,94 kg N.A. le sigue el T1 con 84,86 kg, posteriormente está el T3 con 74,88 kg, y por último está el T2 con 58,91 kg de N.A.

Las leguminosas pueden contribuir aportando importantes cantidades de N de origen simbiótico, promover la adición de N al suelo a través de la fijación biológica, para los cultivos posteriores, así como proteger el suelo contra la erosión. (Starovoytov, 2010).

4.7 FÓSFORO ASIMILABLE

Cuadro N° 4.12 Fosforo del suelo por tratamiento antes y después de la incorporación del abono verde

Tratamientos		Resultados ppm	Rango ppm	Clasificación
T1	antes	10,67	6 – 12	Bajo
	después	11,9	6 – 12	bajo
T2	antes	12,0	6 – 12	bajo
	después	14,6	12 – 18	Normal
T3	antes	11,34	6 – 12	bajo
	después	13,6	12 – 18	Normal
T4	antes	8,7	6 – 12	Bajo
	después	20,0	18 – 30	Alto

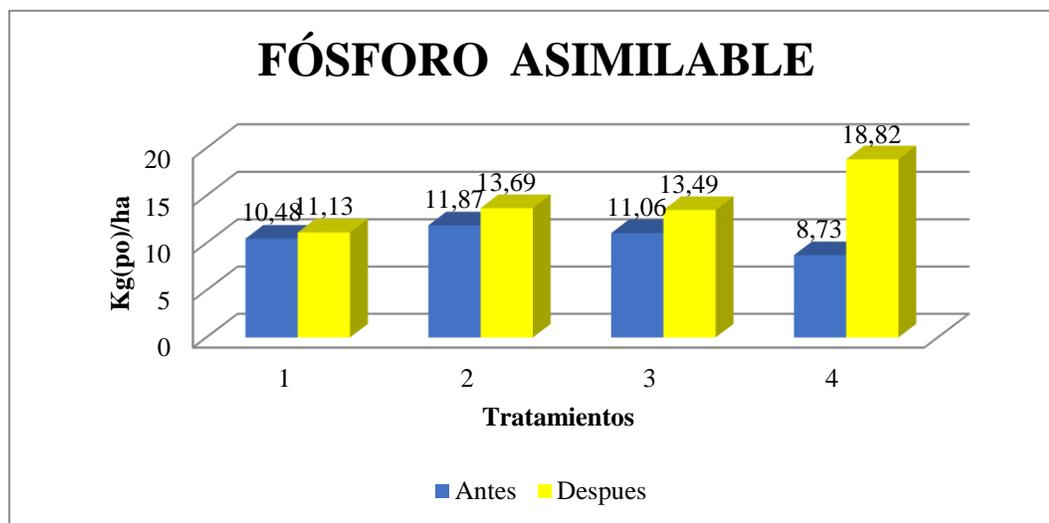
De acuerdo al cuadro 4.12 se tiene que el fosforo mostro un incremento en su contenido, con la incorporación de abonos verdes. En el T1 se mantuvo en un contenido de P bajo, en el T2 se modificó de un contenido bajo a un contenido normal de P, el T3 y T4 lo mismo que el T2 se modificó de bajo a un contenido normal.

Cuadro N° 4.13. Diferencia del fósforo del suelo antes y después de incorporar abono verde

Tratamientos	antes	después	Diferencia
T 1	10,48 kg(P ₂ O ₅)/ha	11,13 kg(P ₂ O ₅)/ha	0,65 kg(P ₂ O ₅)/ha
T 2	11,87 kg(P ₂ O ₅)/ha	13,69 kg(P ₂ O ₅)/ha	1,82 kg(P ₂ O ₅)/ha
T 3	11,06 kg(P ₂ O ₅)/ha	13,49 kg(P ₂ O ₅)/ha	2,43 kg(P ₂ O ₅)/ha
T 4	8,73 kg(P ₂ O ₅)/ha	18,82 kg(P ₂ O ₅)/ha	10,09 kg(P ₂ O ₅)/ha

De acuerdo al cuadro se puede notar que si hubo un incremento del fósforo asimilable en los cuatro tratamientos el tratamiento que más incrementó fue el T 4 con 10,09 kg, seguido por el T 3 con 2,43 kg, posteriormente le sigue el T 2 con 1,82 kg y por último está el T 1 con 0,65 kg (P₂ O₅)/ha. Después de la incorporación de la biomasa al suelo.

Gráfico 4.6. Fosforo asimilable



De acuerdo a este gráfico se ve que hubo un incremento notable en kg. P₂ O₅/ha. El T4 fue el que más incrementó llegando a un total de 18,82 kg, le sigue el T2 con 13,69 kg, posteriormente está el T3 con 13,49 kg y por último el T1 con 11,13 kg de P₂ O₅/ha.

Es una fuente de elementos nutritivos (N,P,K,Ca,etc), que son aprovechables por las plantas después que la materia orgánica ha sido descompuesta por los microorganismos. (Sepulveda, F. et al 2017)

4.8 POTASIO ASIMILABLE

Cuadro N° 4.14 Potasio del suelo por tratamiento antes y después de incorporar abonos verdes

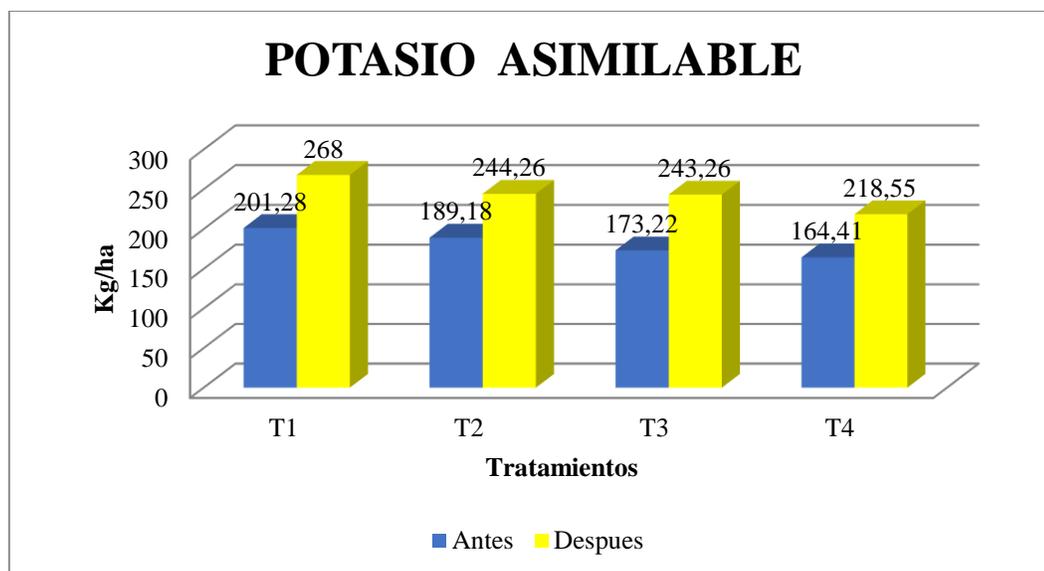
Tratamientos		Resultados meq/100 g	Rango meq/100 g	Clasificación
T1	antes	0,15	0,00 – 0,30	Muy bajo
	después	0,21	0,00 – 0,30	Muy bajo
T2	antes	0,14	0,00 – 0,30	Muy bajo
	después	0,19	0,00 – 0,30	Muy bajo
T3	antes	0,13	0,00 – 0,30	Muy bajo
	después	0,18	0,00 – 0,30	Muy bajo
T4	antes	0,12	0,00 – 0,30	Muy bajo
	después	0,17	0,00 – 0,30	Muy bajo

De acuerdo al cuadro 4.14 se tiene que el potasio no modifico o fue muy poco el incremento de potasio, con la incorporación de abonos verdes. En todos los tratamientos el contenido se mantuvo en muy bajo.

Cuadro N° 4.15. Diferencia del potasio del suelo antes y después del abonado

Tratamientos	antes	después	Diferencia
T 1	201,28 kg (k ₂ O)/ha	268,00 kg (k ₂ O)/ha	66,72 kg (k ₂ O)/ha
T 2	189,18 kg (k ₂ O)/ha	244,26 kg (k ₂ O)/ha	55,08 kg (k ₂ O)/ha
T 3	173,22 kg (k ₂ O)/ha	243,23 kg (k ₂ O)/ha	70,01 kg (k ₂ O)/ha
T 4	164,41 kg (k ₂ O)/ha	218,55 kg (k ₂ O)/ha	54,14 kg (k ₂ O)/ha

De acuerdo al cuadro se ve que el (k₂O) tuvo incremento en los tratamientos siendo el T3 el que tuvo el mayor resultado con 70,01 kg (k₂O)/ha, con respecto al primer análisis, le sigue el T1 con 66,72 kg, posteriormente le sigue el T2 con 55,08 kg y el último es el T4 con 54,14 kg (k₂O)/ha.

Gráfico 4.7. Potasio asimilable

De acuerdo al gráfico el (K₂O)/ha. Se tiene incrementos en los tratamientos en los cuales el T1 muestra un total de 268 kg (k₂O)/ha, le sigue el T2 con 244,26 kg, posteriormente está el T3 con 243,26 kg y por último está el T4 con 218,55 kg (k₂O)/ha. Estos resultados son los que arrojo el análisis de suelo que se hizo después de la incorporación de la materia verde.

Las leguminosas son fuentes de elementos nutritivos en mayor cantidad el N aerobico las pueden fijar en el suelo, y en menor cantidad es fuente de P y K. (Sánchez, J. 2007)

4.9 MATERIA ORGÁNICA (MO)

Cuadro N° 4.16 MO del suelo por tratamiento antes y después de incorporar abonos verdes

Tratamientos		Resultados %	Rango %	Clasificación
T1	antes	1,94	1,7 – 3,3	Bajo, suelo mineralizado
	después	3,12	1,7 – 3,3	Bajo, suelo mineralizado
T2	antes	1,86	1,7 – 3,3	Bajo, suelo mineralizado
	después	2,15	1,7 – 3,3	Bajo, suelo mineralizado
T3	antes	1,81	1,7 – 3,3	Bajo, suelo mineralizado
	después	2,60	1,7 – 3,3	Bajo, suelo mineralizado
T4	antes	1,76	1,7 – 3,3	Bajo, suelo mineralizado
	después	3,10	1,7 – 3,3	Bajo, suelo mineralizado

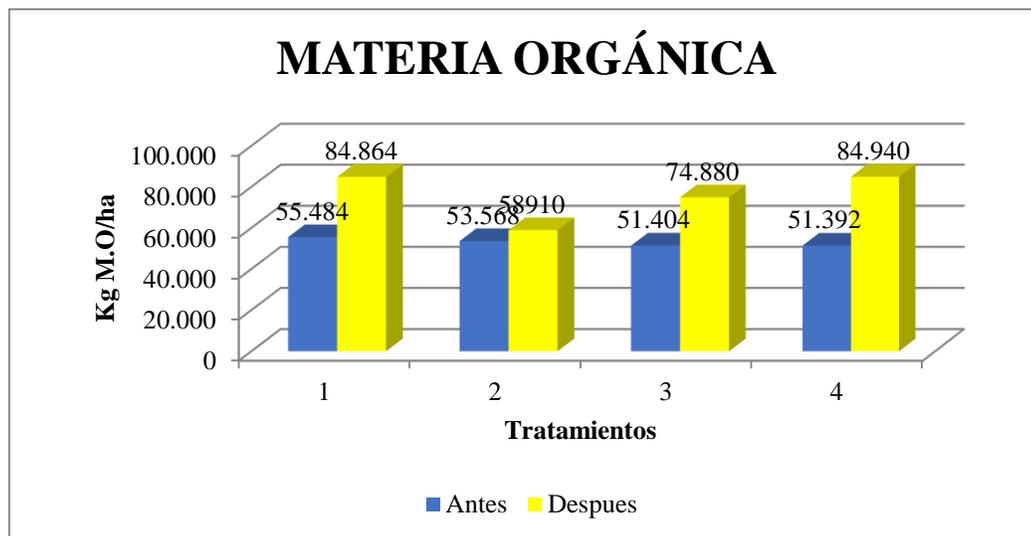
De acuerdo al cuadro 4.16 se tiene que no hubo un aumento significativo en el contenido de materia orgánica, con la incorporación de abonos verde. Es por eso que todos los tratamientos se mantuvieron en el rango de contenido bajo, suelo mineralizado.

Cuadro 4.17. Diferencia del contenido de materia orgánica del suelo antes y después del abonado

Tratamientos	antes	después	Diferencia
T 1	55484 kg/ha	84864 kg/ha	29380 kg/ha
T 2	53568 kg/ha	58910 kg/ha	5342 kg/ha
T 3	51404 kg/ha	74880 kg/ha	23476 kg/ha
T 4	51392 kg/ha	84940 kg/ha	33548 kg/ha

De acuerdo a este cuadro comparativo se tuvo un incremento notable en la materia orgánica con la incorporación de los abonos verdes el tratamiento que más incrementó fue el T 4 alcanzando un total de 84940 kg/ha, dando un incremento de 33548 kg/ha con respecto al primer análisis, seguido por el T 1 con 84864 kg/ha y un aumento de 29380 kg/ha, luego le sigue el T 3 con 74880 kg/ha y la adición a este fue de 23476 kg/ha y por último tenemos al T 2 con 58910 kg/ha y tan solo con un aumento de 5342 kg/ha.

Gráfico 4.8. Materia orgánica



En este gráfico de columnas se ve la diferencia que hubo entre tratamientos notándose un incremento notable en el T4 con 84940 kg/ha y T1 con 84864 kg/ha siendo estos mismos los que mejores resultados dieron entre tratamientos. Después se vio que el T3 tuvo un aumento aceptable en materia orgánica con 74880 kg/ha y por último el T1 con 58910 kg/ha siendo el que dio los resultados más bajos de este trabajo, esto se debe a la variabilidad de los tratamientos al momento de incorporar la biomasa.

En cuanto al efecto de los abonos verdes sobre la MO del suelo Herencia (2008) y Beltrán Morales (2006) demostraron que la adición de abono verde resulta en una mejora de la MO, El incremento en la MO y por lo tanto el incremento en la productividad puede tardar varios años en manifestarse, Agamennoni y Vanzolini (2006) observaron valores de incrementos en la producción del cultivo subsiguiente luego de realizar un abono verde con vicia.

Por lo expuesto, la utilización de cultivos de leguminosas anuales como abonos verdes puede ser una alternativa muy adecuada para incrementar el nivel de MO del suelo y proveer una fuente de nitrógeno disponible para ser aprovechados por los cultivos posteriores. (Romero y Ruiz, 2001).

4.10 DÍAS A FLORACION

Cuadro N° 4.18. Días a floración por tratamientos y bloques

TRATAMIENTO	BLOQUES			Σ	X
	I	II	III		
E1D1	65	66	65	196	65.33
E1D2	66	67	66	199	66.33
E2D1	67	68	67	202	67.33
E2D2	68	66	68	202	67.33
Σ Blog.	266	267	266	799	66.58

En el cuadro 4.18. Referente a los días de floración de las dos especies de leguminosas se tiene que el T1 correspondiente a la (E1D1) es el más precoz alcanzando la floración a los 65.33 días después de la siembra, seguido por el T2 (E1D2) con 66.33 días, posteriormente está el T3 (E2D1) y el T4 (E2D2) ambos con 67.33 días.

Cuadro. 4.19. Análisis de varianza de los días de floración

FV	GL	SC	CM	F	P F	F 5%	F 1%
REPETICIONES	2	0.17	0.08	0.11 Ns	0.895	5,14	10,9
FACTOR A	1	6.75	6.75	9.*	0.024	5,99	13,7
FACTOR B	1	0.75	0.75	1.Ns	0.358	5,99	13,7
INTERACCIÓN	1	0.75	0.75	1.Ns	0.358	5,99	13,7
ERROR	6	4.50	0.75				
TOTAL	11	12.92					

C.V.= 1.30 %

Ns no existe diferencia significativa

*significativamente diferente

En las repeticiones no existe diferencia significativa al 5% y 1 %

En el factor A existe diferencia significativa al 5% y nula al 1%

En el factor B no existe diferencia significativa al 5% y 1%

En la interacción no existe diferencia significativa al 5% y 1%

PRUEBA M.D.S.

$$MDS = \sqrt{\frac{2cme}{N^{\circ} r}} * t$$

$$\sqrt{\frac{1,5}{3}} * 2,45 = 1$$

$X_a - X_b = M.D.S$

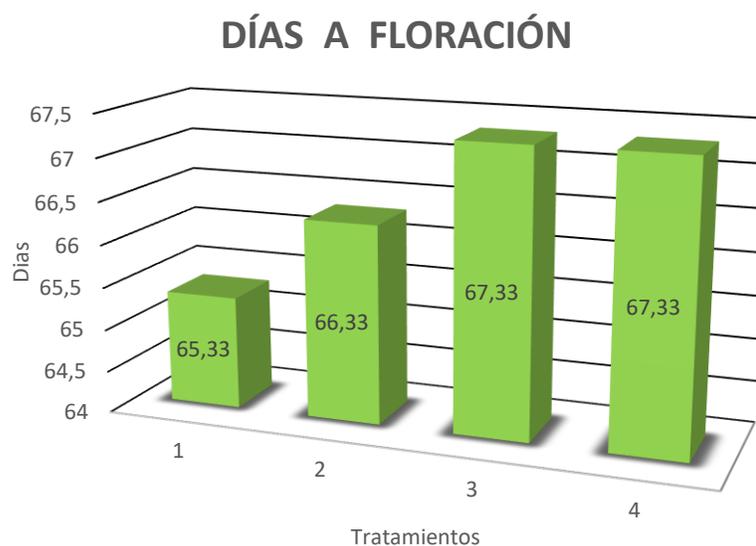
Cuadro N° 4.20. PRUEBA M.D.S DE LOS DÍAS A FLORACIÓN

		T4	T3	T2
		67,33	67,33	66,33
T1	65,33	2	2	1
T2	66,33	1	1	0
T3	67,33	0	0	

Tratamientos	Medias	
T4	67,33	a
T3	67,33	a
T2	66,33	b
T1	65,33	c

La prueba de comparación de M.D.S. nos indica que el T4 con T3 no existe diferencias pero si tiene diferencias con el T2 y T1, el T2 tiene diferencias con respecto a los demás tratamientos y el T1 también tiene diferencias con el resto de tratamientos.

Gráfico 4.9. Días a floración



De acuerdo al gráfico el frijol resultó ser más precoz porque floreció en el T1 a los 65,33 días, que corresponde a la D1 de 30 cm entre planta y planta, en el T2 que corresponde a la D2 de 20 cm floreció a los 66,33 días, mientras que el haba demoró un poco más donde el T3 y T4 floreció a los 67,33 días que corresponde a la D1 de 30 cm y D2 de 20cm respectivamente después de haber sido sembrado.

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

Densidad aparente

La densidad aparente presento una baja de su peso en 3 tratamientos a excepción del T3 que aumentó su peso hasta 1440 kg/m^3 después están los que disminuyeron su peso el T4 redujo hasta 1370 kg/m^3 luego está el T1 con 1360 Kg/m^3 , por último el T2 con 1370 kg/m^3 . Lo que nos da a entender que al bajar el peso del suelo en la misma unidad de superficie de un m^3 aumentó la porosidad del suelo, lo que lo convierte en suelo agrícola bueno porque aumento la aireación, facilita el enraizamiento, mejora la circulación del agua y los macro y micro elementos del suelo.

Porosidad

La porosidad presento un aumento en el porcentaje de los poros, el T4 fue el que alcanzo un mayor porcentaje llegando hasta $59,7 \%$, después está el T2 con $59,6 \%$ luego de este le sigue el T1 alcanzando un $58,6 \%$ y por ultimo está el T3 que solo tuvo 56% . Esto da entender que al aumentar el porcentaje de porosidad en el suelo se tenga una mejor aireación, mejora la circulación del agua y los macro elementos, favorece al mejor desarrollo del enraizamiento.

Textura

Según nuestros resultados de laboratorio se diferencia diferentes suelos. El T1 y T2 se dieron texturas arcillosas y en los T3 y T4 se dieron suelo arcilloso limoso. Esto da entender que los suelos del ensayo domina el suelo arcilloso seguido de los suelos limosos.

Conductividad eléctrica

De acuerdo a los resultados si hubo una modificación en la conductividad eléctrica se tiene que el T3 y T4 incrementaron en 0,059 mmhos/cm y 0,112 mmhos/cm respectivamente y en cuanto a los T1 y T2 se notó una reducción hasta 0,051 mmhos/cm y 0,054 mmhos/cm respectivamente. Por lo que corresponde a un suelo no salino y por lo que es considerado un suelo apto para varios cultivos.

PH

De acuerdo al cuadro comparativo del pH de los análisis de suelos se pudo ver una modificación en el pH. En los T2 y T4 no hubo modificación se mantuvo en ligeramente ácidos, en cuanto al T1 se modificó de moderadamente ácido a ligeramente ácido y en cuanto al T3 se modificó de ligeramente ácido a neutro. El tratamiento que más incremento su pH fue el T3 con 6,55, después le sigue el T2 que alcanzó 6,42 después le sigue el T4 que llegó hasta 6,21 y por último el T1 solo alcanzó los 6,13 de pH. Esto se debe a que la materia orgánica es un regulador de la acidez y salinidad del suelo convirtiéndolo en un pH neutro.

Nitrógeno asimilable

El mayor incremento de Nitrógeno asimilable se dio en el T4 que corresponde a la haba con D2 de 20 cm de planta a planta con 84,94 kg M.O/ha, le sigue el T1 con D1 de 30 cm con 84,86 kg/ha, posteriormente está el T3 con D1 de 30 cm de planta a planta que corresponde a la haba con 74,88 kg M.O/ha y por último está el T2 con D2 con 58,91 kg M.O/ha. Esto es lo que aportaron las leguminosas después de ser incorporadas.

Fósforo asimilable

El T4 con D2 de 20 cm de planta a planta que corresponde al haba fue el que más incremento en fosforo asimilable con 18,82 kg. P₂ O₅/ha, le sigue el T2 con D2 con 13,69 kg P₂ O₅/ha, posteriormente está el T3 con D1 con 13,49 kg P₂ O₅/ha y por ultimo está el T1 con D1 de 30 cm de planta a planta con 11,13 kg de P₂ O₅/ha. Después de la incorporación de las leguminosas.

Potasio asimilable

En potasio asimilable el tratamiento que más incorporo fue el T1 con D1 de 30 cm de planta a planta que corresponde al frijol con 268,00 kg (k₂O)/ha, le sigue el T2 con frijol y D2 de 20 cm de planta a planta con 244,26 kg (k₂O)/ha, después tenemos al T3 con haba y D1 que incorporo hasta 243,23 kg (k₂O)/ha, y el ultimo tratamiento mostro los resultados más bajos el T4 que corresponde la haba y D2 de 30 cm de planta a planta con 218,55 kg (k₂O)/ha.

Materia orgánica

El tratamiento que mayor incremento de materia orgánica presentó es el T4 que corresponde a la haba con D2 de 20 cm de planta a planta con 84940 kg M.O/ha, le sigue el T1 con D1 de 30 cm con 84864 kg/ha, posteriormente está el T3 con D1 de 30 cm de planta a planta que corresponde a la haba con 74880 kg M.O/ha y por último está el T2 con D2 con 58910 kg M.O/ha. Estos datos varían porque el suelo es variable a pesar de ser el área de siembra de 288 m² se nota la diferencia en los tratamientos del primer análisis de suelos.

5.2. RECOMENDACIONES

- De acuerdo al trabajo de investigación que se realizó se recomendaría el tratamiento T4 que corresponde a la especie E2 que es el haba con la densidad D1 de 20 cm la que obtuvo más resultados positivos con respecto al contenido de MO, nitrógeno asimilable y características físicas en favor al mejoramiento del suelo
- Se debe continuar investigando sobre los niveles y tipos de fertilización de los suelos ya que es el medio determinante para obtener una producción óptima. Y no siempre nos tiene que demandar muchos recursos económicos para hacer un mantenimiento de suelos si reponemos año a año el desgaste.
- Sobre la base del estudio y otras investigaciones realizadas con la incorporación de especies como abonos verdes se recomienda, realizar, fertilizaciones con abonos verdes que se produzcan muy bien en la región subtropical de Bermejo. Realizar combinaciones entre especies de gramíneas y leguminosas, para una buena obtención de materia orgánica y por ende mayor fertilidad.
- Promover y validar el uso de las leguminosas como abono verde en las diferentes zonas del departamento de Tarija, dando a conocer las bondades y beneficios de los mismos para una buena conservación de la fertilidad de suelos y por ende una buena producción.