

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
AREA: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
CARRERA: INGENIERIA AGROFORESTAL



**PRODUCCIÓN ORGÁNICA DEL CULTIVO DE LA
LECHUGA (*Lactuca sativa*) CON LA APLICACIÓN DE
CINCO NIVELES DE ABONO ORGÁNICO (BIOL) EN LA
COMUNIDAD EL SUJAL, MUNICIPIO DE COBIJA.**

Tesis de grado para optar al grado de Ingeniero Agroforestal

Presentado por: Univ. Franz Ecuari Castro

Asesor: Ing. Efren Ramírez Ramírez

COBIJA – PANDO – BOLIVIA
2025

HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por:

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMAS
Presidente	Ing. Marcos Vichenzo Abasto Antezana	_____
Tribunal 1	Ing. Jhon Paolo Huanca Guzmán	_____
Tribunal 2	Ing. Richard Benítez Romero	_____
Tribunal 3	Ing. Marcos Vichenzo Abasto Antezana	_____
Asesor	Ing. Efrén Ramírez Ramírez	_____

Cobija, 06 de octubre de 2025

DEDICATORIA

A mis padres Angel Ecuari, Margarita y Ramona Castro; a mis hijos: María Fernanda, Leomel, Kamil, Sharely. Margdely ECUARI

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mis sinceros agradecimientos a:

- Dios por sobre todas las cosas.
- Mi esposa Eliza Duri Ramírez, a mis hermanos Raquel, Patricia, Rebeca, Josias, Levana, Adriana y Zayuli por el apoyo durante la realización de la presente investigación.
- Mi asesor, Ing. Efrén Ramírez Ramírez por sus acertadas orientaciones en el desarrollo de la presente investigación.
- Los miembros del tribunal: Ing. Jhon Paolo Guzmán., Ing. Richard Benítez Romero. e Ing. Ing. Marcos Vichenzo Abasto Antezana, por sus valiosas sugerencias en la revisión del trabajo.
- Los docentes de la carrera de Ingeniería Agroforestal, por haber impartido sus conocimientos con paciencia durante el proceso de enseñanza.
- Mis compañeros de la universidad: por las muchas experiencias vividas durante los años que hemos compartido juntos.

ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE	iv
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE GRAFICOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Hipótesis	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Características generales	6
2.2. Condiciones agroecológicas	9
2.3. Generalidades del abono líquido (biol)	10
2.4. Antecedentes de la investigación	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Materiales empleados	24
3.3. Métodos empleados	25
3.4. Métodos de recolección de datos	31
3.5. Diseño experimental	33

4. RESULTADOS	35
4.1. Ciclo productivo	35
4.2. Altura de planta	35
4.3. Ancho de hoja	37
4.4. Número de hojas por planta	39
4.5. Peso de lechuga	40
4.6. Rendimiento	42
4.7. Plagas y enfermedades	45
5. DISCUSIÓN	46
5.1. Ciclo productivo	46
5.2. Características morfológicas	46
5.3. Características agronómicas	47
5.4. Rendimiento.	48
5.5. Plagas y enfermedades	49
6. CONCLUSIONES	50
7. RECOMENDACIONES	51
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE TABLAS

N°	Título	Pág.
1	Composición química de la lechuga (100 g)	9
2	Dosis de abono orgánico (Biol)	27
3	Características del ciclo productivo	35
4	Altura de planta (cm)	36
5	Análisis de varianza altura de planta	36
6	Prueba de Duncan altura de planta	37
7	Ancho de hoja (cm)	38
8	Análisis de varianza ancho de hoja	38
9	Prueba de Duncan ancho de hoja	39
10	Número de hojas por planta	40
11	Análisis de varianza para el número de hojas por planta	40
12	Peso de lechuga (gramos)	41
13	Análisis de varianza para peso de lechuga	41
14	Prueba de Duncan peso de lechuga	42
15	Rendimiento de lechuga (kg/unidad experimental)	43
16	Rendimiento de lechuga (tn/ha)	43
17	Análisis de varianza rendimiento de lechuga en tn/ha	44
18	Prueba de Duncan peso de lechuga	44

LISTA DE FIGURAS

N°	Título	Pág.
1	Ubicación de la comunidad Sujal	25
2	Biodigestor empleado	26
3	Preparación del terreno	28
4	Almaciguera	29
5	Trasplante a las unidades experimentales	30
6	Medición altura de planta	32
7	Pesado de lechuga	33
8	Prueba de Duncan para altura de planta	37
9	Prueba de Duncan para ancho de hoja	39
10	Prueba de Duncan para peso de lechuga	42
11	Prueba de Duncan para rendimiento (tn/ha)	45

LISTA DE ANEXOS

N°	Título	Pág.
1	Croquis de Campo	57
2	Croquis de la Unidad Experimental	58
3	Resultado Análisis Físico – Químico de suelos	59

RESUMEN

Los suelos del departamento Pando en general son de baja fertilidad, constituyendo una limitante para la productividad de cultivos y de las hortalizas, por lo que se realizó la presente investigación titulada “Producción orgánica del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) con la aplicación de cinco niveles de abono orgánico (Biol) en la comunidad El Sujal, municipio de Cobija”, cuyo objetivo es Evaluar el efecto de cinco niveles de aplicación de Biol sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de la Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la comunidad El Sujal del municipio de Cobija, departamento Pando. La variedad de lechuga empleada fue Elba. Los tratamientos consistieron en 0%, 20%, 40%, 60% y 80% de BIOL; el diseño experimental empleado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: características del desarrollo productivo, características morfológicas (altura de planta y ancho de hoja), variables agronómicas (número de hojas por planta, peso de lechuga y rendimiento); e incidencia de plagas y enfermedades. Los resultados indican que el efecto del Biol pudo observarse en la altura de planta, ancho de hoja, número de hojas, peso y rendimiento; por lo que se acepta la hipótesis alterna y rechaza la nula; no se observó presencia de plagas ni enfermedades.

Palabras claves: Efecto biol, producción *Lactuca sativa*, municipio Cobija, Pando.

ABSTRACT

The soils of the Pando department are generally low in fertility, which is a limitation on crop and vegetable productivity. Therefore, this research study, entitled "Organic production of lettuce (*Lactuca sativa*) with the application of five levels of organic fertilizer (Biol) in the El Sujal community, Cobija municipality objective were is objective is to evaluate the effect of five levels of Biol application on the growth, development and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the community of El Sujal, municipality of Cobija, department of Pando. The research was conducted in the El Sujal community of the Cobija municipality, Pando department. The lettuce variety used was Elba. Treatments consisted of 0%, 20%, 40%, 60%, and 80% biol; the experimental design used was randomized blocks with four replications. The variables evaluated were: productive development characteristics, morphological characteristics (plant height and leaf width), agronomic variables (number of leaves per plant, lettuce weight, and yield); and incidence of pests and diseases. The effect of biol was observed in plant height, leaf width, number of leaves, weight, and yield; therefore, the alternative hypothesis is accepted and the null hypothesis rejected; no pests or diseases were observed.

Keywords: Biol effect, *Lactuca sativa* production, Cobija municipality, Pando.

1. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), en sus diferentes formas y colores, es una de las hortalizas más comunes y consumidas en todo el mundo, aunque su principal producción se concentra en zonas más templadas y subtropicales. En la actualidad se cultiva al aire libre e invernaderos, en suelo o en forma hidropónica; esta última evita las limitaciones que provocan las condiciones climáticas, luminosas y de suelo (Saavedra G., 2017).

Es una hortaliza que se produce en todas las regiones bajo diferentes condiciones climáticas, ocupa a nivel mundial un lugar preferente, siendo en algunos países un importante componente de las dietas por su alto valor nutritivo, además de constituir en un margen de notables ingresos para el sector agrícola (Royal Sluiss Enkhuizen, 1994).

La producción se destina al consumo interno. El cultivo de lechuga se lleva a cabo de forma tradicional a campo abierto, pero también bajo cultivo protegido en suelo y en sistemas hidropónicos (Rosa Pertierra, 2020).

La materia orgánica, si bien su aplicación en la agricultura es milenaria, sufrió a mediados de este siglo un olvido, a causa de la aplicación de los abonos químicos que producen mayores cosechas con un menor costo.

En el departamento Pando, el agricultor campesino practica la agricultura migratoria tradicional (rosa, tumba y quema), debido a la baja fertilidad y al contenido de materia orgánica de los suelos y a las técnicas de cultivos por ellos aplicada, provocando la combustión de la materia orgánica, empobreciendo el suelo en su productividad.

La zonificación Agroecológica y Socioeconómica del departamento PLUS/PANDO (1996), ha demostrado que la aptitud del suelo es de Uso Forestal, por las características demostrada por la baja proporción de materia orgánica y baja fertilidad, por el alto contenido de aluminio en el suelo.

Los fertilizantes orgánicos se han desarrollado para conservar y mejorar la fertilidad de los suelos, manteniendo la producción casi constante e

indefinidamente de los suelos, restituyendo al suelo los nutrientes extraídos por anteriores cosechas. La práctica de la horticultura en comunidades y en barrios de la ciudad de Cobija es una producción intensiva para el autoconsumo y el abastecimiento mínimo en los mercados de abastos.

La creciente preocupación por la protección del medio ambiente y la necesidad de elevar la calidad de vida de la población, ha motivado el uso de abonos orgánicos en la producción orgánica de hortalizas.

La presente investigación se enmarca en la línea de investigación “Tecnología de producción de alimentos básicos con énfasis en sistemas agroforestales”.

1.1. Justificación

En la actualidad la producción de lechuga en nuestro país y la región del departamento Pando se cultiva al aire libre e invernaderos, en algunas regiones de nuestro país se practica el cultivo de forma hidropónica; esta última evita las limitaciones que provocan las condiciones climáticas, luminosas y de suelo, en su mayoría de los productores utilizan agroquímicos para obtener mayores rendimientos, causando daño a la salud de las personas a largo plazo, la creciente mancha urbana y demográfica se hace necesario garantizar la seguridad alimentaria y la salud, significando el incremento de la producción de lechuga en nuestra región.

La práctica que el agricultor campesino aplica en nuestra región es la agricultura migratoria tradicional (rosa, tumba y quema), provocando la combustión de la materia orgánica, empobreciendo el suelo en su productividad debido a la baja fertilidad y contenido de materia orgánica.

Los suelos de la comunidad El Sujal tiene las características edafológicas de suelo bien drenado y de textura arenosa (A). Ver Anexo N° 3 (Análisis físico químico de suelos).

La sostenibilidad de la productividad de los suelos (fertilidad) está basado en la proporción de materia orgánica presente en el suelo. La materia orgánica

es producto de la descomposición de los residuos orgánicos (restos de animales y vegetales), por la actividad biológica.

La fertilización con abonos orgánicos, es la mejor manera de estimular la fotosíntesis, de forma ordenada en las plantas, porque aportan macro y micro nutrientes en cantidades equilibrada que ellas absorben conforme a sus necesidades en cantidad y calidad.

El Biofertilizante también conocido como bioabono está compuesto por el BIOL (fracción líquida) y el BIOSOL (fracción sólida). La parte líquida que es el BIOL, es considerado como un FITOESTIMULANTE COMPLEJO, porque en su composición química contiene fitohormonas tales como las AUXINAS y GIBERELINAS, que al ser aplicado a las semillas o al follaje de los cultivos, permite aumentar la cantidad de raíces e incrementar la fotosíntesis de las plantas, mejorando así sustancialmente la producción y calidad de las cosechas.

Por lo expuesto anteriormente el presente trabajo de investigación que se realizó en la comunidad de El Sujal implementará un sistema productivo orgánico en el cultivo de la lechuga bajo la aplicación por aspersión de abonos orgánicos (BIOL), comparando su efectividad en el cultivo de la lechuga, el análisis económico correspondiente (costos de producción y beneficio/costo) y se propone alternativas de innovación tecnológica respecto a nuevas formas de aplicación de fertilizantes y otras actividades que mejoren el manejo integral del cultivo

1.2. Planteamiento del problema

En el área de la comunidad de El Sujal del municipio de Cobija departamento Pando, es común el consumo de alimentos energéticos como ser: arroz, papa, yuca y otros, existiendo un bajo nivel de consumo de la Lechuga (*Lactuca sativa* L.) y demás hortalizas como fuente de vitaminas, sales minerales y proteínas, necesarias en la dieta para la salud de las personas. Los factores climáticos y la baja fertilidad de los suelos, son factores que

limitan la intensificación de la práctica de la producción de horticultura en el área del municipio de Cobija.

Por otra parte, el crecimiento de la mancha urbana y demográfica es considerable y de mucha preocupación, la misma que necesita atender muchas necesidades y entre ellas asegurar la seguridad alimentaria. Por esta situación el uso abonos orgánicos en la producción de hortalizas ha generado alternativas para mejorar los rendimientos y calidad en los cultivos.

Por lo expuesto la pregunta de Investigación es:

¿Cuál es efecto de cinco niveles de aplicación de abono orgánico (Biol) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L. variedad elba*) en la comunidad de El Sujal Municipio de Cobija?

1.3. Objetivos

Objetivo General

- Evaluar el efecto de cinco niveles de aplicación de Biol sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de la Lechuga (*Lactuca sativa L.*) en la comunidad El Sujal del municipio de Cobija, departamento Pando.

Objetivos específicos:

- Evaluar el desarrollo, el comportamiento vegetativo y el rendimiento del cultivo de lechuga desde el trasplante hasta la cosecha
- Determinar el efecto de cinco niveles de aplicación de abonos orgánicos (BIOL), en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*).
- Identificar plagas y enfermedades durante el proceso y desarrollo del cultivo.

1.4. Hipótesis

Ha: Existe diferencia significativa en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la lechuga entre los diferentes niveles de aplicación de abono orgánico (BIOL).

Ho: No existe diferencia significativa en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la lechuga entre los diferentes niveles de aplicación de abono orgánico (BIOL).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características generales

2.1.1. Origen

Infojardin (2007) menciona que la primera noticia de su cultivo aparece en un documento alemán de 1588. Actualmente se cultiva principalmente en Alemania, Francia, Italia y otros países europeos, siendo raro su consumo fuera de Europa.

Según Mallar (1978), la lechuga de la familia de las Compuestas, es originaria de la costa sur y sur este del mar Mediterráneo. Los egipcios comenzaron a cultivar 2400 años antes de esta Era y se supone que la utilizaron para extraer aceite de las semillas.

Cásseres (1980), manifiesta que la lechuga se remonta a una antigüedad de 4.500 años A.C., mientras que en Egipto ya se conocía bien a 500 A.C. Se originó probablemente en Asia Menor.

El origen de la lechuga no parece estar muy claro, aunque algunos autores afirman que procede de la India, aunque hoy día los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactucascariola* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas.

2.1.2. Clasificación taxonómica

Mallar (1978), indica que la lechuga presenta la siguiente clasificación:

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Familia: Asteraceae.

Sub-familia: Lactucoideae.

Nombre científico: *Lactuca sativa* L.

Nombre común: Lechuga

2.1.3. Descripción morfológica

Para Gilsanz (2007), la lechuga tiene las siguientes características morfológicas:

Es una planta anual. La Raíz no llega a sobrepasar los 25 cm de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones. Las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo el desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. Cuando la lechuga está madura, es cuando emite el tallo floral. Las semillas en algunas variedades tienen un periodo de latencia después de su recolección, que es inducido por temperaturas altas.

La lechuga es una planta anual y autógena, perteneciente a la familia Compositae y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L.

a. Sistema radicular

La raíz no llega a sobrepasar los 25 cm de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones (Parson, 1987).

Mallar (1978) y Maroto (1983), expresan por su parte que la lechuga tiene raíz pivotante con muchas raíces laterales, posee un sistema radical profundo.

b. Tallos

Maroto (1983), describe que posee un tallo corto durante la etapa vegetativa, lleva una roseta de hojas que varían de tamaño, textura, forma y color según los cultivares, se aprietan unas con otras formando un ovillo en forma lanceolada, redonda o espatulada.

c. Hojas

Maroto (1983), manifiesta que las hojas se disponen primeramente en roseta y después se aprietan unas junto a otras formando un cogollo más o menos consistente y apretado en unas variedades que en otras. Sus hojas pueden ser de redonda, lanceolada o casi espatulada.

La consistencia de las mismas puede ser corroas o blanduzca. El borde de los limbos foliares puede ser liso, ondulado aserrado. Planta autógama cuyas semillas que en realidad son frutos en forma de aquenios típicos, esta provistas de un vilano plumoso.

Las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas) y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado (Rubio, 2000).

d. Inflorescencia

Tamaro (1976), sostiene que la inflorescencia es una panícula y las flores individuales son perfectas, con cinco estambres y un ovario; las flores por lo general son auto polinizadas. Son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos (Parsons, 1987).

e. Semilla

Están provistas de un vilano plumoso (Rubio, 2000).

2.1.4. Valor nutritivo de la lechuga.

Fuente importante de calcio, hierro y vitamina A, proteína, ácido ascórbico (vitamina C), tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), niacina, protege de la osteoporosis (vitamina K), ácido fólico (vitamina E). contiene además potasio y fósforo. El aporte de calorías es muy bajo y está compuesta en un 94% de agua (Infoagro 2011).

Tabla 1.

Composición química de la lechuga (100 g)

Composición de la lechuga por 100 g	
Agua	95.1 (g)
Calorías	1.1 (kcal)
Carbohidratos	1.9 (g)
Grasas	0.2 (g)
Fibra	1.0 (g)
Potasio	257 (mg)
Otros componentes mg	Mg
Calcio	32 (mg)
Fosforo	23 (mg)
Sodio	5 (mg)
Tiamina	0.06 (mg)
Riboflavina	0.06 (mg)
Niacina	0.3 (mg)
Ácido fólico	215.00 (mg)
Vitamina C	8 (mg)
Vitamina A	970 (mg)
Vitamina B6	0.05 (mg)

Fuente: Vallejo 2004.

2.2. Condiciones agroecológicas

2.2.1. Temperatura

Infoagro (2010), señala que la lechuga es un cultivo de clima fresco. Debe ser plantada a inicios de primavera o finales de verano. En altas temperaturas, se impide el crecimiento, las hojas pueden ser amargas y se forma el tallo donde se producen flores, el cual se alarga rápidamente. Fenómeno indeseable llamado "espigado". Durante el verano las lechugas espigan muy rápido si no se tiene cura de ellas. Algunos tipos y variedades de lechuga soportan el calor mejor que otras.

2.2.2. Agua

Havercort (1982), menciona que las lechugas requieren de dos riegos semanales como mínimo. Riegos ligeros frecuentes causan que las hojas desarrollen rápidamente. Exceso de riego, especialmente en suelos pesados, puede producir enfermedades, crecimiento lento y escaldaduras o quemaduras de los bordes de las hojas.

2.2.3. Suelo

Martínez (2013), menciona que la materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en producción y estado. La materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad. De hecho, para que un suelo sea apto para la producción agropecuaria, debe contar con un buen nivel de materia orgánica; de lo contrario, las plantas no crecerán.

Laura (1999), menciona que la materia orgánica o abonos, son las sustancias que alimentan a las plantas. La materia orgánica del suelo proviene de la descomposición de tejidos animales y vegetales, tales como los residuos de la cosecha, los abonos verdes y los abonos de los animales, estas afirmaciones son corroboradas, la materia orgánica se considera benéfica para la labranza de la tierra y por ende para la producción del cultivo, en términos generales desempeñando funciones principales.

Mejora la estructura física del suelo, lo que se traduce en más fácil absorción del agua de lluvia, mejora capacidad para para retener agua, menor erosión del suelo. El PLUS/PANDO 1994, establece que los suelos del departamento Pando es de aptitud forestal por el bajo contenido de materia orgánica.

2.3. Generalidades del abono líquido (biol)

Abono orgánico líquido, resultado de la descomposición de los residuos animales y vegetales en ausencia de oxígeno (INIA 2005). Provee nutrientes

naturales que mejora el rendimiento de las cosechas (Martí 2008). Al salir del biodigestor, este material ya no huele y no atrae insectos. (Álvares 2010). Las bacterias productoras de biol son estrictamente anaeróbicas, la cantidad y calidad está relacionada con la estabilidad biológica, la madurez química que se alcanza durante el desarrollo y la evolución de las diferentes etapas del proceso (Varnero 2011). La materia orgánica influye en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (Arana 2011).

2.3.1. Microorganismos que degradan la materia orgánica

a. Organismos descomponedores

Entre los organismos o seres vivos que ayudan a descomponer la materia

Orgánica tenemos:

Entre los géneros más frecuentes de bacterias del suelo se encuentran Acinobacter, Agrobacterium, Alcaligenes, Arthrobacter, Bacillus, Brevibacterium, Caulobacter, Cellulomonas, Clostridium, Corynebacterium, Flavobacterium, Micrococcus, Mycobacterium, Pseudomonas, Staphylococcus, Streptococcus y Xanthomonas (Guanopatín 2012).

b. Bacterias anaerobias facultativas

Precisas en cuanto a sus exigencias de medio ambiente, sólo pueden desarrollarse en ausencia de oxígeno (condiciones anaerobias). el grado de resistencia y sensibilidad bajo estas condiciones varía ampliamente de una especie a otra (aerotolerancia). Se distinguen bacterias microaerófilas, aerotolerantes y anaerobios estrictos u obligados. Si el aceptor de electrones es una molécula orgánica (piruvato, acetaldehído, etc.) se trata de metabolismo fermentativo; si el aceptor final es una molécula inorgánica (sulfato, carbonato, etc.) se trata de respiración anaeróbica (Álvares 2010).

c. Biología microorganismos aerobios

Poseen un metabolismo de tipo fermentativo, sus requerimientos nutricionales complejos, su lento crecimiento y fragilidad, sumado a sus requerimientos atmosféricos estrictos (de O₂ y CO₂) hace que su

aislamiento sea difícil, sustancias orgánicas son los aceptores finales de electrones (Guanopatín 2012).

Los plásmidos son los microorganismos aerobios más difundidos especialmente a nivel de especies de Clostridium y Bacteroides. Entre los plásmidos funcionalmente conocidos encontramos:

- Plásmidos que codifican la producción de bacteriocinas. Similares a las colicinas, son producidas por especies de Clostridium y Bacteroides.
- Plásmidos toxigénicos, ampliamente distribuidos entre las especies de Clostridium productoras de exotoxinas (toxigénicas).
- Plásmidos que codifican la resistencia a los antibióticos. diferentes especies de Clostridium, Bacteroides y cocos anaerobios codifican la resistencia a macrólidos, tetraciclinas y cloranfenicol (Guanopatín, M. 2012).

i. Fermentación anaerobia

Utilizan rutas catabólicas de polisacáridos, aminoácidos y glicerol para la producción de glucosa, la cual puede ser utilizada en las rutas de fermentación alcohólica, láctica y acética. Como resultado de esta fermentación se obtienen alcoholes y ácidos grasos. Entre los principales productos de la fermentación de carbohidratos se encuentran los ácidos grasos volátiles. Estos son importantes intermediarios para la producción de metano y su concentración es muy importante para la eficiencia de la metanogénesis (Rogers 2002, Arrigo 2005).

ii. Fermentación alcohólica

Proceso biológico que se lleva a cabo en ausencia de O₂, se produce etanol a partir de glucosa, originado por microorganismos que procesan los hidratos de carbono (por regla general azúcares de tipo

hexosa: como por ejemplo la glucosa, la fructosa, la sacarosa para obtener como productos finales: un alcohol en forma de etanol cuya fórmula química es: (CH₃ -CH₂ -OH), dióxido de carbono (CO₂) en forma de gas y unas moléculas de ATP que consumen los propios microorganismos en su metabolismo celular energético anaeróbico. La fermentación alcohólica tiene como finalidad biológica proporcionar energía anaeróbica a partir de la glucosa a los microorganismos unicelulares (levaduras) en ausencia de oxígeno (Guanopatín 2012).

iii. Fermentación heteroláctica

Pueden producir otros productos finales como ácido acético y ácido fórmico generados por bacterias del género *Bifidobacterium*; representan hasta el 25% del número total de bacterias presentes. Debido a su naturaleza heterofermentativa, pueden producir ácido láctico y etanol, así como varios ácidos grasos de cadena corta tales como ácido acético y ácido fórmico (Montesinos 2013).

iv. Fermentación acetona–butanol

Característica de algunas especies del género *Clostridium*. Se forma butanol, etanol, acetona e isopropanol, La ruta metabólica para la producción de acetona-butanol-etanol está dada en dos diferentes fases, que tienen ciertas características de la fermentación que son nombradas comúnmente como fases de acidogénesis y solventogénesis (Montesinos 2013).

v. Fermentación propiónica

Los productos de este tipo de fermentación son ácidos propiónicos, ácido acético, ácido succínico y dióxido de carbono, Es característica de las bacterias del género *Propionibacterium*, *Veillonella* y *Clostridium propionicum*, que pueden producir ácido propiónico utilizando el ácido láctico como sustrato, y algunas también a partir de polialcoholes, aminoácidos y otros ácidos orgánicos distintos al ácido láctico.

En este proceso fermentativo también participan otras bacterias anaerobias estrictas, las cuales realizan principalmente fermentación secundaria de los productos de las fermentaciones lácticas primarias. Pueden fermentar la glucosa y glicerol para producir ácido propiónico y ácidos acético y succínico como dos subproductos (Rogers 2002, Arrigo 2005).

d. La digestión anaeróbica y sus etapas

Está dividido en cuatro etapas que permiten ilustrar la secuencia de eventos microbiológicos que ocurren durante el proceso de digestión y producción de metano. Estas etapas son hidrólisis, etapa fermentativa o acidogénica, etapa acetogénica y etapa metanogénica (Varnero 2011).

i. Hidrólisis, es, por tanto, la degradación de sustratos orgánicos complejos, solubilizados por acción de enzimas excretadas de bacterias hidrolíticas, que actúan en el exterior celular (exoenzimas). La conversión de los polímeros en sus respectivos monómeros. (Lorenzo y Obaya 2005). Depende de la temperatura, tiempo, composición bioquímica del sustrato (porcentaje de lignina, carbohidratos, proteínas y grasas), tamaño de partículas, pH y concentración de amonio. (Varnero 2011).

Microorganismos responsables de la hidrólisis, destacan: *Bacteroides* sp, *Lactobacillus* sp, *Propioni-bacterium* sp, *Sphingomonas* sp, *Sporobacterium* sp, *Megasphaera* sp, *Bifidobacterium* sp. (Varnero 2011).

ii. Etapa acidogénica:

Está comprendida por la formación de ácido acético, butírico y ATP durante el crecimiento exponencial de las células. los compuestos solubles resultantes de la etapa hidrolítica van a ser transformados por la acción de microorganismos y bacterias a través de un proceso de fermentación, dando como resultado ácido acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$), hidrógeno (H_2) y dióxido de carbono (CO_2) principalmente, y en

menor cantidad productos intermedios: alcoholes, ácidos grasos volátiles y ácidos orgánicos. siendo las más comúnmente identificadas el *Butyvirbio* sp, *Propionbacterium* sp, *Clostridium* sp, *Bacteroides* sp, *Ruminococos*, *Bifidobacterium* sp, *Lactobacillus* sp, *Streptococos* sp y *Enterobacterias* sp. (Varnero 2011).

iii. Etapa solventogénesis. En esta parte del proceso, los ácidos son asimilados, y la acetona-butanoletanol aparece como metabolitos secundarios (Arrigo 2005).

iv. Etapa acetogénica: es desarrollada por bacterias acetogénicas que realizan la degradación de ácidos orgánicos produciendo ácido acético. Estos productos, son los que van a utilizar como sustrato las bacterias metanogénicas en la etapa siguiente. Los principales microorganismos homoacetogénicos que han sido aislados son *Acetobacterium woodii* o *Clostridium aceticum* (Varnero 2011).

v. Etapa metanogénica: los microorganismos completan el proceso de digestión anaeróbica mediante la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono. Las bacterias metanogénicas activas aparecen en la segunda fase de la fermentación (fase acidogénica). Las principales especies están representadas por *Methanobacterium* sp, *Methanospirillum hungatii* y *Methanosarcina* sp (Varnero 2011).

Las bacterias partícipes de este proceso, se encuentran de forma simbiótica mientras que las bacterias productoras de ácido crean la atmósfera ideal para el desarrollo de las bacterias productoras de metano (condiciones anaerobias y compuestos con bajo peso molecular). Por el otro lado, los microorganismos productores de metano usan los ácidos producidos por las bacterias; que si no fueran consumidos crearían condiciones tóxicas para las acidogénicas. El proceso de fermentación es realizado por un grupo de bacterias que

actúan en conjunto. Sin ser posible que alguna de ellas independientemente lleve a cabo todo el proceso (Varnero 2011).

e. Factores a considerar en el proceso digestión

i. Materia prima: Se utiliza cualquier biomasa residual que posea un alto contenido en humedad (Lorenzo y Obaya 2005), residuos orgánicos de origen vegetal, animal, agroindustrial, forestal, doméstico u otros. Las características bioquímicas deben permitir el desarrollo y la actividad microbiana del sistema anaeróbico. El proceso microbiológico requiere de fuentes de carbono, nitrógeno, también deben estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales azufre (S), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), zinc (Zn), cobalto (Co), selenio (Se), tungsteno (Tg) y níquel (Ni) (Varnero 2011).

Los materiales que se pueden usar para la generación de metano son muy diversos:

Residuos de cosechas: Hierbas acompañantes, paja, rastrojo de maíz y otros cultivos, forraje deteriorado.

Restos de origen animal: residuos de establos (estiércol, orina, paja de camas), camas de ponedoras, boñigas (estiércol) de cabras y ovejas, desperdicios de matadero (sangre, vísceras), desperdicios de pesca, restos de lana y cuero.

Residuos de origen humano: basura, heces, orina.

Residuos agroindustriales: bagazo, salvado de arroz, y desechos de tabaco y semillas, desperdicios del procesamiento de hortalizas y frutas.

Mantillo forestal: ramitas, hojas, cortezas, ramas.

Restos de plantas acuáticas: algas marinas (Carrillo 2004).

ii. Temperatura: Es uno de los factores más importantes que afectan la actividad microbiana dentro de un digestor anaeróbico (Gerardi 2003). La gama de temperatura para la digestión anaeróbica varía entre 10 y 60°C (Carrillo 2004). Sin embargo, las dos zonas óptimas son la mesófila (30-40°C) y la termófila (45-60°C). Casi todos los digestores funcionan dentro de los límites de temperaturas mesofílicas y la digestión óptima se obtiene a unos 35°C.

La velocidad de digestión a temperaturas superiores a 45°C es mayor. Sin embargo, dentro de esta gama de temperaturas, las bacterias son sumamente sensibles a los cambios ambientales y el mantenimiento de estas temperaturas elevadas resulta costoso y a veces difícil (Carrillo 2004).

iii. pH: Óptimo para cultivos se encuentra en el rango entre 6.8 y 7.4, siendo el pH neutro el ideal (Varnero 2011). Asegura una mejor asimilabilidad de los diferentes nutrientes, especialmente fósforo y micronutrientes. (Martí 2008).

2.3.2. Beneficios de su utilización

Es un biofactor que promueve el crecimiento en la zona trofógena de los vegetales por un incremento apreciable del área foliar efectiva, abonan los suelos y le dan los nutrientes necesarios para que las plantas crezcan y desarrollen, mejorando las características biológicas, químicas y físicas del suelo en especial de los cultivos anuales y semiperennes como la alfalfa (Medina, 1992).

Desempeña un papel importante como fuente de nutrientes para la producción de cultivos, debido a que contiene nutrientes en una forma fácilmente disponible en comparación con el estiércol, son fácilmente disponibles (especialmente nitrógeno), lo que significa que puede tener un mayor efecto en la fertilización en un corto plazo. (Medina 1992).

Siendo el bioabono una fuente orgánica de fitoreguladores en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, favoreciendo el enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose esto en un incremento significativo de la producción de biomasa vegetal (Varnero 2011).

El incremento notable en el sistema radicular es por efecto de la tiamina entre otros componentes; en la composición del biol se encuentran diversos y valiosos precursores hormonales, aunque también ciertos represores como la metionina entre otros. (Medina 1992).

Además, puede ser utilizada para las siguientes aplicaciones:

Tratar las semillas y obtener una más alta germinación, resistencia a las enfermedades, mejores rendimientos y, mejor coloración de frutas y vegetales.

Aumentar el valor alimenticio del forraje con bajo valor proteínico.

Incrementar la disponibilidad de nutrientes para la microflora del suelo, tal como los organismos de fijación de nitrógeno u organismos solubilizantes de fósforo (Warnars y Oppenoorth 2014).

2.3.3. Formas de aplicación:

El biol puede ser aplicado directamente al suelo, a las hojas de los cultivos, o con el agua de riego (Colque, et al. 2005, INIA 2005, Piamonte 2009). Las aplicaciones de biol al suelo, o alrededor del tallo de las plantas, en una dilución de 10 a 30% son recomendadas para obtener resultados más duraderos buscando estimular la recuperación de la fertilidad de los suelos (Piamonte y Flores 2000, Piamonte 2009).

La incorporación inmediata al suelo ayuda a reducir las pérdidas, de Nitrógeno, las pérdidas de este elemento durante y después de la aplicación es alto, puesto que el amonio puede volatilizarse fácilmente. (Benzing 2001).

Los beneficios y propuestas para el uso del biol antes mencionados, han sido motivo de diversas investigaciones, a continuación, se presentan algunos resultados:

El trabajo de investigación realizado por Barrios (2001), evaluó la aplicación foliar de seis concentraciones de biol (10%, 20%, 40%, 80% y 100%) y la aplicación de biol al suelo (100%), sobre la producción y calidad del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Bush Blue Lake 47. Los resultados mostraron que no se encontraron diferencias estadísticas significativas para el rendimiento total y los parámetros de calidad (longitud, diámetro y peso promedio de fruto). Sin embargo, las aplicaciones de biol al suelo y vía foliar (100%) lograron incrementar hasta en un 12 % el rendimiento en comparación con el testigo.

Wong y Jimenez (2009), al investigar la aplicación de biofertilizantes líquidos a plantas de algarrobo (*Prosopis juliflora*) en vivero, encontraron resultados significativos para las variables altura de planta y número de hojas. Además, observaron que el tiempo de permanencia de las plántulas en fase de vivero disminuyó considerablemente de un promedio de 4 meses a 37 días solamente.

2.4. Antecedentes de la investigación

Fueron diseñados diversos estudios investigativos en los cuales elaboraron biol a base de residuos de pescado en diversas composiciones y componentes diferentes los cuales fueron aplicados observando su eficiencia.

Al respecto Rendón (2013) expone que para el abono orgánico tipo biol elaborado a partir de estiércol de codorniz y un enriquecimiento con alfalfa y roca fosfórica, a la cual se le adicionó una cierta cantidad de leche, levadura, ceniza de leña, melaza, humus y harina de pescado, los análisis químicos y en la evaluación del pH, temperatura, C.E y micro-elementos K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn de cada muestra; el tratamiento para nitrógeno en T12 se eligió como el mejor tratamiento con un 4.40% y para el fósforo, el que presentó mejores resultados fue el T11 con un valor de 0.319 %. De forma consecuente, en la finalización de fermentación del biol observó una reducción de pH 10 al inicio a rango de 6.70 a 7.15 alcanzando la neutralidad (p.10).

García y Pinto (2015), mencionan que para conseguir una hortaliza de calidad se requiere una fertilización nitrogenada equilibrada. El objetivo fue establecer una alternativa orgánica de la misma para la lechuga, sin reducir su calidad final y generando un cambio en las alternativas químicas de uso diario en la agricultura agroecológica, la cual debe conservar sus propiedades sin dañar al consumidor o al entorno. Persiguiendo este fin empleó 3 fertilizantes orgánicos, 1 biol de pescado, bocashi y 1 supermagro seco, realizando una equiparación entre los fertilizantes químicos convencionales y el testigo. Las diferencias se encontraron diámetro y número de hojas además de materia seca. La alternativa orgánica es eficiente compitiendo a la par con la química tradicional mejorando la calidad y el rendimiento. El análisis nutricional de la alternativa orgánica evidenció que mejora la calidad integral de las plantas y a su vez del suelo, aprontando así el desarrollo del crecimiento de los microorganismos necesarios para el correcto funcionamiento del hábitat.

Campoverde y Castillo (2015) tuvieron como objetivo la elaboración de un abono orgánico para posteriormente implementarlo en una empresa fabricante y comercializadora del mismo, este proceso requirió una base a partir de restos de pescado el cual fue obtenido del sector agrícola en la Provincia del Guayas; siendo parte de un proyecto de innovación, se partió de ahí porque traerá beneficios grandes al mercado campesino aportando beneficios productivos en materia de fertilizantes. Los autores concluyeron que

las encuestas detallan que el 96% de la muestra indica que emplear dicho abono en sus faenas traerá consigo mejoras en la producción agrícola y el equilibrio de microorganismos en el suelo, siendo un 78% de la muestra de agricultores los que afirman que sin duda emplearían dicho fertilizante por entender sus propiedades.

Males (2015) presentó como objetivo principal la evaluación del comportamiento agronómico de 4 variedades de lechuga, empleando para ello la observación en 2 distanciamientos de siembra, identificando el híbrido más productivo, estableciendo densidades del sembrío, y finalmente la siembra de mayor calidad para ser cultivada y analizada para tratamientos. Persiguiendo este fin empleó el DBCA, con arreglo factorial para 8 tratamientos y 2 repeticiones por cada uno. La muestra comprendió 861m², en las cuales se evaluaron prendimiento, altura, ancho de hojas, longitud de hojas, peso de repollo, rendimiento kg/ha. en el campo y finalmente el análisis económico. Se sometió el resultado al análisis de varianza, y la prueba de Tukey al nivel 0,05 de significancia equiparando los tratamientos y estableciendo diferencias claves, arrojando que La Romana Verdi fue la que mejor resultado mostró por su rendimiento y con un distanciamiento de 30 x 40cm., presentando el mejor resultado económico con un margen de utilidad del 566%.

Díaz (2017), tuvo como objetivo diseñar la propuesta de implementar un método que contribuya a la mejora del cultivo sin favorecer a la polinización, para lo cual hizo uso de biol y su experimento se ejecutó sobre alfalfa. Persiguiendo este fin empleó: estiércol de vacuno, suero de leche, agua, chancaca, sulfato de cobre, sulfato de magnesio, sulfato de zinc, clorato de calcio, bórax como base, dejando a las vísceras de pollo y de pescado como composición secundaria. El autor concluyó que el tratamiento que contenía mayor concentración (T2): 7.5 cc/l., por unidad de área, observándose un mejor desarrollo con una altura de 90 cm., siendo observada como la mayor entre todos los tratamientos evaluados, asimismo, se incrementó en el rendimiento en 2.63 kg cuando la base era fresca y 2.65% cuando la base usada fue seca (pp. 9, 71)

Cando y Malca (2016), argumenta que existen desechos recuperables en lo que se refiere a la ganadería los cuales abarcan el estiércol, follaje, pseudo tallos y residuos de pescado; estos al no considerarse como productos, son de fácil acceso y de baja adquisición económica. Persiguiendo el fin de elaborar un fertilizante orgánico que demuestre eficiencia, los autores evaluaron el bio-reactor buscando establecer su funcionalidad para la elaboración de esta alternativa eco sostenible. Así mismo, observaron que en base a P el valor mostró 7,6 g/kg., mientras que para el hierro el valor fue de 63,3 mg/kg. Los autores dividieron en fases y en dos componentes su ejecución: el primero fue el sólido o también denominado biosol (lodo), mientras que el segundo es líquido o también definido como biol (el de menor costo), logrando visualizar sus resultados sin incrementar la polución en las aguas o zonas aledañas correspondientes a otros cultivos y hábitats necesarias para el correcto desarrollo del planeta. Finalmente, los autores concluyeron que esta alternativa ecoeficiente contribuye en múltiples mejoras no requiriendo de complementarse con productos químicos (p. 35).

Delgado (2018), tuvo la finalidad de elaborar abono orgánico a partir de vísceras de pescado para cultivos agrícolas, para lograr dicho estudio se planteó determinar la cantidad adecuada de vísceras, agua y levadura, la temperatura y pH adecuados en el biodigestor y el tipo de vísceras para la elaboración del abono orgánico. Para elaborar abono orgánico a partir de vísceras de pescado estudió dos tipos de vísceras (trucha y jurel), los cuales fueron en proporciones de 75%, 65% y 50% mezclados con agua en proporción de 25%, 35% y 50% respectivamente. Para el caso de la levadura se probaron tres porcentajes de adición de la misma, siendo estas de 0.6%, 0.7% y 0.8%: siendo el que presentó mejores resultados 75% de vísceras y 25% de agua, con un porcentaje de 0.7 de levadura. Para la adición de azúcar y estiércol se consideró un porcentaje de 3% y 3.5% respectivamente del peso total de la mezcla, siendo la misma cantidad para todas las unidades de estudio. Concluye que con la elaboración de abono orgánico a partir de vísceras de pescado no solo se da un uso efectivo a los residuos generados en la pesca y acuicultura

evitando que se contamine el medio ambiente, sino que también se da una alternativa de solución a otro problema que aqueja desde hace mucho tiempo a la agricultura, siendo esta la degradación de las tierras agrícolas por el uso desmedido de fertilizantes químicos. (p. 87)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación, por el enfoque es de tipo cuantitativo, los resultados, análisis y conclusiones se obtuvieron a partir de los datos obtenidos mediante observación directa empleando instrumentos de medición cuantitativos.

Según el alcance es de tipo experimental, toda vez que se manipula la variable independiente (fertilidad del suelo) para observar los efectos en las variables dependientes (características agronómicas y rendimiento).

Según la temporalidad, la investigación es de tipo longitudinal, toda vez que los datos registrados se hicieron en un periodo de cultivo, sin comparar con otros periodos.

3.2. Materiales empleados

3.2.1. Material vegetal

El material vegetal que se utilizó en el presente trabajo de investigación es la variedad ELBA.

3.2.2. Equipos y herramientas de campo

Azadón,	Hacha,
Machete,	Pala,
Rastrillo,	Barreno,
Desbrozadora (rozadora),	Regaderas
Estacas,	Mochila pulverizadora (cap. 20 L.),
Biodigestor	Motocultor
Cinta métrica	Flexómetro
Sistema de posicionamiento global (GPS)	

3.2.3. Materiales de escritorio

Bolígrafos	Calculadora,
Libreta de campo	Cámara fotográfica
Impresora	Computadora portátil
Tinta para impresora	Papel bond

3.3. Métodos empleados

En esta investigación se empleó el método experimental para poder evaluar y el rendimiento y cuantificar las variables en el manejo agronómico del cultivo de lechuga, están constituidas por las siguientes etapas:

3.3.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en la propiedad privada del señor: Remigio Aguada, ubicada en la comunidad "El Sujal", cuya jurisdicción es:

Municipio	:	Cobija
Provincia	:	Nicolás Suárez
Departamento	:	Pando

Las coordenadas (UTM) del área de estudio son las siguientes:

X	:	521285
Y	:	8772960

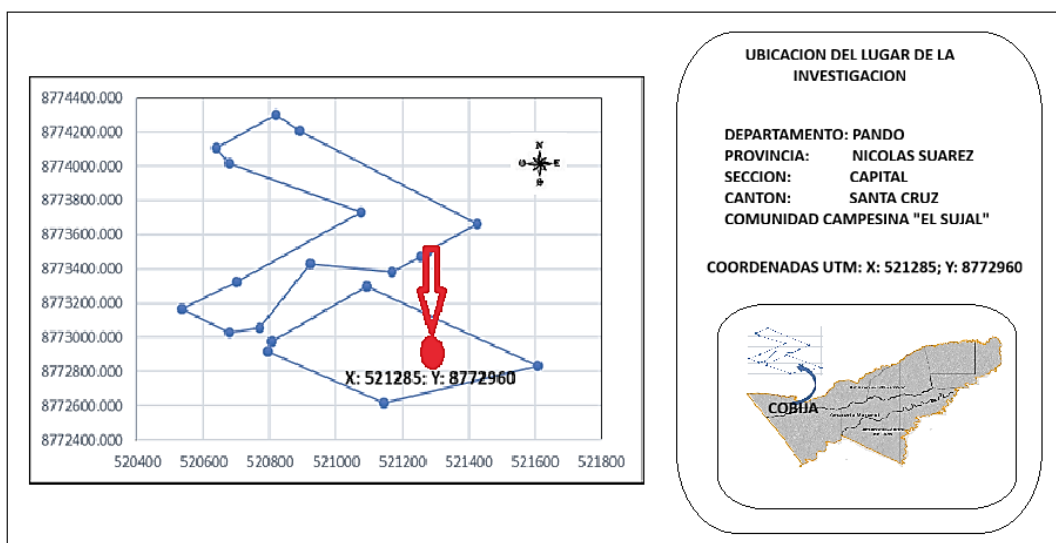


Figura 1. Ubicación de la comunidad El Sujal

3.3.2. Trabajo de campo

a. Preparación de abono orgánico

La preparación del abono orgánico se realizó en un biodigestor para que a través de la fermentación anaeróbica del estiércol de ganado vacuno se obtuvo el abono orgánico maduro (BIOL) para su aplicación en el cultivo.

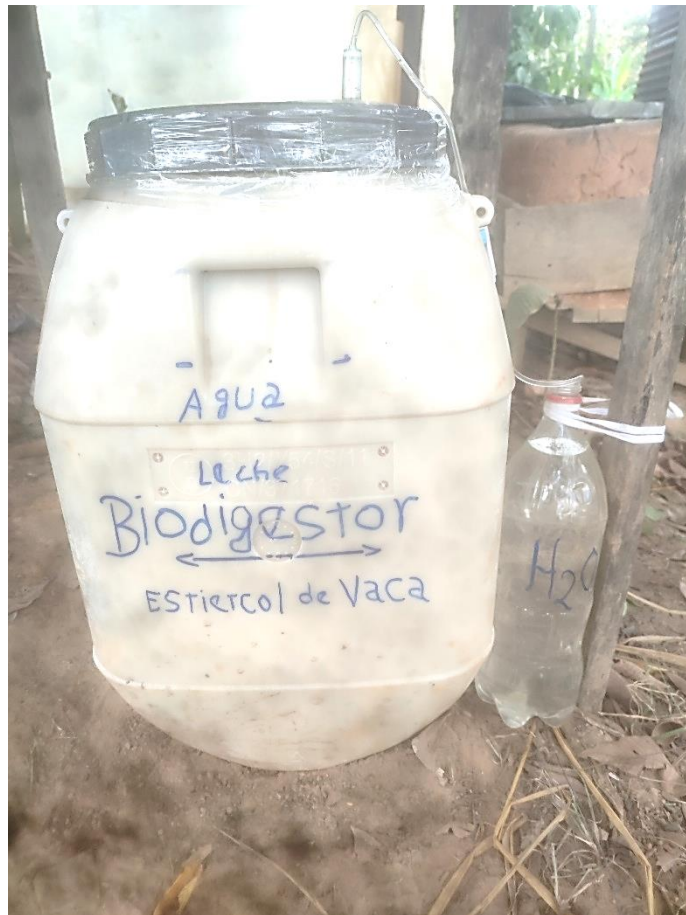


Figura 2. Biodigestor empleado

En fecha 28 de julio de 2024 se realizó el proceso de elaboración del bioabono mediante la fermentación anaeróbica, tomando en cuenta las condiciones climáticas favorables del lugar, así mismo se determinó la

madurez del mismo mediante la observación directa en la salida de gases, en un lapso de 7 días para obtener el BIOL parte líquida. Para lo cual se utilizaron los siguientes insumos y equipos:

- 1 biodigestor de 60 L. de capacidad
- 30 kg. De estiércol de ganado vacuno
- 100 gr de levadura
- 2 L. Leche de vaca
- 2 L. de chicha fermentada
- 20 litros de agua

En el presente trabajo de investigación se utilizó 2.88 L. de Biol por tratamientos y 0.72 L. por unidad experimental, tomando en cuenta que la dosis de Biol por hectárea está entre los 400 a 800 L., la dosis para el presente trabajo de investigación se tomó como referencia la dosificación menor 400 L./ha.

Tabla 2

Dosis de abono orgánico (Biol)

TRATAMIENTOS	DOSIS 0.360 L./U.E.		DOSIS 1.440 L./TRATAMIENTO		DOSIS POR HA. 400 L.	
	BIOL	H2O	BIOL	H2O	BIOL	H2O
0%	0	0	0	0	0	0
20%	0.072	0.288	0.288	1.152	80	320
40%	0.144	0.216	0.576	0.864	160	240
60%	0.216	0.144	0.864	0.576	240	160
80%	0.288	0.072	1.152	0.288	320	80

Fuente: Elaboración propia

b. Preparación y limpieza del terreno

Se procedió a realizar la limpieza del terreno con la ayuda machetes, hacha y una desbrozadora (rozadora) y luego fue removida el suelo con la ayuda de un azadón, picota y motocultor, posteriormente se realizó la nivelación y demarcación del terreno con una superficie total de 270 m² (área de estudio).

Una vez preparado el terreno se tomó una muestra de suelo que fue enviado al laboratorio de suelos del ACBN – UAP para su respectivo análisis físico químico de suelos, que se muestra en el Anexo N° 03.



Figura 3. Preparación del terreno

c. Preparación de almaciguera

Se construyó una bandeja de madera de 100 por 160 cm y una altura de 20 cm, el sustrato que se utilizó tuvo una relación de 4 partes de arena fina de río, 4 partes de turba, 2 partes aserrín no descompuesto. La siembra se realizó a 0,5 cm de profundidad utilizando una regla para hacer el marcado y separándolos entre líneas de 5 cm y 1 cm entre semilla y semilla.



Figura 4. Almaciguera

d. Trasplante

El trasplante se realizó cuando la planta alcanzó el tamaño adecuado de aproximadamente 5 cm., con la finalidad para que las raicillas tengan el

menor daño posible, antes del trasplante se procedió a regar el semillero unos días antes para facilitar el arranque de las plantas.



Figura 5. Trasplante a las unidades experimentales

e. Dosificación y aplicación de abono orgánico

El abono orgánico (BIOL) se aplicó por aspersión al follaje parte aérea de la planta en dos oportunidades, la primera cuando las plantas tenían aproximadamente 15 cm de altura entre 4 a 6 hojas verdaderas y la segunda aplicación a los 15 días después de la primera aplicación, utilizando una mochila aspersor de capacidad de 20 litros, con una dosificación de 400 litros por hectárea diluido en agua de acuerdo a las proporciones establecidas en los tratamientos 0%, 20%, 40%, 60% y 80%.

f. Riego

Se realizó el riego por surcos, el mismo que permita que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial, para evitar podredumbres del cuello de la planta.

g. Control de malezas

Esta práctica se realizó de forma mecánica con la ayuda de un azadón de acuerdo al índice de infestación del cultivo.

h. Control de plagas y enfermedades

No fue necesario porque no se presentaron plagas ni enfermedades.

i. Cosecha

Se realizó cuando las plantas alcanzaron su mayor tamaño, esto es aproximadamente a los 60 días, se procedió realizando un corte en el cuello de la planta sobre el nivel del suelo (cuello de la planta entre el sistema radicular y el tallo)

3.4. Métodos de recolección de datos

El presente trabajo de investigación se enmarcó en los métodos de investigación descriptiva e interpretativa.

a. Días a la emergencia

Se tomó en cuenta desde la siembra hasta la aparición de los cotiledones (hojas falsas).

b. Días al trasplante

Se tomará en cuenta desde la siembra hasta que las plántulas alcanzaron una altura de 5 cm.

c. Altura de la planta

La altura de la planta se midió con una regla en centímetros en cada de unidad experimental tomando en cuenta desde la base de la planta (cuello) hasta la parte superior de las hojas (ápice), cuando las plantas alcanzaron su mayor tamaño, actividad previa a la cosecha.



Figura 6. Medición altura de planta

d. Identificación de plagas y enfermedades

Se identificaron las plagas y enfermedades que se presentaron durante la investigación.

e. Días a la cosecha

Cuando la lechuga alcanzó su mayor tamaño, esto aproximadamente a los 60 días después de la siembra.

f. Rendimiento kg/ha

Para determinar el rendimiento después de la cosecha se tomaron en cuenta las plantas del área útil de cada tratamiento para el pesado en fresco que se expresó en kg/ha.



Figura 7. Pesado de lechuga

3.5. Diseño experimental

Se empleó el diseño experimental de bloques al azar (DBCA) con las siguientes características:

Tratamientos	5 (dosis de biol)
Repeticiones o bloques	4
N° de unidades experimentales	20
N° de surcos por unidad experimental	6
Tamaño de la unidad experimental	9 m ² (5 m x 1,8 m)
Distancia entre plantas	0,2 m
Distancia entre surcos	0,3 m
Área útil de cada unidad experimental	4.8 m ² (1.2 m x 4.0 m)
Área efectiva del experimento	180 m ²

Área total del experimento	270 m ²
Croquis de campo	Anexo 1

3.5.1. Modelo lineal

El modelo lineal adoptado es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + B_j + T_i + \varepsilon$$

Donde:

μ = media general

B_j = efecto del j-esimo bloque o repetición

T_i = Efecto de i-ésimo tratamiento o variedad de lechuga

ε = Error experimental

3.5.2. Análisis e interpretación de resultados

Los resultados del trabajo de campo fueron registrados en las planillas de datos que se muestran en el anexo 2

Los mismos fueron transcritos en una hoja electrónica Excel

Posteriormente fueron importados al paquete estadístico SPSS, con el cual se realizaron el análisis de varianza y la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

4. RESULTADOS

4.1. Ciclo productivo

La siembra se realizó el 13 de agosto del año 2024, la emergencia se produjo en fecha 21 de agosto, el trasplante se realizó el 9 de septiembre y la cosecha se efectuó el 27 de octubre.

Tabla 3

Características del ciclo productivo

Descripción	Fechas	Días transcurridos
Siembra	13/08/2024	
Emergencia	21/08/2024	8
Trasplante	9/09/2024	26
Cosecha	27/10/2024	75

En resumen, los días a la emergencia fueron de 8, hasta el trasplante 26 días y hasta la cosecha 75 días.

4.2. Altura de planta

La altura de planta promedio fue de 27.7 cm y varió desde 26.1 cm en el testigo hasta 29.7 cm con la máxima dosis de biol (80%).

Tabla 4

Altura de planta (cm)

Dosis de Biol	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
Testigo	26.2	25.5	26.0	26.6	26.1
20%	26.4	26.0	26.6	27.4	26.6
40%	28.2	28.7	28.0	28.0	28.2
60%	28.8	27.5	28.2	27.1	27.9
80%	29.5	29.9	29.4	30.0	29.7
Promedio	27.8	27.5	27.6	27.8	27.7

Sometidos los resultados al análisis de varianza al 5% de probabilidad de error, no se observa diferencias significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos.

Tabla 5

Análisis de varianza altura de planta

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	F α
Repeticiones	0.324	3	0.108	0.36	3.49
Tratamientos	32.665	4	8.166	26.99	3.26
Error	3.631	12	0.303		
Total	36.620	19			

La comparación de los promedios mediante la prueba múltiple de Duncan indica que la dosis de 80% de biol permitió obtener la mayor altura de planta, estadísticamente superior a los demás tratamientos y el testigo, que a su vez fue estadísticamente igual a la dosis 20% de biol.

Tabla 6

Prueba de Duncan altura de planta

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos
Testigo	26.1
20% biol	26.6
60% biol	27.9
40% biol	28.2
80% biol	29.7

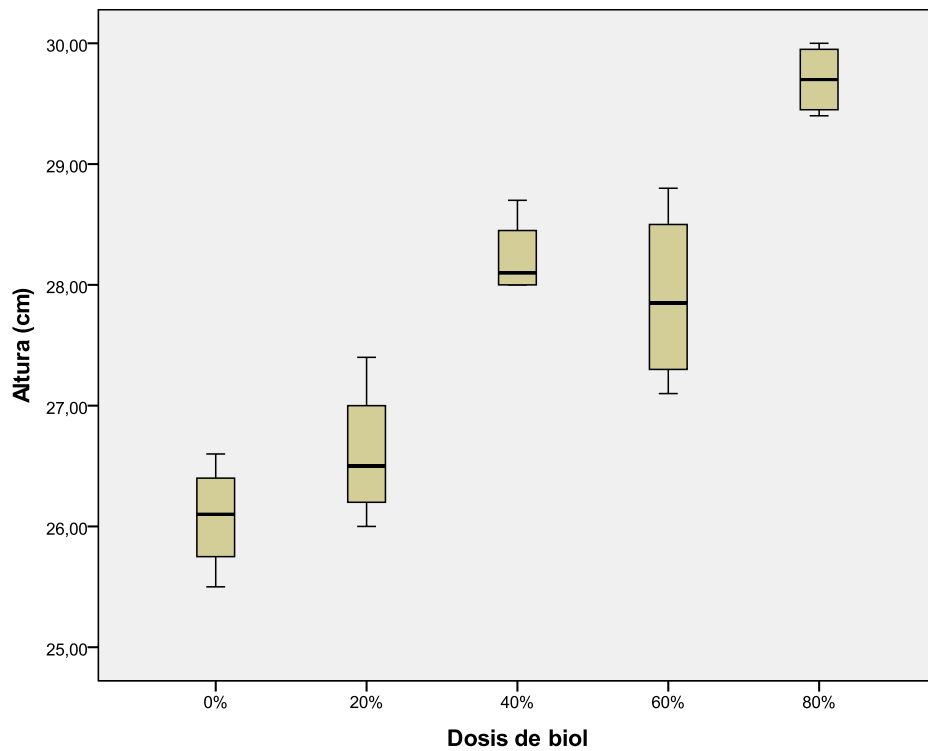


Figura 8. Prueba de Duncan para altura de planta

4.3. Ancho de hoja

El ancho de hoja promedio fue de 7.90 cm y varió desde 7.41 cm en el testigo hasta 8.57 cm con la máxima dosis de biol (80%).

Tabla 7

Ancho de hoja (cm)

Dosis de Biol	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
Testigo	7.45	7.25	7.39	7.56	7.41
20%	7.51	8.16	8.02	7.79	7.87
40%	8.19	7.39	7.56	7.70	7.71
60%	8.02	7.82	7.96	7.96	7.94
80%	8.49	8.50	8.56	8.73	8.57
Promedio	7.93	7.82	7.90	7.95	7.90

Sometidos los resultados al análisis de varianza al 5% de probabilidad de error, se observa diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos.

Tabla 8

Análisis de varianza ancho de hoja

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	F α
Repeticiones	0.046	3	0.015	0.28	3.49
Tratamientos	2.901	4	0.725	13.16	3.26
Error	0.661	12	0.055		
Total	3.607	19			

La comparación de los promedios mediante la prueba múltiple de Duncan indica que la dosis de 80% de biol permitió obtener el mayor ancho de hoja, estadísticamente superior a los demás tratamientos y el testigo, que a su vez fue estadísticamente igual a la dosis 20% de biol.

Tabla 9

Prueba de Duncan ancho de hoja

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos	
Testigo	7.41	
40% biol	7.71	7.71
20% biol	7.87	
60% biol	7.94	
80% biol	8.57	

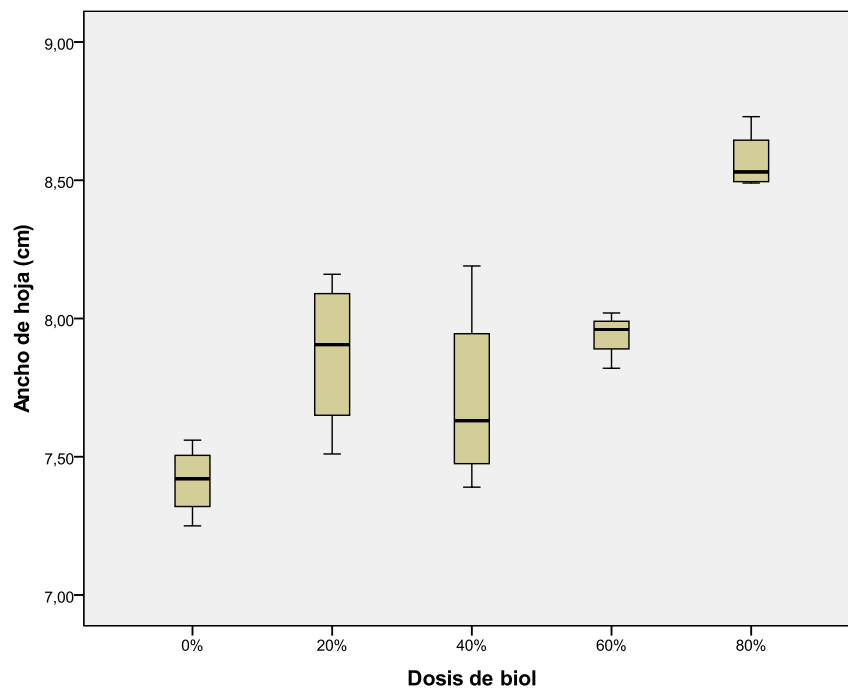


Figura 9. Prueba de Duncan para ancho de hoja

4.4. Número de hojas por planta

El número de hojas por planta promedio fue de 15.81 y varió desde 15.60 en el testigo hasta 16.10 con la máxima dosis de biol (80%).

Tabla 10

Número de hojas por planta

Dosis de Biol	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
Testigo	14.90	15.00	16.40	16.10	15.60
20%	17.00	14.50	16.30	14.80	15.65
40%	15.70	17.00	14.80	16.10	15.90
60%	15.10	15.90	17.10	15.10	15.80
80%	15.60	15.40	15.90	17.50	16.10
Promedio	15.66	15.56	16.10	15.92	15.81

Sometidos los resultados al análisis de varianza al 5% de probabilidad de error, se observa diferencias no significativas entre repeticiones y ni entre los tratamientos. Por lo que no hubo necesidad de someter los promedios a la prueba múltiple de Duncan.

Tabla 11

Análisis de varianza para el número de hojas por planta

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	F α
Repeticiones	0.906	3	0.302	0.28	3.49
Tratamientos	0.648	4	0.162	0.15	3.26
Error	13.044	12	1.087		
Total	14.598	19			

4.5. Peso de lechuga

El peso de lechuga promedio fue de 84.2 gramos y varió desde 74.4 gramos en el testigo hasta 95.5 gramos con la máxima dosis de biol (80%).

Tabla 12

Peso de lechuga (gramos)

Dosis de Biol	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
Testigo	74.8	72.7	74.2	76.0	74.4
20%	78.4	81.2	78.0	81.5	79.8
40%	87.7	83.8	85.9	82.5	85.0
60%	85.9	88.4	85.3	85.3	86.2
80%	94.9	96.1	94.5	96.4	95.5
Promedio	84.3	84.4	83.6	84.3	84.2

Sometidos los resultados al análisis de varianza al 5% de probabilidad de error, se observa diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos.

Tabla 13

Análisis de varianza para peso de lechuga

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	F α
Repeticiones	2.39	3	0.80	0.25	3.49
Tratamientos	987.82	4	246.96	77.65	3.26
Error	38.16	12	3.18		
Total	1028.38	19			

La comparación de los promedios mediante la prueba múltiple de Duncan indica que la dosis de 80% de biol permitió obtener la mayor altura de planta, estadísticamente superior a los demás tratamientos y el testigo, que a su vez fue estadísticamente igual a la dosis 20% de biol.

Tabla 14

Prueba de Duncan peso de lechuga

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos
Testigo (0%)	74.4
20% biol	79.8
40% biol	85.0
60% biol	86.2
80% biol	95.5

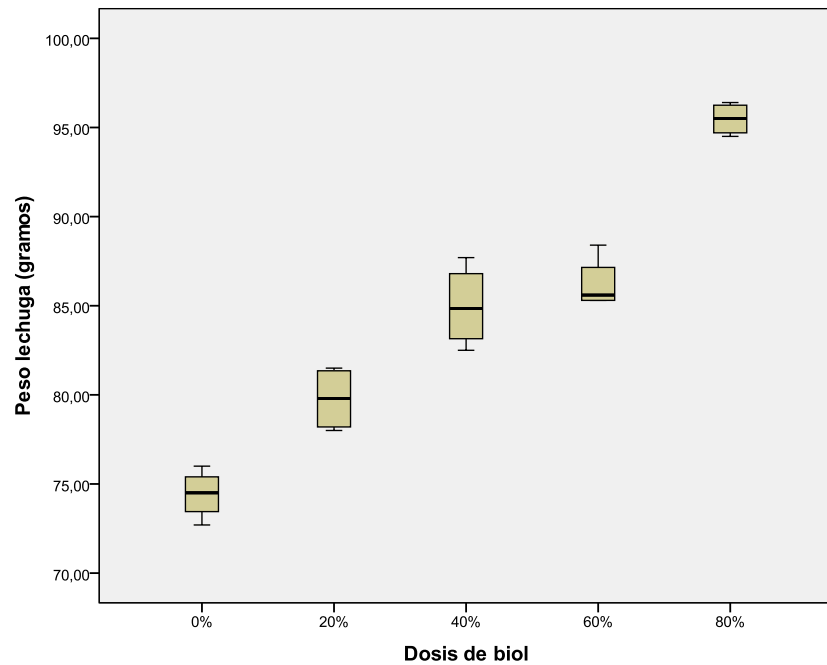


Figura 10. Prueba de Duncan para peso de lechuga

4.6. Rendimiento

El rendimiento de lechuga promedio fue de 6.80 kg/unidad experimental y varió desde 5.96kg/unidad experimental en el testigo hasta 7.64 kg/unidad experimental con la máxima dosis de biol (80%).

Tabla 15

Rendimiento de lechuga (kg/unidad experimental)

Dosis de Biol	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
Testigo	5.98	5.34	5.94	6.56	5.96
20%	6.75	6.50	5.76	6.52	6.38
40%	7.50	6.22	6.87	6.60	6.80
60%	7.17	7.85	6.64	7.14	7.20
80%	7.59	8.17	7.08	7.71	7.64
Promedio	7.00	6.82	6.46	6.91	6.80

Para una mejor interpretación los resultados se expresaron en toneladas por hectárea, dividiendo los valores anteriores en 4.8 considerando la superficie del área a evaluar por unidad experimental luego multiplicando por 10 mil metros cuadrados que tiene la hectárea y finalmente dividiendo en 1000 que tiene una tonelada; obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 16

Rendimiento de lechuga (tn/ha)

Dosis de 14Biol	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
Testigo	12.46	11.13	12.38	13.67	12.41
20%	14.06	13.54	12.00	13.58	13.30
40%	15.63	12.96	14.31	13.75	14.16
60%	14.94	16.35	13.83	14.88	15.00
80%	15.81	17.02	14.75	16.06	15.91
Promedio	14.58	14.20	13.45	14.39	14.16

Sometidos los resultados al análisis de varianza al 5% de probabilidad de error, se observa diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos.

Tabla 17

Análisis de varianza rendimiento de lechuga en tn/ha

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	F α
Repeticiones	3.642	3	1.214	1.26	3.49
Tratamientos	30.315	4	7.579	7.84	3.26
Error	11.602	12	0.967		
Total	45.559	19			

La comparación de los promedios mediante la prueba múltiple de Duncan indica que la dosis de 80% de biol permitió obtener el mayor rendimiento de lechuga, estadísticamente superior a los demás tratamientos y el testigo, que a su vez fue estadísticamente igual a la dosis 20% de biol.

Tabla 18

Prueba de Duncan para el rendimiento (tn/ha)

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos	
Testigo	12.41	
20% biol	13.30	13.30
40% biol		14.16
60% biol		15.00
80% biol		15.91

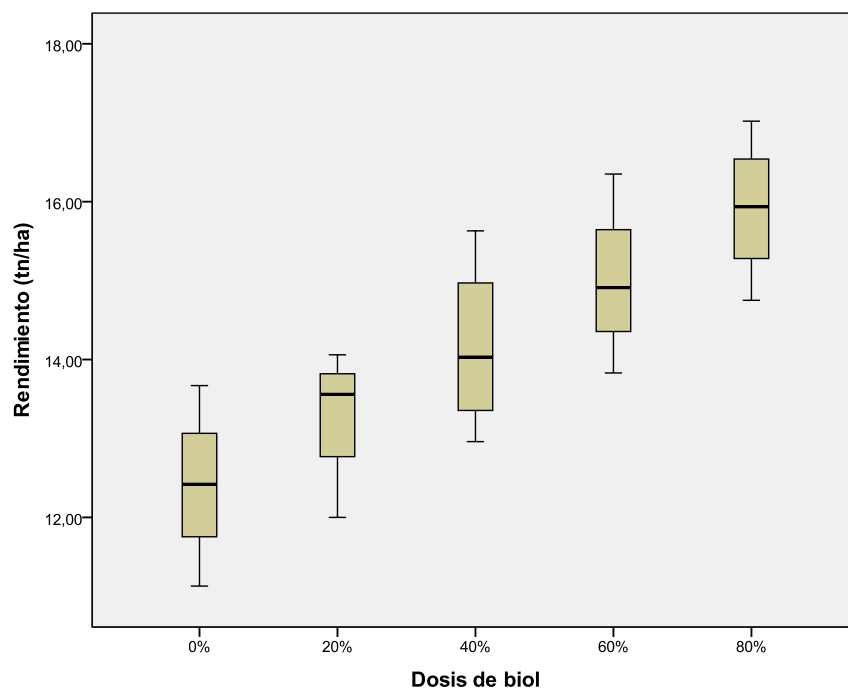


Figura 11. Prueba de Duncan para rendimiento (tn/ha)

4.7. Plagas y enfermedades

Considerando la época del año (agosto a octubre) cuando la precipitación pluvial es escasa y la vegetación circundante está relativamente seca, no se registró el ataque de insectos ni enfermedades.

5. DISCUSIÓN

5.1. Ciclo productivo

En la presente investigación, los días a la emergencia fueron 8, hasta el trasplante 26 días y hasta la cosecha 75 días.

Al respecto, Cruz 2024 en una investigación titulada “Rendimiento productivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.), con abono orgánico aserrín descompuesto, en el (CINTA-UAP)”, menciona que a los 13 días después de la siembra se trasplantó a las platabandas, donde permaneció 40 días hasta la cosecha, haciendo un total de 60 días.

Por su parte, Salinas (2013) en una investigación titulada “introducción de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) En el barrio Santa Fe de la parroquia Atahualpa en el cantón Ambato (Ecuador) menciona que los días al trasplante fueron variaron desde 26 hasta 31 con un promedio de 28,8 días. Mientras que los días transcurridos hasta la cosecha van desde 72 hasta 83 y un promedio general de 77,1 días.

En consecuencia, es posible concluir que los resultados obtenidos en la presente investigación son superiores a los obtenidos por Cruz (2024) debido a la diferencia de la variedad y; se enmarcan en los rangos de tiempo obtenidos por Salinas (2013).

5.2. Características morfológicas

En la presente investigación, la altura de planta promedio fue de 27.7 cm y varió desde 26.1 cm hasta 29.7 cm. La dosis de 80% de biol permitió obtener la mayor altura de planta, estadísticamente superior a los demás tratamientos y el testigo, que a su vez fue estadísticamente igual a la dosis 20% de biol.

Al respecto, su parte Cruz (2024) afirma que el promedio de la altura de planta a la cosecha fue de 20,88 cm y varió desde 20,05 cm en la variedad Jade hasta 21,93 cm en la variedad Psique.

Por su parte, Lique (2020) en una investigación titulada “Evaluación de la producción de lechuga crespa (*Lactuca sativa*) con aplicación de dos niveles

de estiércol de ovino en ambiente atemperado en la localidad de Patacamaya”, el tratamiento 6 kg estiércol, alcanzo un promedio altura de 31,56 cm y en el testigo 30 cm; sin embargo, no se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos; por lo que esta variable no fue influenciada por las dosis de estiércol bovino.

Comparando los resultados de la presente investigación con los obtenidos en otras investigaciones, es posible afirmar que las mismas están entre los rangos obtenidos por la bibliografía, las diferencias se deben a la variedad empleada y a las condiciones climáticas en particular con Lique (2020).

En la presente investigación, el ancho de hoja promedio fue de 7.90 cm y varió desde 7.41 cm hasta 8.57 cm; la dosis de 80% de biol permitió obtener el mayor ancho de hoja, estadísticamente superior a los demás tratamientos y el testigo, que a su vez fue estadísticamente igual a la dosis 20% y 40% de biol.

Al respecto, Cruz (2024) afirma que el ancho de hoja presentó un promedio de 7,75 cm y varió de 7,55 cm en la variedad Jade hasta 7,90 cm en la variedad Psique. Además, menciona que no se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos.

Comparando los resultados de la presente investigación con lo mencionado por Cruz (2024) son bastante similares.

5.3. Características agronómicas

En la presente investigación, el número de hojas por planta promedio fue de 15.81 y varió desde 15.60 en el testigo hasta 16.10 con la máxima dosis de biol (80%). Sometidos los resultados al análisis de varianza, se observa V puede observar el T1 (6 kg/surco) alcanzo un promedio 16.67 hojas; el Testigo alcanzo un promedio de 15.67 hojas con un promedio general de 15.11 hojas. En su investigación tampoco observó diferencia estadística significativa entre las dosis de estiércol ovino.

Por lo que se concluye que los fertilizantes aplicados al cultivo de lechuga no influyen en el número de hojas por planta, debido a que es una característica determinada por factores hereditarios y no del medio.

En la presente investigación, el peso de lechuga promedio fue de 84.2 gramos y varió desde 74.4 hasta 95.5 gramos. La comparación de los promedios indica que la dosis de 80% de biol permitió obtener el mayor número de hojas por planta, estadísticamente superior a los demás tratamientos y el testigo, que a su vez fue estadísticamente igual a la dosis 20% de biol.

Al respecto Lique (2020), menciona que el mayor promedio fue de 118.11 g de peso de lechuga por la dosis 6 kg de estiércol bovino por surco, estadísticamente diferente a la dosis 3 kg y testigo que alcanzaron promedios de 72.44 g y 62.56 g respectivamente.

Por su parte, Cruz (2004) afirma que el peso de cada lechuga presentó un promedio de 291,9 gramos y varió de 273,9 gramos en la variedad Valentina hasta 324,2 gramos en la variedad Psique.

Los resultados de la presente investigación son similares a los obtenidos por Lique (2020) y relativamente inferiores a las obtenidas por Cruz (2024), esta diferencia es atribuible a la variedad.

5.4. Rendimiento.

En la presente investigación, el rendimiento promedio fue de 14.16 toneladas por hectárea y varió desde 12.41 hasta 15.91 toneladas por hectárea.

La comparación de los promedios mediante la prueba de Duncan indica que la dosis de 80% de biol permitió obtener el mayor rendimiento de lechuga, estadísticamente superior a los demás tratamientos y el testigo, que a su vez fue estadísticamente igual a la dosis 20% de biol.

Al respecto, Lique (2020) afirma que el mayor promedio fue de 2.01 Kg/m²(20.1 tn/ha) de rendimiento de lechuga en el tratamiento 6 kg de estiércol ovino por surco, contrariamente los sobrantes promedios se encuentran agrupados en la dosis 3 kg de estiércol ovino por surco y el testigo,

alcanzando promedios de 1.23 Kg/m²(12.3 tn/ha) y 1.06 Kg/m²(10.6 tn/ha) respectivamente.

Por su parte Inicio (2019) en una investigación titulada “Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L) variedad White Boston, en Cajamarca (Perú)” que el peso total osciló entre 1.85 kg/m² (18.5 tn/ha) en el testigo y 2.21 kg/m²(22.1 tn/ha) en el tratamiento con biol a 150 ml/20 litros de agua.

Comparando los resultados de la presente investigación con la bibliografía relativa al tema, permite afirmar que la fertilización de la lechuga incrementa el rendimiento de este cultivo; en consecuencia, la dosis de biol al 80% incrementó significativamente el rendimiento en el presente en las condiciones agroecológicas del municipio de Cobija del departamento Pando.

5.5. Plagas y enfermedades

En la presente investigación, considerando la época del año (agosto a octubre) cuando la precipitación pluvial es escasa y la vegetación circundante está relativamente seca, no se registró el ataque de insectos ni enfermedades.

6. CONCLUSIONES

Los análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación, permiten efectuar las siguientes conclusiones:

- Las dosis del abono orgánico biol tuvieron efecto significativo en la productividad del cultivo de lechuga, en la comunidad Sujal del municipio de Cobija departamento Pando, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula.
- Considerando que la siembra se realizó el 13 de agosto de 2024 y la cosecha el 27 de octubre del mismo mes, los días a la emergencia fueron de 8, hasta el trasplante 26 días y hasta la cosecha 75 días.
- La aplicación de biol en la dosis del 80% tuvo efecto significativo respecto al testigo en las el desarrollo de las características agronómicas, específicamente, la altura de planta incrementó en 3.6 cm, mientras que el ancho de hoja incrementó 1,16 cm. Mientras que en la característica agronómica número de plantas por hoja no se observó diferencia significativa.
- Las dosis de biol tuvieron efecto significativo en el incremento del rendimiento, toda vez que el mayor rendimiento (15.9 toneladas por hectárea) tuvo lugar con la dosis de 80% de biol, estadísticamente superior al testigo, seguido por las dosis de 60% y 40%; mientras que la dosis de 20% fue estadísticamente igual al testigo que obtuvo 12.41 tn/ha.
- Considerando la época del año (agosto a octubre) cuando la precipitación pluvial es escasa y la vegetación circundante está relativamente seca, no se registró el ataque de insectos ni enfermedades.

7. RECOMENDACIONES

Por todo lo expuesto anteriormente, se recomienda:

- Considerando que la dosis de 80% de biol permitió incrementar significativamente el rendimiento y la mayoría de las características morfológicas y agronómicas se recomienda su aplicación, hasta que no se realicen nuevas investigaciones en las mismas condiciones agroecológicas de la comunidad Sujal del municipio de Cobija.
- Considerando que, según la bibliografía, con otros tipos de abonos orgánicos es posible obtener mayores rendimientos, se debe continuar investigando.
- Toda vez que en nuestro medio es difícil conseguir biol para su aplicación por los productores de hortalizas y en particular de la lechuga, se recomienda desarrollar tecnologías adaptadas y sostenibles económicamente en la producción de biol para su oferta al mercado a precios accesibles.
- También se recomienda desarrollar investigaciones similares a la presente, empleando otras variedades y en otras épocas del año, toda vez que esta especie tiene demanda durante todo el año.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandra, V. (2007). El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo-guía práctica para los campesinos en el bosque seco. Perú y Ecuador.
- Álvarez, (2010). Producción anaeróbica de biogás aprovechamiento de los desechos orgánicos.
- Arana, (2011). Materia orgánica.
- Arrigo, (2005). Fermentación anaeróbica fase de fermentación en la maduración del compost.
- Benzing (2001). Los abonos orgánicos, la fertilidad, la retención de agua y la circulación de aire en el suelo, lo que se traduce en plantas sanas y resistentes a plagas y adversidades climáticas.
- Brechelt, A. (2004). Manejo ecológico del suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Primera Edición. Ed: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas Para América Latina (RAP-AL). República Dominicana.
- Campo Verde y Castillo, (2015). Abonos orgánicos: una alternativa orgánica sustentable para la horticultura.
- Cando y Malca, (2016). Residuos orgánicos para elaborar Biol. Proceso que transforma residuos orgánicos en abono que mejora el suelo, reduce la contaminación y contribuye a la agricultura sostenible.
- Carrillo, (2004). Digestión anaeróbica de residuos orgánicos.
- Cásseres, (1980). Producción de hortalizas. 3 ed. San José, C.R., IICA.
- CEDECO, (2005). Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. San José, Costa Rica

- Chilon, E. (1997). Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. CIDAT. 1ra Impresión. La Paz, Bolivia.
- Colque et al. (2005). Uso de Biol.
- Cruz, D. (2004). Efecto de abonos orgánicos líquidos sobre variedades de Lechuga. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, BO. UMSA.
- Delgado, (2018). Elaboración de fertilizante orgánico - proyecto UNAD.
- Díaz, (2017). Efectos generales del biol sobre el crecimiento y la producción, esta mejora en el desarrollo vegetal podría favorecer indirectamente la polinización al generar plantas más sanas y vigorosas, que son más atractivas para los polinizadores.
- Domínguez, (1978). Abonos y minerales. 5 ed. Madrid, MAGAP.
Estación Experimental Illpa-Puno del Instituto nacional de innovación agraria - INIA
(2005). Producción de biol: Abono líquido natural y ecológico (biol).
- Garcia y Pinto (2015). Alternativas orgánicas para la horticultura.
- Gilsanz, (2007). Hidroponía. (en línea). Instituto nacional de investigación agropecuaria. Paraguay. Consultado el 27 de octubre de 2016. Disponible en:
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/>
- Gomero, O. (1999). Manejo Ecológico de Suelos, Conceptos y Técnicas. Ed: Gráfica Esteffany. Lima-Perú.
- Guanopatin, M. (2012). Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (Medicago sativa).
- Hartman, L. F. (1990). Invernaderos y ambientes atemperados. Editorial Offset Boliviana Ltda. EDOBOL. La Paz, Bolivia.

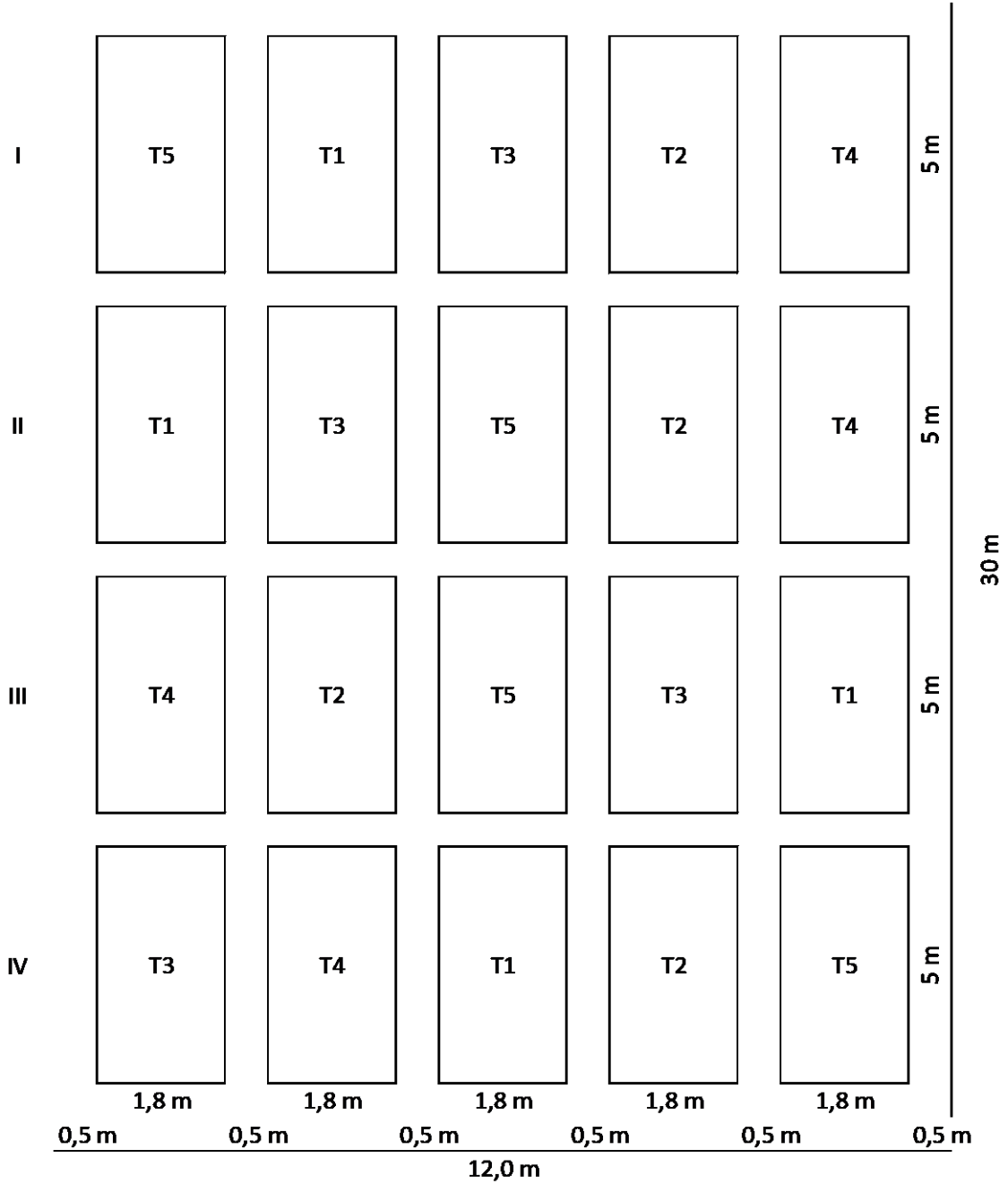
- Havercort, M. (1982). Diseño de riegos y manejo del agua en el campo. Edit Ángel. Agro. Colombia, Bogotá.
- Infoagro. (2010). Cultivo de lechuga. Disponible en <http://www.infoagro.com/lechuga>.
- Infoagro. 2011. El cultivo de coles y lechugas. En línea. Consultado: miércoles 13 de septiembre del 2011. Disponible en [http://www.infoagro.com/hortalizas/coles y lechugas.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/coles_y_lechugas.htm).
- INFOJARDIN. (2007). Portal en Agricultura. Hortalizas y verduras (en línea). Consultado el 1 de junio del 2007. Disponible en <http://www.infojardin.comitem/520/1/11788121007155745.pdf>
- Inicio, P. K. (2019). Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L) variedad White Boston en Cajamarca. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- Lara H., A. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía.
- Laura, J. (1999). Aplicación de abonos orgánicos en rotación de hortalizas y su efecto en el suelo en La Paz micro cuenca de Achocalla.
- Lique, M. L. (2020). Evaluación de la producción de lechuga crespita (*Lactuca sativa*) con aplicación de dos niveles de estiércol de ovino en ambiente atemperado en la localidad de Patacamaya. Tesina de grado. Técnico superior agropecuario. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Males, (2015). Comportamiento agronómico de cuatro variedades de lechuga.
- Mallar, (1978). La lechuga. 1 ed. Buenos Aires, Editorial hemisferio sur, S.A.
- Maroto, (1983). Horticultura herbácea especial. Madrid, España, Mundi- Prensa.
- Martí, (2008) Biodigestores familiares

- Martínez, R. (2013). Conocimiento con todos para todos Biblioteca pública innovación y tendencias Minrex, La Habana.: Cuba Recuperado de [https://www.ecured.cu/Materia orgánica](https://www.ecured.cu/Materia%20org%C3%A1nica).
- MEDINA, A. (1992). El Biol y Biosol en la Agricultura. Ed. Programa Especial de Energía. Cochabamba, Bolivia. p. 1-47.
- Montesinos, (2013). Fermentación de acetona-butanol-etanol (ABE).
- Parson, (1987). Manuales para educación agropecuaria; cucurbitácea. México, Trillas.
- Piamonte, (2009). Formas de aplicación de abonos orgánicos.
- Restrepo, J. (2001). Elaboración de Abonos Orgánicos Fermentados y Biofertilizantes Foliare. IICA. San José, Costa Rica.
- Rogers, (2002). Estudio de la digestión anaeróbica.
- Royal Sluiss Enkhuizen. 1994. Holanda. p: 37.
- Rubio, (2000). Fundamentos de fisiología vegetal. Editorial Mc Graw, España, Barcelona.
- Saavedra G., (2017). Manual de producción de lechuga. Boletín INIA / N° 09 INIA - INDAP, Santiago 2017
- Tamaro, D. (1976). Manual de horticultura. Trad. por Dr. Arturo Caballero. Barcelona, Gustavo Gili.
- Valadez, A. (1996). Producción de hortalizas. Tercera Edición. Editorial Trillas. México.
- Varnero (2011). procesos para la obtención de biol.
- Warmars y Oppenoorth, (2014). Materiales orgánicos para la elaboración de compost, estiércol, harina de huesos o guano, los cuales, tras su

descomposición, liberan nutrientes esenciales (N, P, K) que fortalecen el crecimiento y la salud de las plantas.

Wong y Jiménez, (2009). Aplicación de bioles o bioabonos.

Anexo 1
Croquis de Campo



Referencias

- T1 = Testigo 0% Biol
- T2 = 20% Biol
- T3 = 40% Biol
- T4 = 60% Biol
- T5 = 80% Biol

I, II, III y IV = Repeticiones

Anexo N° 3

Análisis de físico químico de suelos



UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES

"La Preservación de la Amazonía es parte de la Subsistencia de la Vida, del Progreso y Desarrollo de la Bella Tierra Pandina"



RESULTADOS

SOLICITANTE: FRANS ECUARI CASTRO
 NIT/C.I.: R.U. 1764402 Pdo.
 DIRECCIÓN: COMUNIDAD EL SUJAL
 CEL.: 72911427
 PROYECTO: TESIS DE INVESTIGACIÓN

CULTIVO ANTERIOR: PASTISALES
 CULTIVO ACTUAL: AREA DE CULTIVO (HORTALIZA/LECHUGA)
 FECHA DE INGRESO: 14/08/2024

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE SUELOS

NÚMERO DE LABORATORIO	TIPO DE MUESTRA	pH EN AGUA DESTILADA 1:5	C.E. $\mu\text{s}/\text{cm}$ 1:5	P.h./gr	P.S./gr	N. TOTAL %	AL (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (ppm)	K (ppm)	H %	D.R. gr/cm ³	D.A. gra/Cm ³	ARENA %	UMO %	ARCILLA %
2024/03	SUELO	5.79	0.0161	345.50	250.70		0.4188						0.4	4	89.84	7.92	2.24
PH						A : Arenoso						L : Limoso					
C.E.: Conductividad Eléctrica						AF : Arenoso Franco						FL : Franco Limoso					
D.R.: DENSIDAD REAL						FA : Franco Arenoso						FYL : Franco Arcilloso Arenoso					
D.A.: DENSIDAD APARENTE						FYA : Franco Arcilloso Arenoso						YL : Arcilloso Limoso					
P.h. PESO HUMEDO						YA : Arcilloso Arenoso						F : Franco					
P.S. PESO SECO																	

TELEF. 38424977
 CEL: 77101006

Ing. Etels Fernández Fernández
 RESPONSABLE LABORATORIO DE SUELOS
 I.C.B.N. - F.C.B.N.

Av. Las Palmas- Pando- Bolivia