

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



**“Efecto de tres dosis de biol en el peso seco, de la asociación  
Trebol (*Trifolium pratense* L.) y Rye grass (*Lolium multiflorum* L.)”**

**T E S I S**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por la Bachiller:

**ELVIA REINA ZELADA**

Asesor:

**M.Sc. Wilfredo Poma Rojas**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2019**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los siete días del mes de Mayo del año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente 2A-201 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designado por Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 338 – 2018 – FCA – UNC, Fecha 17 de Agosto del 2018, con el objetivo de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado “EFECTO DE TRES DOSIS DE BIOL EN EL PESO SECO, DE LA ASOCIACIÓN TRÉBOL (*Trifolium pratense* L.) Y RYE GRASS (*Lolium multiflorum* L.)”, de la bachiller: REINA ZELADA ELVIA, en Cajamarca para optar el Título profesional de INGENIERO AGRONOMO.

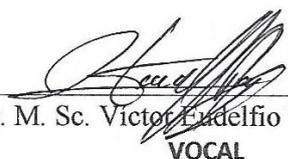
A las seis horas y quince minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición de la Tesis, se procedió a la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado; el Presidente del Jurado anunció la APROBACIÓN por UNANIMIDAD con el calificativo de QUINCE (15). Por lo tanto, la graduada queda expedita para que se le expida el Título Profesional correspondiente.

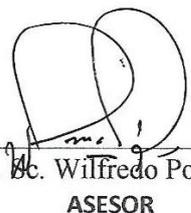
A las siete horas y treinta minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 07 de Mayo de 2019.

  
Ing. M. Sc. Atilio Israel Cadenillas Martínez  
PRESIDENTE

  
M. Sc. Jhon Víctor López Orbegoso  
SECRETARIO

  
Ing. M. Sc. Víctor Eudelfio Torrel Pajares  
VOCAL

  
Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas  
ASESOR

## DEDICATORI

*A mis padres Octavio y Andrea, quienes me apoyaron en todo momento, haciendo posible la culminación de mi carrera profesional.*

*A mis hijas Adriana y Luciana, quienes son mi motivación para seguir adelante y poder culminar del presente trabajo.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por guiarme y cuidarme en el trajinar del destino y permitir el cumplimiento de mis metas trazadas.*

*A mi asesor el ing. Wilfredo Poma Rojas, por sus orientaciones y sugerencias en el desarrollo y término del presente trabajo.*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN _____	1
1.1. Planteamiento del problema. _____	2
1.2. Formulación del problema _____	3
1.3. Objetivos _____	3
1.3.1. general _____	3
1.3.2. Específicos _____	3
1.4. Hipótesis de investigación _____	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA _____	4
2.1. Generalidades de los cultivos en estudio _____	4
2.1.1. Rye Grass ( <i>Lolium multiflorum</i> L.) _____	4
2.1.2. Trébol ( <i>Trifolium pratense</i> L.) _____	8
2.2. Cultivos asociados. _____	10
2.3. Abonos _____	10
2.3.1. Manejo del Estiércol _____	10
2.3.2. Técnicas _____	11
2.3.3. Sistema Ganadero Enfocado _____	12
2.4. Impacto _____	12
2.4.1. Impacto Medioambiental Positivo _____	12
2.4.2. Impacto Medioambiental Negativo _____	13
2.5. Abonos orgánicos. _____	14
2.5.1. Abonos orgánicos líquidos. _____	14
2.5.2. El biol. _____	15
2.5.3. Composición de biol. _____	15
2.5.4. Uso del biol como fertilizante _____	16
2.5.5. Aplicaciones foliares del biol _____	16
2.5.6. Concentraciones de biol _____	17
2.5.7. Frecuencias de aplicación del biol _____	18
2.5. Agricultura ecológica. _____	19
2.5.1. Principios de la agricultura ecológica _____	20
2.6 Biodigestores tubulares _____	20
2.6.1 Biodigestor Tubular Unifamiliar (Flujo continuo) _____	21
2.7 Operación del Biodigestor _____	22

2.7.1.	Relación Carbono: Nitrógeno (C:N) en las excretas _____	22
2.7.2.	Rangos de temperatura para la operación del biodigestor _____	23
2.7.3.	Suministro de excretas al biodigestor. _____	23
2.7.4.	Proporción entre excretas y agua _____	24
2.7.5.	Tiempo de retención y cantidad diaria de excretas _____	24
2.7.6.	Número de animales necesarios para la alimentación del biodigestor ____	24
2.7.7.	Valor del efluente (biol) del Biodigestor como abono. _____	25
2.7.8.	Otros usos del Biol del Biodigestor. _____	26
2.7.9.	Biodigestores a pequeña escala una tecnología sostenible para zonas rurales	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS _____	29
3.1.	Ubicación del área de estudio _____	29
3.2.	Materiales y Equipos _____	30
3.3.	Metodología _____	31
3.4.	Diseño Experimental _____	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	38
4.1	Análisis de suelos. _____	38
4.2	Análisis del biol. _____	38
4.3	Análisis de la variancia para dosis de biol _____	40
4.3.1	Resultados del ANVA y prueba de DUNCAN de la producción _____	44
4.4	Análisis de la materia seca. _____	46
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	47
5.1.	Conclusiones _____	47
5.2.	Recomendaciones _____	47
VI.	BIBLIOGRAFÍA _____	48
VII.	ANEXOS _____	51

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Ventajas y desventajas del biodigestor tubular. Fuente:(Spagnoletta, 2008).	22
Tabla 2. Producción diaria de estiércol	25
Tabla 3. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en estiércol fresco y biodigerido de bovino	26
Tabla 4. Calculo de dosis de biol para el tratamiento (T2, T3 y T4)	32
Tabla 5. Calendarios de fertilización y cortes del cultivo	34
Tabla 6. Variables y dosificación de los Tratamientos.	36
Tabla 7. Dimensiones del experimento	37
Tabla 8. Resultados del análisis de suelos realizado en el campo del estudio	38
Tabla 9. Resultados de los análisis físicos, químicos y biológicos completos del biol (análisis realizado en el laboratorio NKAP de la ciudad de Cajamarca)	39
Tabla 10. Resultados obtenidos en el ensayo de biol en pasto (ray grass y trébol rojo).	40
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de la materia seca.	44
Tabla 12. Prueba de significación de Duncan al 5 %, para el rendimiento	44
Tabla 13. Resultados de los análisis de rye grass + trébol	46
Tabla 14. Resumen de las Características del biol.	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Biodigestor tubular de flujo continuo (taiwanés) .....	22
Figura 2. Ubicación de las unidades experimentales. ....	29
Figura 3. Recojo y extendido del Estiercol de Ganado Vacuno para su ingreso al Biodigestor Tubular Unifamiliar. ....	30
Figura 4. Corte inicial del forraje para la habilitación de las unidades experimentales. ....	32
Figura 5. Dosificación del biol según los tratamientos. ....	33
Figura 6. Aplicación del biol a las unidades experimentales. ....	33
Figura 7. Calendario de fertilización y cortes. ....	34
Figura 8. Cortes del forraje de las unidades experimentales. ....	35
Figura 9. Pesado de la muestra .....	35
Figura 10. Habilitación de las unidades experimentales .....	37
Figura 11. Rendimiento en materia fresca .....	40
Figura 12. Rendimiento en materia seca .....	41
Figura 13. Porcentaje del rendimiento en materia seca. ....	42
Figura 14. Resultado de la proteína de la asociación Trebol-rye grass.....	43
Figura 15. Prueba de Duncan al 5 % para el rendimiento.....	45
Figura 16. Filtro biológico de arena, con el fin de reducir las poblaciones de E. Coli y Coliformes totales. Los resultados de los análisis iniciales mostraban una alta concentración de estos patógenos. ....	52
Figura 17. Procedimiento de la Investigación. ....	52

## RESÚMEN

La presente investigación tuvo como objetivo; evaluar el efecto de las tres dosis de biol en el peso seco de la asociación trébol (*Trifolium pratense* L.), rye grass (*Lolium multiflorum* L.). Los tratamiento en estudio fueron las T1 (control), T2 (5 litros de biol), T3 (10 litros de biol) y T4 (15 litros de biol). Para evaluar el trabajo de investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar, asignándole cuatro tratamientos con cinco repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales. Los resultados obtenidos sobre el peso fresco fueron:

T1 (control) igual a 0.274 kg/m<sup>2</sup>, T2 (5 litros de biol) de 0.312 kg/m<sup>2</sup>, T3 (10 litros de biol) igual a 0.315 kg/m<sup>2</sup> y T4 (15 litros de biol) igual a 0.315 kg/m<sup>2</sup>. Llegando a la siguiente conclusión; que los más altos rendimientos con respecto a la materia seca son los tratamientos (T3 Y T4), biol = 10 y 15 litros respectivamente.

**Palabras clave:** dosis de biol, peso seco, asociación trébol-rye grass.

## ABSTRACT

The present investigation had as objective; evaluate the effect of the three doses of biol on the dry weight of the association trefoil (*Trifolium pratense* L.), rye grass (*Lolium multiflorum* L.). The treatment under study were T1 (control), T2 (5 liters of biol), T3 (10 liters of biol) and T4 (15 liters of biol). To evaluate the research work, the completely randomized block design was used, assigning four treatments with five repetitions, with a total of 20 experimental units. The results obtained on fresh weight were:

T1 (control) equal to 0.274 kg / m<sup>2</sup>, T2 (5 liters of biol) of 0.312 kg / m<sup>2</sup>, T3 (10 liters of biol) equal to 0.315 kg / m<sup>2</sup> and T4 (15 liters of biol) equal to 0.315 kg / m<sup>2</sup>. Arriving at the following conclusion; that the highest yields with respect to the dry matter are the treatments (T3 and T4), biol = 10 and 15 liters respectively.

**Key words:** dose of biol, dry weight, clover-rye grass association.

## I. INTRODUCCIÓN

Las dos terceras partes de la actividad económica del país, está aún en la agricultura y la ganadería, donde la necesidad de mantener cada día más gente con menos tierra y el enorme capital de producción que representa el ganado y la tierra, hace necesario un cambio de actitudes frente a la atención del ganado y del pasto. En ese contexto la alimentación animal y la disponibilidad de alimentos son factores que han sido descuidados hasta la fecha y son una de las causas de bajos índices de producción de leche y carne.

El Perú importa 368,254 t de productos lácteos y 1,936 t de carne. El consumo per cápita de leche y carne es de 56.1 y 5.4 kg / hab / año, respectivamente, valores que están por debajo del mínimo (120 kg / ha / año de leche) recomendado por la organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Para lo cual proponemos no solo el aumento de consumo sino el aumento de productividad de los pastos a través de la utilización de Biol obtenido de los biodigestores que es un sistema en el cual interactúan tres componentes: “planta de biogás”, “producción animal” y “el cultivo de pastos”, estos elementos forman un ciclo natural, donde cada componente lleva beneficios directos al campesino y a su economía. En este ciclo natural, los animales aportan estiércol a la planta de biogás, la planta de biogás produce abono para el forraje y este a su vez aporta alimentos para los animales.

En Bolivia la agricultura ecológica es relativamente nueva porque favorece la producción orgánica de los cultivos, en equilibrio con el medio ambiente de manera sostenible, en la actualidad los recursos orgánicos vienen adquiriendo gran importancia en el desarrollo de la agricultura alternativa denominada agricultura orgánica o biológica. Una de las posibilidades de desarrollo agrícola, es el uso de biol, que por su gran bondad bioestimulante, ayuda a mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, producido en forma natural y barata. Para su preparación se utilizan insumos que se encuentran disponibles al alcance del agricultor como: el estiércol fresco, ceniza y agua, enriqueciendo mediante la adición de leche, orina entre otros (Mamani 2014).

El pasto ryegrass perenne se adapta a zonas entre los 1800 y 3600 msnm, arriba de los 3000 msnm su crecimiento se reduce y los períodos de recuperación se deben prolongar

entre 2 y 4 semanas. Los suelos donde crece deben ser de media a alta fertilidad, con un drenaje adecuado y pH superior a 5,5; es exigente a la nutrición de nitrógeno, fósforo y potasio (OregonStateUniversity 1999). Esta gramínea es poco afectada por plagas y enfermedades; de éstas últimas la más común es la pudrición de la corona causada por *Puccinia coronata*, sin embargo dichos ataques pueden ser controlados con pesticidas (Vélez et al. 2002).

En términos de producción de materia seca, el fósforo es un nutrimento que se vuelve limitante para un adecuado rebrote debido a que su deficiencia deprime la extracción de nitratos (NO<sub>3</sub>), así como su translocación de las raíces a la parte superior para la producción de aminoácidos (Kim et al. 2003)

Según Donaghy y Fulkerson (2001) la producción de biomasa en pasturas con ryegrass perenne y trébol blanco, que se utilizan en muchos países de clima templado, pueden llegar a 18-20 t.ha-1.año-1 de MS bajo condiciones de manejo y ambiente ideales.

En este sentido el objetivo principal de la investigación es evaluar el efecto de las tres dosis de aplicación del biol en el peso seco de la asociación trébol (*Trifolium pratense* L.), ryegrass (*Lolium multiflorum* L.). Con la finalidad de desarrollar y generar tecnologías que permitan el mejoramiento de pasturas para incrementar el rendimiento y la calidad de los pastos y suelos.

### **1.1.Planteamiento del problema.**

En Cajamarca el principal problema de la baja producción de la asociación de trébol y rye grass es la calidad de los suelos, mal manejo de los productos químicos en este cultivo por lo cual se obtienen bajos rendimientos y bajos niveles de nutrientes en su composición como consecuencia la alimentación en el ganado vacuno es muy pobre repercutiendo en la producción de leche alcanzando niveles de hasta 5 litros por vaca por día, es por ello que se busca cambiar su uso por abonos orgánicos que se obtienen de la transformación de estiércol animal, de restos de cosecha, o en general de desechos orgánicos. Siendo una alternativa el uso de biodigestores para el manejo de los desechos orgánicos (estiércol), proveniente de las granjas de los pequeños productores, de estos obtenemos un producto denominado biol, resultado de la fermentación del estiércol.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de las tres dosis de biol en el peso seco de la asociación trébol (*Trifolium pratense* L.), rye grass (*Lolium multiflorum* L.)?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. general**

Evaluar el efecto de las tres dosis de biol en el peso seco de la asociación trébol (*Trifolium pratense* L.), rye grass (*Lolium multiflorum* L.).

### **1.3.2. Específicos**

- Determinar y evaluar la eficiencia del biol sobre el rendimiento del peso seco de la asociación trébol (*Trifolium pratense* L.), Rye grass (*Lolium multiflorum* L.) en kg/m<sup>2</sup>.

## **1.4. Hipótesis de investigación**

La aplicación de las tres dosis del biol en la asociación trébol (*Trifolium pratense* L.), rye grass (*Lolium multiflorum* L.) mejora en un 5% en el incremento de la materia seca.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades de los cultivos en estudio

#### 2.1.1. Rye Grass (*Lolium multiflorum* L.)

**Origen:** Conocido como Ballico italiano, raigrás anual, raigrás italiano, margallo, vallico de Italia, vallico italiano, zácate italiano, lolio (*Lolium multiflorum*); es nativo de Europa, ha sido introducida en todas las regiones templadas del mundo como una especie agrícola. Su cultivo en Italia data desde el siglo XIII y XIV, además se encuentra en todos los ecosistemas (León, 2003; citado por Velásquez, 2009).

**Tipo de planta:** Es una planta botánica de la familia de las gramíneas, de tipo pratense, adaptada para el forrajeo de otoño – primavera. Tiene formas del tipo anual, bianual y trianual, como por ejemplo el *Lolium multiflorum* variedad italicum.

**Altitud:** El rye grass italiano (*Lolium multiflorum*) es una gramínea perenne de rápido crecimiento, que se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4200 msnm, lo cual condiciona una elevada demanda como alimento forrajero para el ganado (Ordoñez y Bojórquez, 2004; CARE, 2011; INEI, 2012 y Bojórquez et al., 2015).

**Suelos y condiciones climáticas:** Crece en una amplia gama de suelos, salvo en suelos que son excesivamente drenados o en suelos que tienen un mal drenaje. Es intolerante a los climas calientes y secos. Puede sobrevivir en periodos cortos de inundaciones. Actualmente, esta especie se encuentra naturalizada en nuestro país. Se trata de una planta forrajera, capaz de proporcionar una producción muy elevada. Cultivada en buenas tierras y mantenida mediante un excelente manejo, proporciona intensas cosechas (León, 2003; citado por Velásquez, 2009).

**Germinación:** Estudios sobre el porcentaje de germinación del rye grass (*Lolium multiflorum*), realizados en la Universidad Nacional Agraria la Molina, obtienen un 90 % de germinación, comenzando la germinación a los dos días de realizada la pruebas (Terrazas, 2009).

La tasa de aparición de hojas esta positivamente relacionado con la temperatura a la cual la planta está expuesta. El óptimo está entre 18 -25°C para gramíneas de regiones templadas frías, como el rye grass. Un aumento de la temperatura produce un incremento en lo largo y área, pero una reducción del ancho de cada hoja individual (Velásquez, 2009).

**Morfología:** El rye grass Italiano presenta tallos delgados de dos a cinco nudos, con hojas verdes brillantes en su cara inferior. La inflorescencia es una espiga con numerosas espiguillas dispuestos a lo largo del raquis. El rye grass se caracteriza por ser plantas agresivas que toman posición del medio rápidamente tienen una mayor rendimiento en el periodo primaveral, para luego entrar en latencia en la época de verano, donde las altas temperaturas anulan su crecimiento; posteriormente en otoño recuperan parte del vigor. El rye grass, como en toda gramínea se pueden practicar cortes sucesivos, el valor nutritivo está muy asociado a la composición morfológica de la planta, es decir, al momento de corte. Así, un primer corte de rye grass, cuando la planta es mayoritariamente hoja, tiene un elevado contenido en agua (83-85%), un excelente valor energético y proteico y un elevado contenido en cenizas, con una relación calcio/fosforo del orden de 1,2-1,3 a 1. El valor energético y proteico irá disminuyendo, a medida que la planta tenga más edad, como consecuencia de un incremento en el contenido en fibra, a costa de una disminución de los carbohidratos no estructurales, llegando a convertirse en un forraje cuyo valor energético y proteico es mucho menor (Melgar, 2006).

**Rendimiento:** es de 18 a 20 toneladas por hectárea, está íntimamente relacionado con la asimilación total y la absorción de nutrientes alcanzados durante el desarrollo vegetativo, así como la forma en que dicho material es distribuido entre las estructuras cosechables y el resto de la planta. Desde el punto de vista de suelos, el rye grass italiano presenta un amplio rango de adaptación. Sin embargo, para una buena producción se requieren suelos de mediana a alta fertilidad, o aplicar una fertilización bien balanceada de acuerdo con el diagnostico de su fertilidad. Otro factor importante es la salinidad de los suelos, problema mundial, que se agudiza en las zonas

áridas y semiáridas, donde los suelos presentan drenaje deficiente y alta evaporación. En suelos salinos el rye grass italiano tiene a florecer desde muy pequeñas y mueren en forma temprana, si no se les proporciona un adecuado manejo (Ruiz, 2007).

**pH:** Desde el punto de vista químico, se adapta bien a suelos ácidos, siempre y cuando que el pH no sea demasiado bajo. Se desarrolla bien en distintos tipos de suelos, de preferencia los de textura franca sin excesiva humedad y un buen drenaje. Se adapta a condiciones de salinidad y tolera un amplio rango de pH (5.0-8.0), aunque presenta un óptimo crecimiento entre 5.8-6.8. Un factor que habitualmente restringe el crecimiento de la especie forrajera es el abastecimiento de nutrientes minerales, dentro de los cuales por la magnitud de su demanda y su variabilidad espacial y temporal se destacan, el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K). Todos los rye grass presentan altos requerimientos de N, elemento que normalmente representa el factor limitante para su desarrollo (Amigone y col, 2008).

**Abonos:** El uso de los abonos para incrementar el rendimiento de los cultivos es uno de los medios más eficaces de los que se dispone para aumentar la productividad de los mismos. Los requerimientos generales de Nitrógeno, Fósforo y Potasio para el establecimiento de rye grass (*Lolium multiflorum*) son: 80 a 100 kg/ha, 60 kg/ha, 80 kg/ha respectivamente (Urbano, 2002).

El efecto del N sobre el contenido de otros elementos en los pastos es muy variable y depende, entre otros factores, de la fertilidad del suelo, de la especie, de la época del año y de la aplicación de fertilizantes (Anónimo, 2006).

Las razones más importantes para implementar un programa de fertilización:

1. Corrige las deficiencias naturales de elementos minerales en el suelo.
2. Mantiene el nivel de fertilidad del suelo, consecuentemente le da sostenibilidad al sistema.

3. Incrementa la producción de la materia seca y de nutrientes en las praderas.
4. Modifica la calidad del forraje producido.
5. Modifica el patrón estacional natural de producción de los pastos a conveniencia de los planes de la finca.

En el caso de los suelos tropicales es muy frecuente encontrarse con deficiencias acentuadas de varios elementos importantes y requeridos por las plantas en grandes cantidades, como lo son nitrógeno, fosforo y potasio, principalmente, los que limitan severamente la productividad de los pastos. Por otra parte, en los trópicos es común enfrentarse con problemas de acidez, situación que limita el establecimiento y desarrollo de muchos de los pastos (IDEA, 2007).

**Valor nutricional:** El valor nutricional de los pastos producidos en suelos con limitaciones de fertilidad es más bajo, por tanto, se estará restringiéndose la productividad por unidad de superficie. Este efecto llega aún más lejos, pues también se estará afectando la condición y calidad de las pasturas, a través de cambios en las características físicas del suelo y de las plantas y, en la composición botánica de las praderas, reduciéndose su persistencia.

Cuando la aplicación de nitrógeno corrige una deficiencia severa en el suelo, esta promoverá plantas más verdes, con un crecimiento vegetativo más prolongado, especialmente si se presenta en el periodo cierta penuria hídrica, en cuyo caso, el efecto sobre la digestibilidad es importante debido a que se mantiene mayor proporción de follaje y este estará en mejores condiciones, permitiendo que el tejido mantenga por más tiempo el contenido de proteína cruda en la planta y mayor digestibilidad, así mismo retrasará el inicio del crecimiento reproductivo, lo que tienen un efecto muy marcado en la calidad del pasto (Amigone y col., 2008).

**Fertilización nitrogenada:** El efecto de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de algunos nutrientes es favorecer su valor nutritivo, tal el caso de la reducción en el contenido de fibra cruda, fibra ácido detergente

(FAD), lignina, celulosa y paredes celulares, con incrementos en la proporción de contenido celular y proteína cruda. Todos e estos resultados son muy afectados por la edad del pasto, pues a medida que aumenta la edad, los otros efectos como respuesta a la fertilización disminuye (Gutiérrez, 1996; citado por Ardon, 2009).

La dosis de nitrógeno aplicado también puede afectar la forma en que el nitrógeno se encuentre en la planta, especialmente el nitrógeno no proteico (NNP); es común que dosis muy altas incrementen la concentración de nitratos, particularmente durante los primeros 7-9 días después de realizada la práctica de la fertilización. La situación se hace extrema cuando la forma de nitrógeno contenida en el fertilizante, es alguna que contenga nitratos (Amadeo, 2008).

**Limitaciones del cultivo:** Para una producción de rye grass, se ve limitada cuando las condiciones del medio especialmente las hídricas, no se manifiestan en forma adecuada. A pesar de ello, presenta una mayor plasticidad respecto a otras especies, como trébol (Squella, 2011).

Esta especie es exigente en humedad pero no soporta el encharcamiento ni exceso de humedad en el suelo. En suelos muy húmedos se restringe el desarrollo de las raíces y las plantas mueren tempranamente, con un buen manejo cada planta individual puede llegar alcanzar hasta 60-90cm de altura (Ruiz, 2007).

### **2.1.2. Trébol (*Trifolium pratense* L.)**

**Nombres vulgares:** trébol violeta, trébol rojo, hirustagorria.

**Identificación:** planta perenne de 10-60 cm de pilosidad variable. Tallos erectos o ascendentes. Hojas trifoliadas con folíolos ovales, con estípulas estrechadas en arista. Flores con corolas rosadas o purpúreas, membranosas en el fructificación. Cáliz peloso, con 10 nervios, dientes lineares y una callosidad en la garganta. Flores agrupadas en cabezuelas globosas, sésiles, cubiertas en su base por las estípulas de las hojas superiores (Benito et al. 2000).

**Forma biológica:** hemicriptófito; floración: I-XII (Benito et al. 2000).

**Requerimientos ambientales:** climas templados. Resiste el frío pero tolera relativamente mal la sequía. Acepta bien el sombreo. Vegeta en todo tipo de suelos, aunque prefiere los profundos y con buen nivel de bases. Es exigente en humedad edáfica pero no soporta los encharcamientos prolongados (Canals, 2002).

**Distribución y zonas de cultivo:** originaria del sudeste de Europa. Aparece de forma espontánea en casi toda la Península Ibérica. Su cultivo como forrajera se inició en el norte de Europa y actualmente se ha extendido a todo el planeta. En la Península es la leguminosa de siega más utilizada en las áreas de clima templado (Canals, 2002).

**Tipo de cultivo:** praderas de siega de corta o media duración. Se implanta asociado a una gramínea pratense, habitualmente raigrás italiano no alternativo. También forma parte de praderas polífitas de larga duración, aportando forraje durante los primeros años (Benito et al. 2000).

**Implantación y persistencia:** se implanta con facilidad y su vida productiva es de 2-4 años. Dosis de siembra en cultivo puro: 20 kg/ha. En mezcla: <10kg/ha. (Canals, 2002).

**Interés forrajero:** es un trébol muy productivo, incluso en verano si recibe suficientes aportes hídricos. La producción anual puede alcanzar las 12-15 t ms/ha. Buen valor nutritivo. Aunque tiene un menor contenido proteico que la alfalfa, presenta una elevada proporción de glúcidos y una mayor digestibilidad. Si se pasta sola puede producir meteorismo, por ello se recomienda asociarla a una gramínea (Canals, 2002).

**Formas de aprovechamiento:** su aprovechamiento principal es mediante siega. Una vez segado, puede darse en verde o conservarse mediante ensilado o henificado. También puede pastarse aunque el pisoteo del ganado daña la corona del trébol y afecta su persistencia. Se recomienda el pastoreo rotacional por ganado mayor (Canals, 2002).

**Variedades:** existe un amplio abanico de variedades según su porte (alto, más adaptado a la siega, y bajo, más adaptado al pastoreo), grado de ploidía (2n y 4n), y precocidad de entrada en producción. Algunas variedades son: 'Alpilles', 'Pales', 'Deben', 'Temara', 'Violetta', 'Astra', 'Barfiola', 'Viola', 'Pawera', 'Golum', 'Krano' y 'Palna'. (Benito et al. 2000)

## **2.2. Cultivos asociados.**

Ordoñez (1997) opina que, una ganadería exitosa se inicia con un buen establecimiento de pasturas. Esto significa tener un número adecuado de plantas que cubran el suelo en el menor tiempo, después de la siembra. Las mejores pasturas son mezclas de gramíneas y leguminosas forrajeras; entre las gramíneas se tienen Rye grass inglés, Rye grass italiano, Dactylis y en leguminosas el Trébol blanco, Trébol rojo, entre la más recomendables. Estas pasturas se conocen como pastos cultivados, se usan al pastoreo y corte respectivamente.

Mantari (1997) menciona que, los pastos cultivados conformados por asociaciones de gramíneas y leguminosas resistentes al frío como el Rye grass inglés (*Lolium perenne*), Rye grass italiano (*Lolium multiflorum*), Pie de gallo (*Dactylis glomerata*), Trébol blanco (*Trifolium repens*) y Trébol Rojo (*Trifolium pratense*) constituyen el sustento más abundante y rentable para toda explotación ganadera sea vacunos, ovinos y otros animales menores.

## **2.3. Abonos**

### **2.3.1. Manejo del Estiércol**

El manejo del estiércol animal se define como un proceso de toma de decisiones que apunta a combinar la producción agrícola rentable con pérdidas mínimas de nutrientes del estiércol, tanto en el presente como en el futuro. El buen manejo del estiércol minimizará los efectos negativos y estimulará los efectos positivos sobre el medio ambiente. La emisión de gases y el lavado de nutrientes, la materia orgánica y los olores tienen efectos indeseables sobre el medio ambiente. La contribución del estiércol a la nutrición de las plantas y a la acumulación de materia orgánica en el suelo es considerada como efecto positivo. Un efecto positivo indirecto es

que el uso del estiércol puede ahorrar recursos no renovables usados en la producción de fertilizantes inorgánicos (Morales, 2012).

Los aspectos negativos y positivos del estiércol están estrechamente relacionados entre sí porque las emisiones en un estado temprano inevitablemente tienen repercusiones en los efectos positivos sobre el suelo y sobre las cosechas en etapas posteriores. Las cantidades de nutrientes tales como N, P y K tomadas por el cultivo determinan el valor agrícola del estiércol y dependen de las cantidades de nutrientes emitidas durante el traspaso desde el animal hasta el cultivo. Cuanto más grande sea la pérdida de nutrientes, menor será el valor agrícola del estiércol (Simpson, 1991).

### 2.3.2. Técnicas

Los sistemas de manejo del estiércol son altamente diversos:

**Pasturas:** distribución natural de las heces en las pasturas. Pérdidas sustanciales a través del lavado debido a la distribución irregular de las heces y la orina. Volatilización de parte del N. Corrales (kraals): A menudo se usan como mecanismo de fertilización in situ de la tierra arable al mover el corral regularmente. Los nutrientes del suelo de una gran área usada para el apacentamiento son reciclados y se concentran en el área de cultivo, permitiendo la producción en situaciones de pobreza de recursos (Acuña, 2002).

**Almacenamiento en lotes secos:** La orina no se recolecta y la paja para lechos es usada de manera muy escasa. Las pérdidas de N y K son altas ya que la mayor parte de la orina se pierde. Parte de los nutrientes de las heces se pierden por lavado y escorrentía superficial en el caso de altas precipitaciones y de montones de estiércol descubiertos. El uso de lechos puede capturar parte de la orina por absorción y reducir las pérdidas.

**Almacenamiento de heces líquidas:** las heces y la orina se almacenan juntas. Este método se usa comúnmente en sistemas ganaderos intensivos en los países OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo

Económicos). Las pérdidas por volatilización dependen de la profundidad y el tiempo de almacenamiento (Acuña, 2002).

**Lagunas:** El estiércol líquido, bien sea antes o después de separar parte de los sólidos, es tratado en lagunas anaeróbicas. El material orgánico es descompuesto, mineralizando por lo tanto parte de los nutrientes. La fase líquida se descarga a las aguas superficiales o se usa para riego (Acuña, 2002).

**Combustible:** en varios países en desarrollo, el estiércol se recolecta y seca para ser quemado como combustible doméstico. La mayor parte del N, C y el S se pierden durante la combustión. Otros nutrientes pueden ser reciclados a la tierra cultivable a través del uso de las cenizas (Acuña, 2002).

**Alimento:** el estiércol puede ser reciclado como forraje (ganado y peces), pero este uso es limitado. Únicamente el estiércol de las aves de corral es de una calidad razonable. El estiércol animal es reciclado en la producción piscícola integrada en Asia (Acuña, 2002).

### **2.3.3. Sistema Ganadero Enfocado**

Concierne a todos los sistemas de producción, pero los sistemas industriales son los más implicados en razón de la gran cantidad de estiércol producida. Los sistemas mixtos generalmente incluyen procesamiento y utilización del estiércol en los procedimientos agrícolas (FAO, 1999).

## **2.4. Impacto**

### **2.4.1. Impacto Medioambiental Positivo**

**Fertilización del suelo por aplicación de estiércol:** la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua y minerales de los nutrientes vegetales tales como N, P, S y metales. La mineralización es la transformación de elementos con enlaces orgánicos en nutrientes disponibles para las plantas. La aplicación de estiércol a los campos de cultivo o a las pasturas reducirá los requerimientos de fertilizante artificial (Sosa, 2012).

**Mejoramiento de la fertilidad del suelo:** se asume que la materia orgánica que permanece en el suelo después de un año de la aplicación forma parte del mismo y se descompondrá gradualmente con el paso del tiempo, liberando nutrientes para las plantas (Sosa, 2012).

**Mejoramiento de la estabilidad estructural del suelo:** La materia orgánica también está involucrada en las propiedades físicas del suelo, tales como porosidad, aireación y capacidad de retención de agua. Por lo tanto mejora la estructura del suelo y reduce la vulnerabilidad de éste a la erosión (Sosa, 2012).

**Mejoramiento del potencial del fertilizante inorgánico:** la materia orgánica en el suelo incrementa la capacidad de absorción de minerales, reduciendo la pérdida de los elementos traídos con los fertilizantes. Los elementos absorbidos son liberados gradualmente para la nutrición de las plantas (Sosa, 2012).

#### **2.4.2. Impacto Medioambiental Negativo**

**Emisiones de Amoníaco:** antes y durante el almacenamiento y durante la aplicación a los campos (FAO, 1999).

**Emisión de NOx:** éste se forma como un producto secundario del proceso de desnitrificación (FAO, 1999).

**Emisión de metano:** formado durante la descomposición del estiércol bajo condiciones anaeróbicas (FAO, 1999).

**Escorrentía del estiércol y de sus componentes hacia el agua superficial:** contribuyendo a la polución acuática (FAO, 1999).

**Lavado de nitratos y fósforo al agua subterránea:** contribuyendo a la contaminación de aguas subterráneas (FAO, 1999).

## **2.5. Abonos orgánicos.**

Guerrero (1993), sostiene que los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes, además el suelo con la descomposición de estos abonos, mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

Por su parte Bellapart (1996), menciona que se conoce como abonos orgánicos a todos aquellos residuos orgánicos ya sea de origen, animal o vegetal, que se utilizan para aumentar la fertilidad del suelo.

El abono orgánico, es un fertilizante que proviene de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (desechos de la cocina, desechos de animales y el hombre, restos vegetales). El abono orgánico se puede obtener en forma casera, y es un abono “rico”, con el cual las plantas se alimentan (INTA 2007).

### **2.5.1. Abonos orgánicos líquidos.**

Los abonos orgánicos líquidos son los desechos líquidos que resultan de la descomposición o fermentación anaeróbica de los estiércoles y orines (en biodigestores). Funcionan como reguladores de crecimiento de las plantas. Se ha comprobado que aplicados foliarmente a los cultivos (tubérculos, hortalizas y frutales) en una concentración entre 20 y 50 % se estimula el crecimiento, se mejora la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas. Pueden ser aplicados al suelo en concentraciones mayores, en el cuello de las plantas para favorecer el desarrollo radicular (INFOAGRO, 2010).

Cruz (2004), indica que los abonos orgánicos líquidos son ricos en N amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

Morales (1998), menciona que la mayoría de los abonos líquidos viene de los excrementos de las distintas especies de animales. Se compone de deyecciones de los cuales una parte es sólida (estiércol) y la otra líquida

(orina) encontrándose en las relaciones de 3:1, se constituye de nitrógeno, ácido fosfórico y potasa en diferentes proporciones.

### **2.5.2. El biol.**

El biol es una fuente de fitoreguladores, que se obtienen como producto de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos (Suquilanda, 1996). El mismo autor indica que el abono producido anaeróticamente está libre de patógenos (bacterias y hongos) que puede representar un riesgo para la salud, debido a que en el proceso de fermentación anaeróbica de los insumos se alcanzan temperaturas elevadas hasta de 70°C, con este calor se logra prácticamente una pasteurización natural, que mata a los patógenos.

Medina (1990), indica que el biol es considerado un bioestimulante complejo, que al ser aplicado a las semillas y al follaje de los cultivos, permite aumentar la cantidad de raíces se incrementa la cantidad de fotosíntesis en las plantas, mejorando substancialmente la producción y calidad de las cosechas.

Colque (2005), menciona que el biol es una fuente de fitoreguladores que se obtiene como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en mangas de plástico (biodigestores), actúa como bioestimulante orgánico en pequeños cantidades y es capaz de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Según Álvarez (2010), es un abono foliar orgánico, también llamado biofertilizante líquido, resultado de un proceso de fermentación en ausencia de aire (anaeróbica) de restos orgánicos de animales y vegetales. El biol contiene nutrientes de alto valor nutritivo que estimulan el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas.

### **2.5.3. Composición de biol.**

Martí (2007), menciona que la composición química del biol está influenciada por el lugar y el tipo de alimentación del animal. El mismo autor menciona que el biol que elaboró alcanzó una composición química

de un 2,6 % de Nitrógeno, 1,5 % de Potasio, 1,05 de Fósforo y 85 % de materia orgánica.

Al respecto Medina (1992), muestra la siguiente composición bioactiva del biol proveniente del estiércol con alfalfa: Nitrógeno 1,6%, Fósforo 0,2% y Potasio 1,5%.

#### **2.5.4. Uso del biol como fertilizante**

Gomero (1999), menciona que el biol puede ser utilizado en una gran variedad de plantas, sean de ciclo corto, anuales, bianuales o perennes, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla o a la raíz.

Brechelt (2004), menciona que el biol, no debe ser aplicado puro al follaje de las plantas, sino en diluciones.

El biol se puede emplear en forma pura y en disoluciones crecientes a razón de 600 l/ha, ya sea por aspersión al follaje o por goteo al suelo con resultados positivos en la mayoría de cultivos (Claure, 1992).

Alexandra (2007), el biol es un compuesto anaeróbico completo que puede ser utilizado como fertilizante, insecticida, fungicida, fitoregulador e inoculante.

#### **2.5.5. Aplicaciones foliares del biol**

Arévalo (1995), señala que la fertilización foliar es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización del suelo, esta práctica es reportada en la literatura en 1944, aunque su uso se inicia desde la época Babilónica. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrientes.

Según Chilón (1997), entre las partes aéreas de las plantas, las hojas son más activas en la absorción de las sustancias aplicadas, pues estos tienen mayor superficie expuesta. La efectividad de la fertilidad foliar depende de un gran

número de medidas tales como la cantidad absorbida de sustancias y el traslado por los conductos flemáticos. Entre los factores que afectan la fertilización foliar están: humedad relativa, edad de la hoja, características nutritivas de la solución aplicada y la luz.

El mismo autor menciona que en la nutrición foliar se pulveriza la solución nutritiva en la parte aérea de la planta, tratando de hacerlo en la mayor medida en la cara inferior de la hoja, pues allí es mayor el grado de absorción; en la fertilización foliar hay una rápida absorción de nutrientes por parte de la planta.

Según Medina (1992) y Suquilanda (1996); las aplicaciones de biol al follaje deben aplicarse durante los tramos críticos de los cultivos, mojando bien las hojas y dependiendo la edad del cultivo; para esto se debe emplear boquillas de alta precisión en abanico.

#### **2.5.6. Concentraciones de biol**

Brechelt (2004), señala que las concentraciones recomendadas pueden ser entre el 25 al 75 %. Las soluciones al follaje deben aplicarse unas 3 a 5 veces, asperjando las hojas con unos 400 a 800 litros por hectárea dependiendo de la edad del cultivo.

Según Martí (2007), menciona que el biol no presenta olores y reduce la existencia de moscas; también indica que puede ser usado como fertilizante foliar en una concentración de 25 % de biol con un 75 % de agua (relación 1:3).

Medina (1992), indica que para pulverizaciones foliares, el biol no debe aplicarse puro sino en diluciones, con concentraciones de 50 al 75 %, aplicándose unas 3 a 5 veces durante los tramos críticos de los cultivos, con unos 400 a 800 litros por hectárea dependiendo de la edad del cultivo.

Restrepo (2001), menciona que en las aplicaciones foliares, mezclar una parte del preparado por dos partes de agua, con intervalos entre aplicación de más o menos 10 días.

Suquilanda (1996), propone que las disoluciones recomendadas pueden ser desde el 25% al 75%, mediante la presencia de hormonas vegetales que regulan y coordinan funciones vitales que se reproducen en las células meristemáticas que provocan la elongación y división de las células, de este modo contribuyen al crecimiento.

### **2.5.7. Frecuencias de aplicación del biol**

Restrepo (2001), indica que en las aplicaciones foliares, se debe mezclar una parte del preparado por dos partes de agua, con intervalos de aplicación de más o menos 10 días.

Por su lado Cruz (2004), realizó la aplicación foliar con biol al cultivo de lechuga en ambiente protegido con frecuencia de aplicación de cada 5 días desde el trasplante hasta la cosecha.

Paye (2011), indica que la fertilización foliar así como la aplicación del riego deben realizarse por las tardes, debido a que la intensidad de los rayos solares durante el día en el interior de las carpas solares provocan la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas que impiden una asimilación efectiva de nutrientes.

Agronovida (2010), menciona que el momento de la aplicación del biol debería ser luego de 10 a 25 días después de la siembra y hasta 10 días antes de la cosecha.

### **2.5.8. Ventajas del biol.**

Colque (2005), menciona las siguientes ventajas que presenta el biol aplicados a diferentes cultivos:

- Acelera el crecimiento y desarrollo de la plantas.
- Aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas, otros).
- Es ecológico, compatible con el medio ambiente y no contamina el suelo.
- Es económico.

- Acelera la floración.
- En trasplante, se adapta mejor la planta en el campo.
- Conserva mejor el N, P, K, Ca, debido al proceso de descomposición anaeróbica lo cual nos permite aprovechar totalmente los nutrientes.
- El N que contiene se encuentra en forma amoniacal que es fácilmente asimilable.

Aparcana (2008), señala que el uso del biol permite un mejor intercambio catiónico en el suelo. Con ello se amplía la disponibilidad de nutrientes del suelo. También el biol ayuda a mantener la humedad del suelo.

Siendo el biol una fuente orgánica de fitoreguladores en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acciona sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración, activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas.

## **2.5. Agricultura ecológica.**

Díaz (1999), define a la agricultura ecológica como un sistema que utiliza insumos naturales y prácticas especiales: aplicación de compostas y de abonos verdes, control biológico, asociación y rotación de cultivos, uso de repelentes y fungicidas a partir de plantas y minerales, entre otras. A cambio prohíbe el uso de pesticidas y fertilizantes de síntesis química. Esta forma de producción incluye el mejoramiento de los recursos naturales y de las condiciones de vida de quienes llevan a cabo estas prácticas.

AOPEB (2002), sostiene que la agricultura ecológica es ambientalmente sana, económicamente viable, socialmente justa y culturalmente aceptable. Es un sistema de producción que rescata y emplea técnicas sobre todo el uso de abonos orgánicos, rotación de cultivos, así respetando la naturaleza del suelo, aire, agua, bosques hombre y su cultura; limitando su degradación de las mismas, garantizando la sostenibilidad de la producción, regulación del medio ambiente, seguridad alimentaria y sobre todo la salud.

### **2.5.1. Principios de la agricultura ecológica**

Díaz (1999), menciona que estos principios constituyen la base de la agricultura biológica, ecológica o alternativa. Son asimismo normas y referencias que se usan cada vez más como base para el comercio internacional. Y lo que es más, expresan el carácter esencial progresista de la práctica de la agricultura biológica. El compostaje, el uso de amplias rotaciones, la prohibición de estimulantes hormonales, el uso de los abonos orgánicos de plantas, animales y del hombre. Estos principios y prácticas son la base común de la agricultura biológica.

Proteger el medio ambiente y promover la salud. El proceso productivo y el procesamiento de productos orgánicos no deben ser contaminantes del ambiente, la agricultura orgánica elimina el uso de productos sintéticos que dañan los organismos benéficos del suelo, agotan los recursos no renovables, comprometen la calidad del agua y del aire y arriesgan la salud de los productores y consumidores. Mantener la fertilidad del suelo en el largo plazo mediante la optimización de condiciones para la actividad biológica (Díaz, 1999).

La salud del suelo es un componente integral para la seguridad del agroecosistema; en un sistema de producción orgánico se debe mantener un balance de recursos físicos, químicos y biológicos para optimizar la cantidad u diversidad de organismos del suelo y mejorar su fertilidad (Brechelt, 2004).

### **2.6 Biodigestores tubulares**

El diseño de un biodigestor depende directamente de varios parámetros tales como la temperatura ambiente media del lugar donde se vaya a instalar. La temperatura marcará la actividad de las bacterias que dirigen el estiércol, y cuanto menor temperatura menor actividad de estas y por tanto será necesario que el estiércol esté más tiempo en el interior del biodigestor. De esta forma la temperatura marca el tiempo de retención (Martí, 2008).

Bui (2007), Por otro lado, la carga diaria de estiércol determinará la cantidad de biogás producido por día. La carga de estiércol diaria, junto con el tiempo de retención (determinado por la temperatura) determinarán el volumen del biodigestor. Una cualidad de esta tecnología es que es adaptable a muchas situaciones, y su diseño puede considerar diferentes criterios:

- Criterios de necesidad de combustible
- Criterios de necesidades medioambientales (cuando se desea tratar todo el estiércol generado)
- Criterios de un fertilizante natural
- Criterios de límite de estiércol disponible

Según cuál sea el objetivo del biodigestor (de si proveer de combustible, generar un buen fertilizante o depurar residuos orgánicos unos parámetros u otros serán los que definan la metodología de cálculo del biodigestor (Martí, 2008).

Es importante añadir en este punto que un biodigestor también puede digerir las aguas negras producidas en una letrina, pero que para ello hay que considerar factores extra, como son el uso limitado del fertilizante y el tamaño del biodigestor (Martí, 2008).

### **2.6.1 Biodigestor Tubular Unifamiliar (Flujo continuo)**

La alta inversión económica que se requiere para construir un biodigestor de estructura fija es el mayor obstáculo para los campesinos más pobres. En 1986, CIPAV, una ONG de Colombia, recomendó biodigestores de plástico de bajo coste como tecnología apropiada para aprovechar mejor el estiércol del ganado. Este tipo de biodigestor consiste en una “bolsa” de plástico (por ejemplo polietileno) cuya parte superior permite almacenar el biogás. La entrada y la salida se conectan directamente al plástico. Se podría usar también una sombrilla para cubrir el digestor y prevenir daños causados por el sol o un invernadero para aumentar la temperatura del digestor (Bui, 2007).

Figura 1. Biodigestor tubular de flujo continuo (taiwanés)

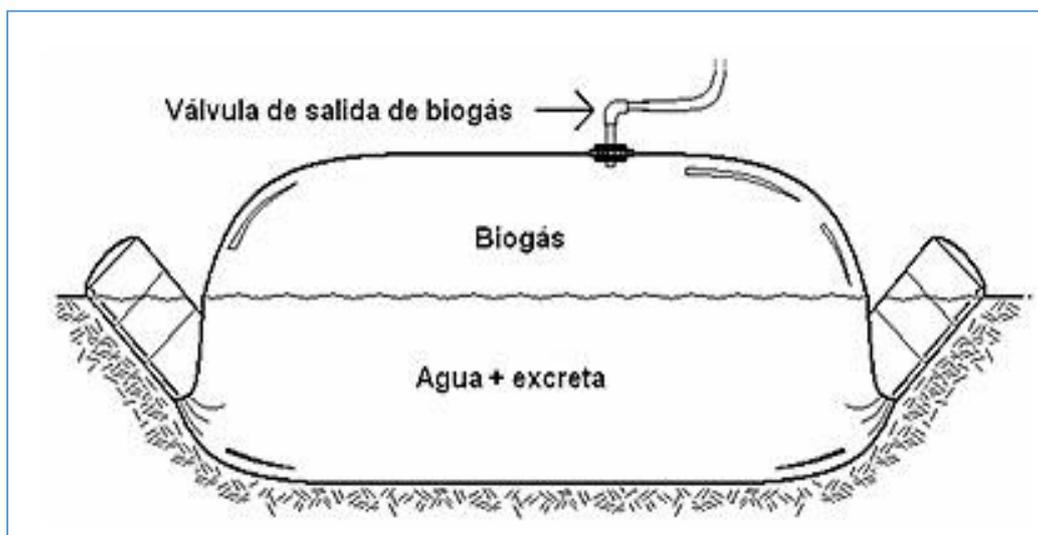


Tabla 1. Ventajas y desventajas del biodigestor tubular. Fuente: (Spagnoletta, 2008).

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- De bajo coste.</li> <li>- Fácil de desplazar y construir</li> <li>- El digestor puede llegar a altastemperaturas</li> <li>- Materiales disponibles en el mercado rural local</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Breve tiempo de vida (depende del mantenimiento).</li> <li>- Se puede dañar fácilmente</li> <li>- No genera empleo local</li> </ul>

## 2.7 Operación del Biodigestor

### 2.7.1. Relación Carbono: Nitrógeno (C:N) en las excretas

Los carbohidratos y la proteína son los nutrientes indispensables para el crecimiento, desarrollo y actividad de las bacterias anaeróbicas. El carbono contenido en el estiércol, es el elemento que las bacterias convierten en metano (CH<sub>4</sub>). El nitrógeno es utilizado para la multiplicación bacteriana y como catalizador en el proceso de producción de biogás. Si su nivel es alto el proceso se retarda por el exceso de amoníaco y la alcalinización de la fase líquida, y puede llegar a detenerse.

El contenido de carbono en el estiércol del bovino es excesivo, como lo es también el contenido de nitrógeno en el estiércol del cerdo. De allí, la posibilidad y ventaja de alimentar al biodigestor con las excretas mezcladas de varias especies animales, lo que permite balancear su contenido de nutrientes e incrementar así, la eficiencia del proceso de producción de biogás (Persson et al., 1979).

### **2.7.2. Rangos de temperatura para la operación del biodigestor**

La tasa de fermentación anaeróbica de los sólidos orgánicos y su conversión parcial en biogás, están directamente relacionadas con la temperatura interna de operación. Aunque el proceso se lleva a cabo en un amplio rango de temperaturas, desde 15 C hasta 60 C, la mayor eficiencia de conversión se obtiene en los rangos de temperatura mesofílico (30 a 40 °C) y termofílico (55 a 60 °C) (Botero y Preston, 1987).

La mayoría de las bacterias metanogénicas digieren la materia orgánica más eficientemente en el rango mesofílico, que puede ser alcanzado por la fase líquida, no solamente por efecto de la temperatura ambiental, sino también porque la temperatura interna se incrementa debido a la generación de calor ocurrida durante la fermentación de la materia orgánica (proceso exotérmico). Debido a esto, a medida que disminuye la temperatura ambiental, por efecto de la altura, es conveniente recolectar el agua del lavado de las instalaciones pecuarias y sanitarias del hogar, cuando se van a utilizar en la alimentación del biodigestor, bien durante las horas más cálidas del día o bien realizando el lavado con agua tibia, utilizando parte del biogás o calentadores solares para ello (Botero y Preston, 1987).

### **2.7.3. Suministro de excretas al biodigestor.**

Si se requiere la producción diaria de biogás, con esta misma frecuencia debe alimentarse al biodigestor.

Ya que comúnmente el lavado de las instalaciones para el alojamiento de animales se realiza diariamente, de allí la conveniencia de que el desagüe de los pisos permita la conexión directa con el biodigestor y que dicho desagüe posea un interruptor manual, para desviar y evitar la entrada en exceso del agua de lavado mezclada con las excretas al biodigestor (Botero y Preston, 1987).

#### **2.7.4. Proporción entre excretas y agua**

Las excretas sólidas (estiércol) contienen, en promedio, 15% de materia seca y éstas deben ingresar al biodigestor como una suspensión en agua con aproximadamente 3% de materia seca, esto implica una mezcla de cuatro partes del agua de lavado por una parte de estiércol fresco (Botero y Preston, 1987).

#### **2.7.5. Tiempo de retención y cantidad diaria de excretas**

El tiempo de retención, suficiente para la digestión anaeróbica más eficiente de la materia orgánica componente de las excretas, es de 50 días; por lo que la cantidad diaria de excretas para alimentar al biodigestor se calcula dividiendo el volumen de su fase líquida (75% de su capacidad total) entre los 50 días de retención. Para este caso, 3.650 litros/50 días = aproximadamente 75 litros/día, de los cuales, 15 kilos deberán ser de estiércol fresco y los 60 litros restantes serán del agua de lavado. Esto equivale a uno y medio baldes o cubos llenos con estiércol fresco mezclados con seis baldes con agua (Botero y Preston, 1987).

#### **2.7.6. Número de animales necesarios para la alimentación del biodigestor**

La tasa de fermentación anaeróbica de los sólidos orgánicos y su conversión parcial en varían con el peso del animal y con la calidad y cantidad de alimento consumido. La producción diaria aproximada de estiércol, en base húmeda y en algunas especies se aprecia en el Cuadro siguiente (Botero y Preston, 1987):

Tabla 2. Producción diaria de estiércol

<b>Producción diaria de estiércol húmedo en diversas especies animales</b>	
<b>Especie animal (Kg)</b>	<b>Estiércol producido por cada 100 Kg de peso vivo</b>
Bovino de raza de carne o de doble propósito	6
Bovino de raza lechera	8
Equino, mular o asnal	7
Oveja o cabra	4
Cerdo	4
Conejos o cuyes	3

Fuente: Botero y Preston (1987).

De la tabla se deduce que la granja debe tener una población animal mínima de un bovino adulto de cualquier tipo, o un caballo, un mular o dos asnos confinados durante 12 horas diarias o, 15 ovejas, cabras, cerdos en levante, o cinco cerdas de cría confinados permanentemente, un plantel de 100 conejas o de 500 cuyes, o cualquier combinación de especies animales o de humanos que le permita obtener 15 kilogramos diarios de estiércol fresco (en este caso específico), para alimentar diariamente al biodigestor.

#### **2.7.7. Valor del efluente (biol) del Biodigestor como abono.**

El biol o efluente del biodigestor puede ser utilizado como abono orgánico, puesto que la digestión anaeróbica, comparada con la descomposición de las excretas al aire libre, disminuye las pérdidas para el nitrógeno del 18% al 1% y del 33% al 7% para el carbono. Dentro del biodigestor no existen pérdidas apreciables para el fósforo, potasio y calcio contenidos en las excretas. El contenido de nitrógeno, fósforo y potasio comparado entre estiércol fresco y estiércol biodigerido de bovino, durante 30 días, se aprecia en el cuadro (Botero y Preston, 1987).

En un trabajo realizado en México (Gómez y Viniegra, 1979), el valor del estiércol fresco de bovino como fertilizante para lechuga, fue comparado con un fertilizante comercial y con el estiércol digerido de bovino, durante 30 días en un biodigestor, y mezclado antes de su aplicación con 50% de nitrógeno en forma de urea. Cada forma de fertilizante se aplicó hasta proveer el equivalente de 80, 120 y 200 Kg. de nitrógeno por hectárea. Se obtuvo un incremento lineal en la producción de lechuga, a medida que se aumentó la cantidad de nitrógeno aplicado y no hubo diferencia significativa en respuesta a las diversas formas del fertilizante utilizado (Gómez y Viniegra, 1979).

*Tabla 3. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en estiércol fresco y biodigerido de bovino*

	<b>Nitrógeno (% en M.S.)</b>	<b>Fósforo (% en M.S.)</b>	<b>Potasio (% en M.S.)</b>
<b>Estiércol fresco</b>	2.0 + 0.08	0.6 + 0.2	1.7
<b>Estiércol biodigerido</b>	2.6 + 0.10	1.4 + 0.2	1.0

*Fuente: Adaptado de Gómez y Viniegra (1979)*

### **2.7.8. Otros usos del Biol del Biodigestor.**

El efluente del biodigestor, que pierde todo el olor característico del estiércol que lo originó, puede ser utilizado en el mejoramiento de los suelos arcillosos y arenosos que son pobres en humus, y como medio nutritivo de los vegetales bajo cultivo hidropónico y cultivos orgánicos en invernadero o en el campo (Stout, 1983).

El efluente puede ser utilizado también como alimento para animales mezclándolo, para mejorar su gustocidad, con granos, tortas, mieles o forrajes ya que el efluente puro posee una concentración de aminoácidos esenciales similar al grano de soya (Stout, 1983).

Se ha utilizado el biol de biodigestores tipo chino como abono foliar en el cultivo de tomate variedad Río Grande, en estudios de investigación en Cajamarca, Perú, dando resultados de producción de 36, 990 t/ha seguido por el purín 36,823 t/ha y otros fertilizantes que dieron resultados menores de producción y productividad (Sánchez, J. 2004)

### **2.7.9. Biodigestores a pequeña escala una tecnología sostenible para zonas rurales**

Un sistema de biogás puede producir varios beneficios para el usuario, la sociedad y el medio ambiente en general. Entre los más importantes tenemos (Spagnoletta, 2008):

- ✓ Producción de energía (calor, luz y electricidad);
- ✓ Transformación de residuos orgánicos a fertilizante de buena calidad (biol);
- ✓ Mejora de las condiciones higiénicas a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos e insectos;
- ✓ Mejora de la salud de la población (principalmente de las mujeres e de los niños), al evitar el humo producido al quemar leña para cocinar;
- ✓ Reducción de la cantidad de trabajo, especialmente para las mujeres, en la colección de leña y en la cocina;
- ✓ Ventajas ambientales a través de la protección del suelo, agua, aire y de la vegetación (leña) y evitando la producción de metano por estiércol usualmente abandonado en la tierra;
- ✓ Beneficios micro-económicos a través de la sustitución de energía y fertilizante, fuentes de ingreso adicional y producción creciente de la actividad ganadera y agrícola;
- ✓ Beneficios macro-económicos a través de la generación descentralizada de energía y protección del medio ambiente.

No solo a la generación de la energía, sino a la conservación y desarrollo de la familia en su conjunto, convirtiéndose en un importante factor en el modelo sostenible de vida de una familia rural. Sin embargo para que esta tecnología sea viable, aún debe cumplirse ciertas condiciones que deben tomarse en cuenta, como por ejemplo el coste inicial que aún es elevado y que muchas de las familias de la sierra peruano no pueden asumir, entonces para que un sistema de producción agropecuaria sea sostenible, tiene que haber una interacción entre los distintos componentes de tal forma que la conversión de la energía solar y de los nutrientes en alimentos para animales y plantas, sea beneficioso para el consumidor y para el producto. Visto en este contexto, el biodigestor juega varios papeles (Spagnoletta, 2008).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del área de estudio

Ubicación geográfica del trabajo de investigación: Las parcelas demostrativas están ubicadas en la estación experimental INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) en Baños del Inca, Cajamarca a 2670 msnm y además el biol extraído del Biodigestor Tubular Unifamiliar que se encuentran instalados en la estación experimental.

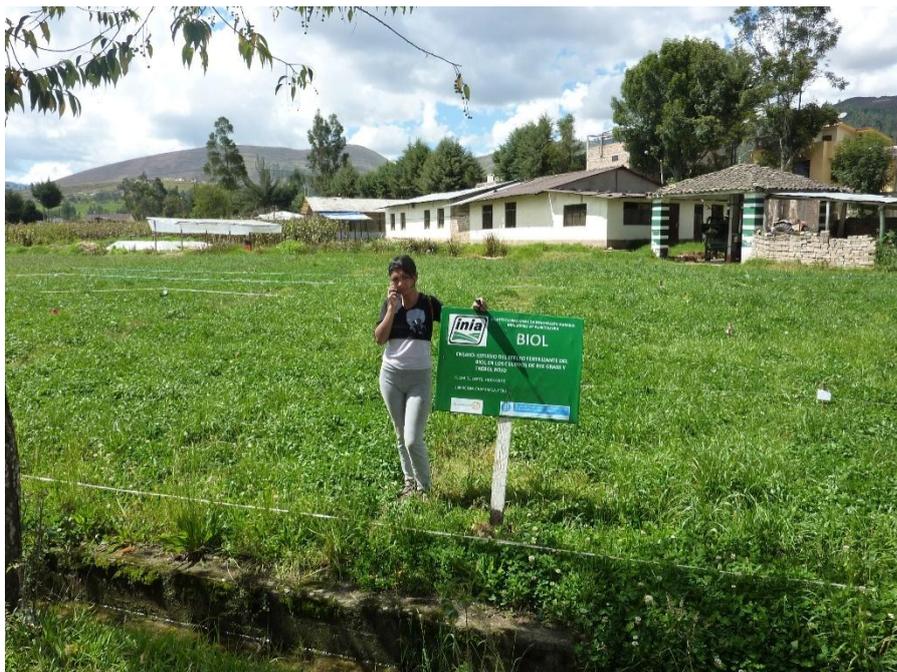
Coordenadas UTM:

Este: 780316.33 E

Sur: 9207760.22 S

Altitud: 2670 m.s.n.m.

*Figura 2. Ubicación de las unidades experimentales.*



*Figura 3. Recojo y extendido del Estiercol de Ganado Vacuno para su ingreso al Biodigestor Tubular Unifamiliar.*



### **3.2. Materiales y Equipos**

#### **a. Material Experimental.**

##### **Material biológico**

- Se utilizó asociación de trébol y rye grass

##### **Abono orgánico.**

- Biol, producido en la estación experimental INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) en Baños del Inca.

#### **b. Materiales de campo y herramientas.**

- Pala
- Zapapico
- Wincha
- Mantas
- Rafia
- Regaderas de 10 litros.
- Hoz
- Guadaña
- Tijeras
- Sierra

- Martillo
- Estacas
- Baldes con medida de 20 litros
- Cuaderno de apuntes
- Esmalte
- Cámara fotográfica.

**c. Equipos de laboratorio**

Equipos necesarios para las mediciones del Biol:

- Peachímetro
- Balanza analógica.

**d. Equipos de gabinete**

- Computadora
- Calculadora
- Dispositivo de almacenamiento extraíble

**3.3. Metodología**

**a. Muestreo del Biol para el análisis de laboratorio**

Las muestras de biol se extrajeron con un balde de 5 litros, a profundidades de 2 – 3m. desde el interior del biol en la cámara de almacenamiento dando una leve remoción circular, luego la muestra se traspasó a un recipiente de 10 litros y luego se empezaron a distribuir en las regaderas las cuales estaban calibradas a la medida de aplicación según la dosis asignada a cada parcela.

El análisis fue realizado por el laboratorio de Instituto Nacional de Investigación Agraria – Cajamarca.

**b. Producción y manejo de cultivo.**

**Habilitación de parcelas**

Para la habilitación del área de estudio, se procedió al corte del follaje de toda el área de estudio y al delimitado de las unidades experimentales con una cinta métrica, rafia y estacas. Terminada la habilitación de parcelas se realizó a la colocación de sus carteles.

Figura 4. Corte inicial del forraje para la habilitación de las unidades experimentales.



### **Riego**

El riego se realizó utilizando aspersores, los cuales fueron realizados por las tardes distanciados cada 10 días.

### **Aplicación de biol.**

- Para la aplicación del biol, se realizó la cosecha del mismo de los biodigestores tubulares, luego se midió la dosis correspondiente y se aplicó en una regadera de forma manual a los cultivos según los tratamientos en estudio.
- Modo aplicación: regaderas (10 litros).

Tabla 4. Calculo de dosis de biol para el tratamiento (T2, T3 y T4)

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis/Parcela</b>	<b>Nº Regaderas</b>
T2: litro por aplicación	15	1 1/2
T3: litro por aplicación	30	3
T4: litro por aplicación	45	4 1/2

*Figura 5. Dosificación del biol según los tratamientos.*



*Figura 6. Aplicación del biol a las unidades experimentales.*



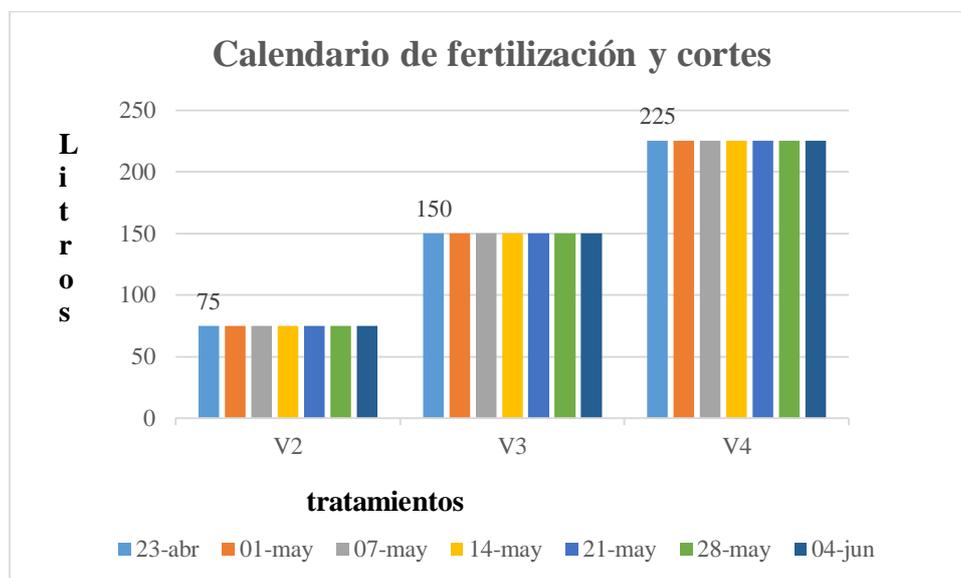
### **Cortes**

Se realizó un primer corte al iniciar el trabajo de investigación, posteriormente se realizó el corte final después de tres meses de llevado el tratamiento como se muestra en la tabla N° 8.

Tabla 5. Calendarios de fertilización y cortes del cultivo

Calendario de fertilización y cortes											
		16-abr	23-abr	01-may	07-may	14-may	21-may	28-may	04-jun	biol total	11-jun
T2	Litros biol/m2	corte inicial	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7.0	corte final
	Litros biol/variant	corte inicial	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	525.0	corte final
	Litros biol/ha	corte inicial	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	70000	corte final
T3	Litros biol/m2	corte inicial	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	14.0	corte final
	Litros biol/variant	corte inicial	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	1050.0	corte final
	Litros biol/ha	corte inicial	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	140000	corte final
T4	Litros biol/m2	corte inicial	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	21.0	corte final
	litros biol/variant	corte inicial	225.0	225.0	225.0	225.0	225.0	225.0	225.0	1575.0	
	Litros biol/ha	corte inicial	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	210000	corte final
	Litros biol/ha Total		60000.0	60000.0	60000.0	60000.0	60000.0	60000.0	60000.0	420000.0	

Figura 7. Calendario de fertilización y cortes.



*Figura 8. Cortes del forraje de las unidades experimentales.*



### **Pesado de la muestra**

El pesado de la muestra se realizó utilizando una balanza analógica y anotando los resultados en la libreta de campo, el peso fue tomado de todas las unidades experimentales las cuales fueron organizadas en un cuadro de forma detallada según el tratamiento correspondiente a los datos que servirán para el análisis estadístico.

*Figura 9. Pesado de la muestra*



### 3.4. Diseño Experimental

- Para evaluar el trabajo de investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar, asignándole cuatro tratamientos con cinco repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales.

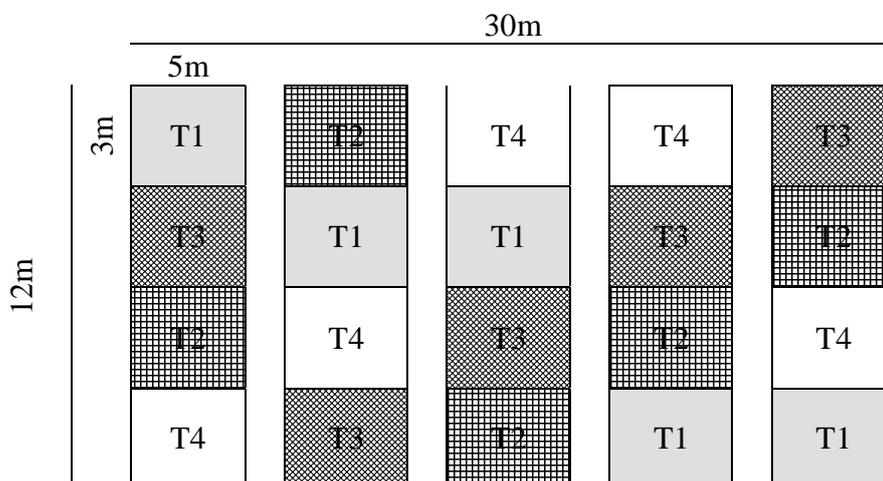
#### a. Factores de estudio

Los factores en el presente trabajo fueron: rendimiento en kilogramos (peso fresco) de en cada unidad experimental y las concentraciones del biol.

Tabla 6. Variables y dosificación de los Tratamientos.

Variables	Aplicación/parcela	Aplicación/m <sup>2</sup>
T1	Control: 0	Control (0)
T2	Biol: 75.0 litros	1.0 litros
T3	Biol: 150.0 litros	2.0 litros
T4	Biol: 225.0 litros	3.0 litros

#### b. Croquis del experimento.



#### c. Dimensión del experimento.

Cada unidad experimental fue constituida por 19,25 metros cuadrados donde se distribuyó de manera uniforme.

*Tabla 7. Dimensiones del experimento*

<b>CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>	
Largo de la unidad experimental	3 m
Ancho de la unidad experimental	5 m
Área de la unidad experimental	15 m <sup>2</sup>
Densidad de plantación (plantas/Ha)	25000
N° variables	4
N° repeticiones	5
N° parcelas	20
Área de las repeticiones	75
Superficie total (m2) (12.0X30.0)	360

*Figura 10. Habilitación de las unidades experimentales*



**d. Procesamiento de la información.**

Para el procesamiento de la información se utilizará el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), o el SPSS (Statistical Product and Service Solutions). Los cuales nos darán los resultados estadísticos, los mismos que nos permitirán tomar la decisión con respecto a la investigación realizada.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis de suelos.

Se hizo un previo análisis del suelo el cual nos dio los siguientes resultados:

*Tabla 8. Resultados del análisis de suelos realizado en el campo del estudio*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Fosforo (P)	Ppm	10,49
Potasio (K)	Ppm	310
pH	-	6,2
Materia Orgánica (M.O.)	%	4,09
Arena	%	51
Limo	%	15
Arcilla	%	34
Clase textural	-	FArA

Fuente: INIA 2017.

### 4.2 Análisis del biol.

Se han realizado análisis de laboratorio, tanto del Biol producto de estiércol de cuy, como de vacuno. Los análisis se han realizado en:

- Laboratorio de INIA: análisis de parámetros físicos de forma rutinaria.
- Laboratorio NKAP: análisis de parámetros químicos y biológicos de forma puntual.
- Placas Petri film 3M: análisis de poblaciones de patógenos.

Tabla 9. Resultados de los análisis físicos, químicos y biológicos completos del biol (análisis realizado en el laboratorio NKAP de la ciudad de Cajamarca)

<b>Parámetros</b>	<b>Biol (D1)</b>	<b>Biol (D2)</b>
ST (%)	0.7 0.08	0.68 0.09
SV (%ST)	44.22 5.13	46.87 4.35
DQO mg/L	2.19E+3	2.07E+3
TOC (%ST)	0.17	0.22
TKN (%ST)	0.050 0.01	0.056 0.01
N-NH <sub>4</sub> (%ST)	0.027 0.01	0.033 0.01
P-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%ST)	0.028 0.01	0.039 0.02
K-K <sub>2</sub> O (%ST)	0.095 0.05	0.10 0.04
pH	7.14 0.11	7.16 0.21
CE (μScm <sup>-1</sup> )	8 0.9	8.3 1.4
Coliformestotales MPN/mL	1.70E+08	-
<i>E.coli.</i> MPN/mL	1.70E+07	-

Fuente: Laboratorio NKAP-Cajamarca.

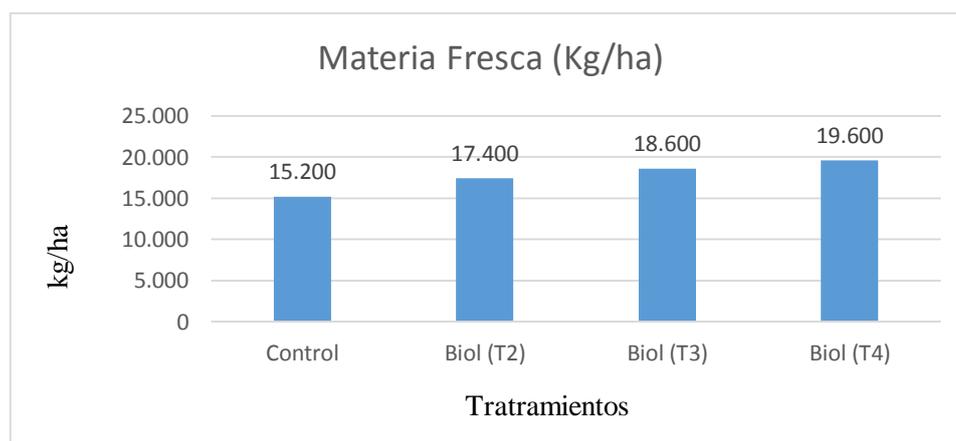
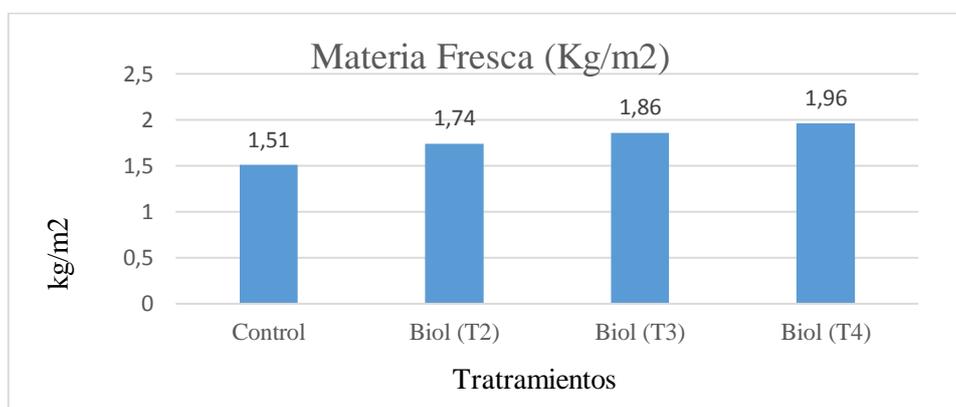
ST: Sólidos Totales; SV: Sólidos Volátiles; DQO: Demanda Química de oxígeno; TOC: Carbono Orgánico total; TKN: Nitrógeno total Kjeldahl; pH: Potencial de Hidrógeno; CE: Conductividad eléctrica; NMP: Número más probable; mL: Mililitros; *E.coli.*: *Escherichacoli*

### 4.3 Análisis de la variancia para dosis de biol

Tabla 10. Resultados obtenidos en el ensayo de biol en pasto (ray grass y trébol rojo).

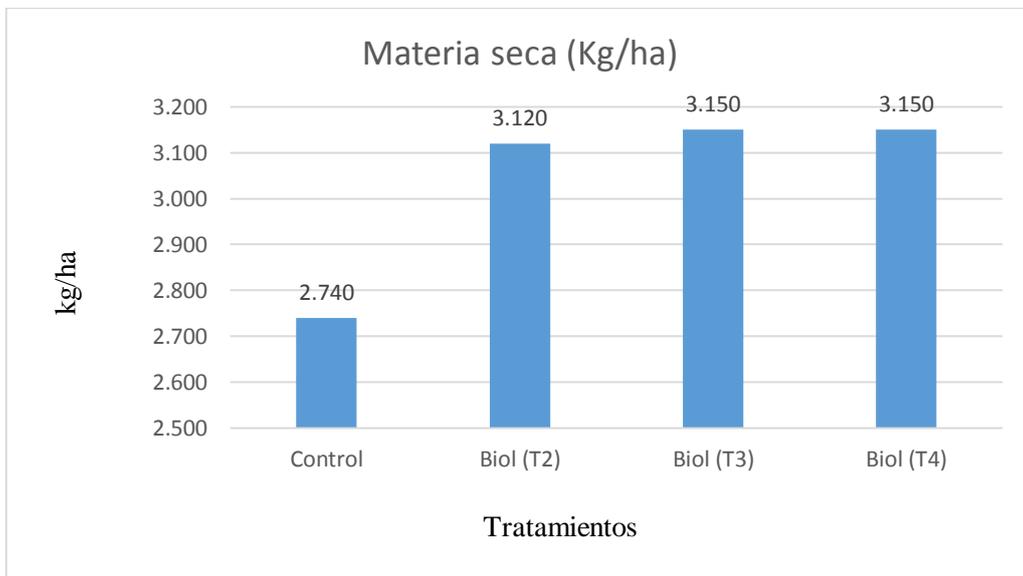
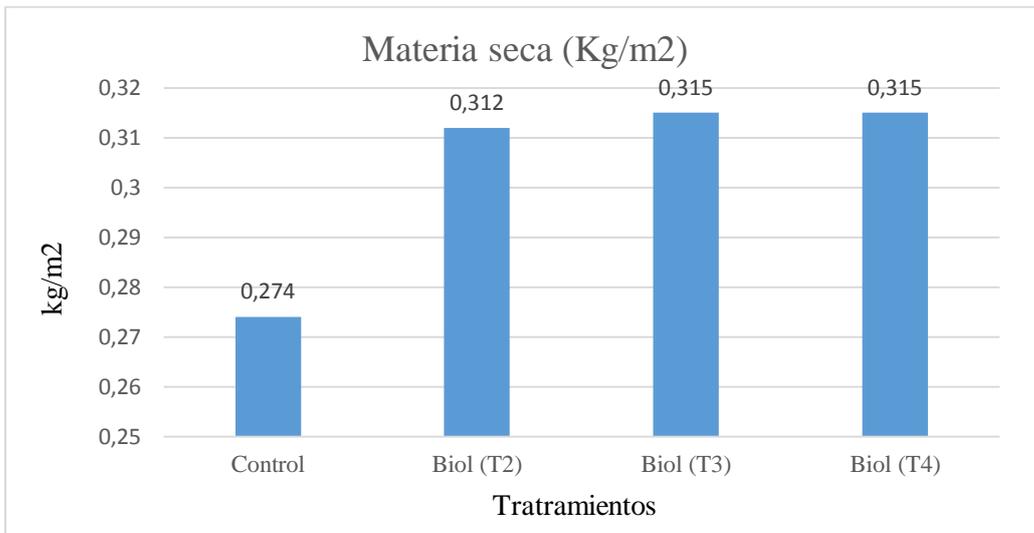
Tratamiento	Materia Fresca		Materia seca		Proteína	
	(Kg/m <sup>2</sup> )	(Kg/ha)	(Kg/m <sup>2</sup> )	(Kg/ha)	(Kg/m <sup>2</sup> )	(Kg/ha)
Control	1.51	15,200	0.274	2,740	0.036	360
Biol (T2)	1.74	17,400	0.312	3,120	0.048	480
Biol (T3)	1.86	18,600	0.315	3,150	0.057	570
Biol (T4)	1.96	19,600	0.315	3,150	0.064	640

Figura 11. Rendimiento en materia fresca



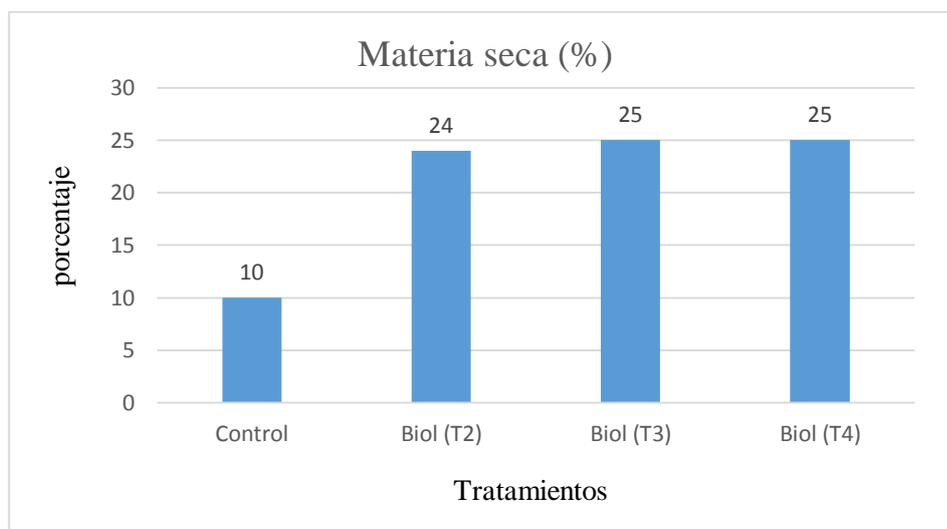
En la figura observamos que todos los tratamientos respecto al control se incrementan referido a la materia fresca de 0.23 Kg/m<sup>2</sup> (T2) a 0.45 kg/m<sup>2</sup> (T4), que representa en porcentaje de 15% a 30% respectivamente.

Figura 12. Rendimiento en materia seca



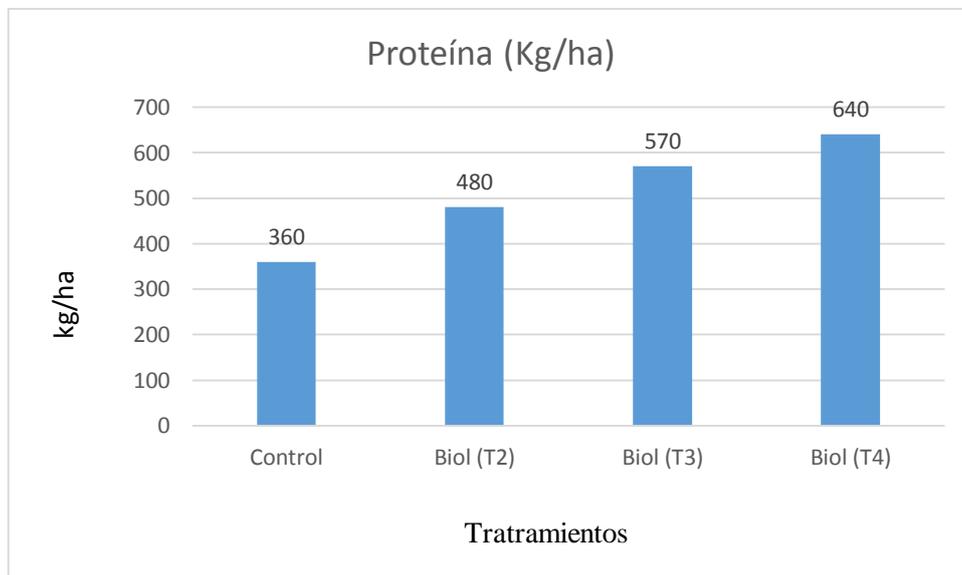
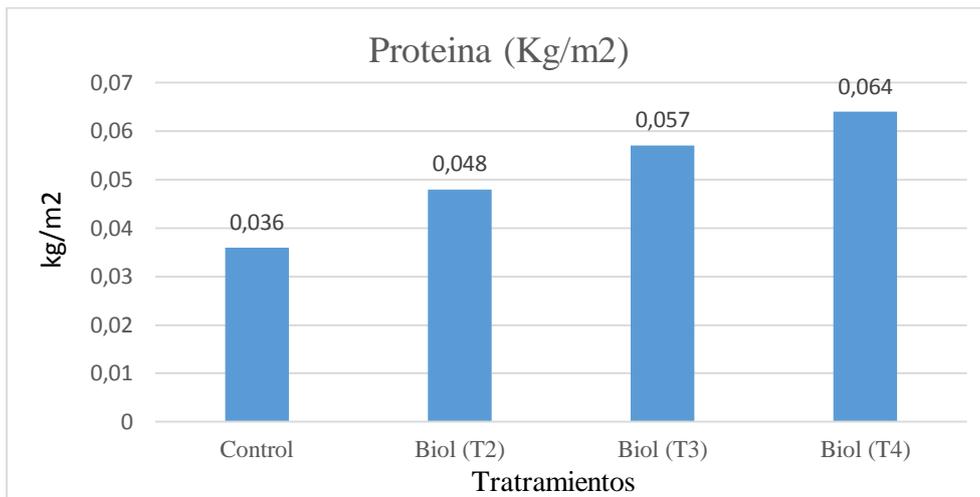
Referido a la materia seca el incremento es más significativo con respecto al control (T1), cuyo incremento va desde 0,038 (T2) al 0,041 (T4).

Figura 13. Porcentaje del rendimiento en materia seca.



El biol es buen abono para este tipo de pasto, en cuanto a rendimientos en forraje fresco, seco y proteína. Figura 13 muestra en la 2ª barra el porcentaje de aumento de proteína respecto al control de un 14%, el resto de los tratamientos, se incrementan en un 15%. En comparación con el tratamiento T3 y T4 se puede observar que existe continuidad en el resultado, demostrándonos que llego a su punto máximo de absorción del abono (biol)

Figura 14. Resultado de la proteína de la asociación Trebol-rye grass.



### 4.3.1 Resultados del ANVA y prueba de DUNCAN de la producción

A continuación se muestra los resultados del Análisis de varianza (ANVA) y prueba de DUNCAN, del trabajo en el cual se realizó una investigación con cuatro tratamientos (T1=testigo; T2=Biol 5 litros; T3=Biol 10 litros y T4=Biol 15 litros) en 5 repeticiones, en 20 parcelas del cultivo de trébol + rye grass con la finalidad de determinar cuál tratamiento produce mayor rendimiento respecto a materia seca.

Los resultados están dados por la producción en Kg. Por m<sup>2</sup> de las unidades experimentales.

Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de la materia seca.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	Probabilidad
Bloques	0.006	3	0.002	3.42	0.043
Tratamientos	0.66	4	0.0005		
Error	0.43	17	0.03		
Total	1.096	24			

CV = 9.36 %

El procedimiento ANOVA nos muestra un margen de error menor de 1%, por lo tanto el resultado es **altamente significativo**, correspondiente a los tratamientos por lo tanto el ensayo está bien planteado.

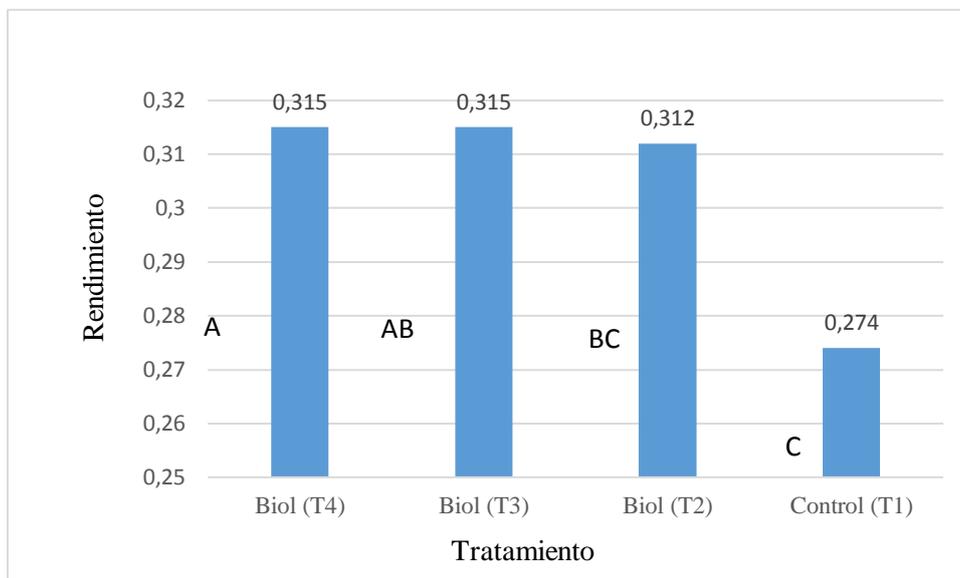
El coeficiente de variación es de 9.36 %, el cual indica la variación de los resultados de un mismo tratamiento.

Tabla 12. Prueba de significación de Duncan al 5 %, para el rendimiento

Tratamientos	Prom. Rendimiento	Duncan al 5 % de probabilidad
T4	0.315	A
T3	0.315	A B
T2	0.312	B C
T1	0.274	C

Al realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad (Tabla 15 y Grafico 15), se observa que se han formado tres grupos (A, B y C). El primer grupo "A", conformado por los tratamientos T4 y T3, los cuales presentan en promedio 0.315 y 0.315, respectivamente, no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. El primer grupo "B", conformado por los tratamientos T3 y T2, los cuales presentan en promedio 0.315 y 0.312, respectivamente, no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. El primer grupo "C", conformado por los tratamientos T2 y T1, los cuales presentan en promedio 0.312 y 0.274, respectivamente, no existe diferencias significativas entre estos tratamientos.

*Figura 15. Prueba de Duncan al 5 % para el rendimiento.*



*En la prueba de DUNCAN, la figura nos muestra que el tratamiento T4 (biol 15 l) y el tratamiento T3 (biol 10 l) es el que ha expresado mayor producción en Kg/m<sup>2</sup> en el ensayo; por lo tanto la dosificación y el momento de aplicación del fertilizante es el más adecuado para los cultivo en estudio.*

#### 4.4 Análisis de la materia seca.

Tabla 13. Resultados de los análisis de rye grass + trébol

Descripción de la Muestra	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Extracto Etéreo (%)	Fibra (%)	Extracto Libre de Nitrógeno (%)	Fósforo (%)
Control -T1	85,86	10,0	9,50	18,73	5,47	20,30	35,50	0,49
Biol - T2	85,10	24,0	10,00	16,36	4,84	19,36	37,94	0,68
Biol - T3	86,82	25,0	10,50	18,73	4,64	20,83	33,80	0,45
Biol - T4	86,54	25,0	10,25	18,59	5,32	20,36	33,98	0,92

Fuente: laboratorio de servicio de suelos, aguas, abonos y pastos- Universidad Politécnica de Cataluña.

Los resultados de las analíticas si muestran variaciones importantes en el principal factor de estudio que es la materia seca los tratamiento T4 = 25% y T3 = 25% en comparación con la muestra control T1 =10%. Por lo tanto, de acuerdo con el presente ensayo si hay implicaciones determinantes al realizar los tratamientos en rye grass y trébol.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Concluimos que, con respecto a la materia seca, de la asociación trébol (*Trifolium pratense* L.) y rye grass (*Lolium multiflorum* L.), el más alto rendimiento lo obtuvo el tratamiento (T3), obteniendo un incremento de 0.041 Kg/m<sup>2</sup> o 410 Kg/ha respecto del testigo (T1), logrando un rendimiento del 25%.

### 5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda utilizar el biol del T3 = 30 litros de biol por cada 15 m<sup>2</sup> en el cultivo de rye grass y trébol.
2. Continuar con la investigación sobre el efecto del biol en los diferentes cultivos asociados de pastos de la región Cajamarca, con la finalidad de obtener los mejores rendimientos en producción y productividad.
3. Se considera al biol como un repelente contra insectos por lo tanto se recomienda realizar estudios en la eficiencia como tal en los diferentes cultivos.
4. Realizar una investigación de los microorganismos que se encuentran presentes en los bioles y sus beneficios.
5. Ubicar el biodigestor en un sitio donde exista una mayor concentración de temperatura, una buena circulación de aire y al mismo tiempo protegido de los rayos directos del sol, lo que permitirá un mejor proceso de fermentación del biol.

## VI.BIBLIOGRAFÍA

1. Andrew Wheatley, 2005). “Biomass I (Anaerobic Digestion Process Biochemistry”, Study Notes, Loughborough University, p.12.
2. ACUÑA HÉCTOR ET AL, 2002 Manual Agropecuario Biblioteca del campo, Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente, Quebecor Word Bogotá, S.A. Bogotá Colombia, pp. 530 – 561
3. Aparcana, S y Jansen A. (2008). Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso de “fermentacionanaerobica” para la producción de biogas. German ProEC. Lima – Perú. 10 p.
4. Beteta, C. (2005), Construcción y uso de biodigestores tubulares plásticos, Guía N° 7. Universidad Nacional Agraria de Nicaragua (UNA), 24 p.
5. BENITO B., ROIG S. & SAN MIGUEL A. 2000. Especies de gramíneas y leguminosas de interés pastoral. ETSIM. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
6. BOTERO, R. y PRESTON, T. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas: manual para su instalación, operación y utilización. Universidad EARTH. 1987 (consultado el 10 enero de 2010). Disponible en Internet: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/biodigestor.pdf>
7. Bui XuanAn, L. Rodríguez J., S.V. Sarwatt, T.R. Preston and F. Dolberg, “Installation and performance of low-cost polyethylene tube biodigesters on small-scale farms”, FAO - Agriculture and Consumer Protection, 2007.
8. CABEZAS, A Y XAVIER, F. Biodigestor: tecnología sencilla y amigable con el ambiente, al alcance de todos. Guácimo, CR: Universidad Earth. (Consultado el 12 febrero 2010). ISBN: 9977-84-002-4. 28p. Disponible en Internet: [http://intranet/biblioteca/documentos\\_digitales/art22.pdf](http://intranet/biblioteca/documentos_digitales/art22.pdf)
9. CANALS R.M. 2002. El cultivo de praderas y forrajes: Especies sembradas y sus características. Documento inédito. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.
10. CODESPA. 2007, “Mejora de las condiciones de vida de las familias porcicultoras del Parque Porcino de Ventanilla, mediante la implementación de un sistema piloto de biodigestión, Lima, Perú”, Fundación CODESPA Catalunya, Febrero 2007.

11. Davide Poggio, “Diseño y construcción de dos digestores anaeróbicos en el altiplano andino peruano”, Tesis de grado de la Universidad Politécnica de Barcelona, 2006. [20]
12. FILMTEX. 2008. Bogotá, Colombia. Manual para la generación de biogás y bioabono a partir del estiércol en la industria Agropecuaria. Capítulo 2. Descripción de los Sistemas de Aprovechamiento de la Porquinaza (SAP).
13. GOMEZ, J. y G. VINIEGRA (1979). Uso de estiércol bovino digerido anaeróbicamente como fertilizante para vegetales. *Producción Animal Tropical*, 4:25-29.
14. Guerrero, L y Alaba, M. 1983. “Técnicas de extensión para la difusión del biogás en la región de Cajamarca”, Tesis de la Universidad Nacional de Cajamarca, 1983. [37]
15. Hilares, Sonia (1988), “El empleo de biodigestores en el Perú”, ITINTEC – Dirección de Tecnología, Octubre 1988. [42]
16. Jaime Martí Herrero, “Taller de Biogás”, taller del CEDECAP – ITDG Cajamarca, Octubre 2007.
17. MANTARI, C (1 997) Establecimiento de praderas alto andinas bajo riego. Ministerio de Agricultura - Dirección Regional Agraria, Huancayo- Perú.
18. MORALES MIÑANO A. J. El estiércol, ventajas y desventajas, (en línea) Disponible en: [accesado 18 May 2012]
19. ORDÓÑEZ, H (1 997) Establecimiento de pasturas cultivadas en valles interandinos. Pub. Técnica N° 29 IVITA — UNMSM. Huancayo, Perú.
20. Ludwig Sasse, Christopher Kellner&AineaKimaro, “Improved Biogas Unit for Developing Countries”, GTZ, 1991, p.7. [1]
21. SIMPSON, K. 1991, Abonos y Estiércoles, Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza – España, pp. 100 – 103.
22. SOSA O. Catedra de Manejo de Tierras, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Revista agromensajes de la facultad, Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. (en línea) Disponible en: [accesado 19 mayo 2012] <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/16/7 AM16.htm>
23. Spagnoletta, A. (2008)- Estudio de factibilidad de implementación de biodigestores rurales en la zona andina de Cajamarca-Perú. Universidad Politécnica de Catalunya – Soluciones prácticas ITDG. Cajamarca, Perú. 59p.

24. STOUT, B.A. (1983). Can agriculture provide enough biomass for fuels. AgriculturalEngineersYearbook, ASAE, St. Joseph, Missouri (USA).
25. TAIGANIDES, P. (ed) (1963). Anaerobic digestion of hog wastes. Journal of Agriculture Engineer Research, 8:327-333.

## VII.ANEXOS

### ANEXO 01.

Tabla 14. Resumen de las Características del biol.

Parámetros	Unidad	Estiércol	Biol (D1)	Biol (D2)
DQO	mg/l	5491,57E+2	2192,51	2067,22
pH		8,82	7,14	7,16
CE	( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	17,35	8	8,3
ST	(%)	25,96	0,7	0,68
<b>SV</b>	(% ST)	<b>67,61</b>	<b>44,22</b>	<b>46,87</b>
TKN	(%ST)	0,22	0,05	0,056
N-NH <sub>4</sub>	(%ST)	0,03	0,02	0,03
P-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	(%ST)	0,1	0,03	0,04
K-K <sub>2</sub> O	(%ST)	0,39	0,09	0,1
S	(%ST)	0,00016	0,03	0,05
<b>Coliformes totales</b>	MPN/ml	5,10E+09	1,70E+08	-
<b>E.coli</b>	MPN/ml	1,70E+09	1,70E+07	-
<b>Salmonella</b>	P/A 25 g	ND	ND	ND

Figura 16. Filtro biológico de arena, con el fin de reducir las poblaciones de *E. Coli* y Coliformes totales. Los resultados de los análisis iniciales mostraban una alta concentración de estos patógenos.

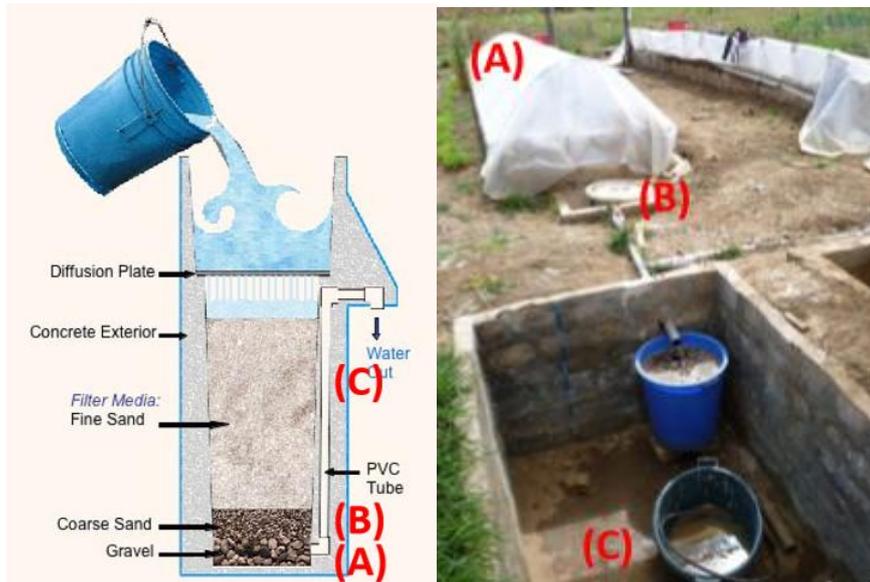


Figura 17. Procedimiento de la Investigación.

