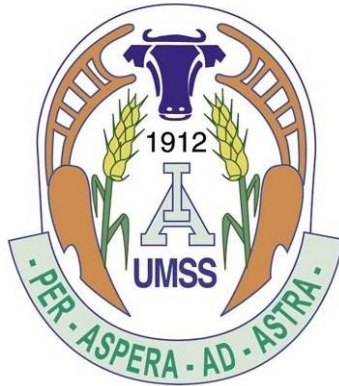


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
“Dr. MARTÍN CÁRDENAS”



Evaluación del *Bioabono de Caña de Azúcar* en los cultivos de *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) y *Vigna unguiculata* (caupí) bajo un sistema integral de manejo de suelos en el Valle de Sacta

TESIS DE GRADO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

Eliseo Caballero Campero

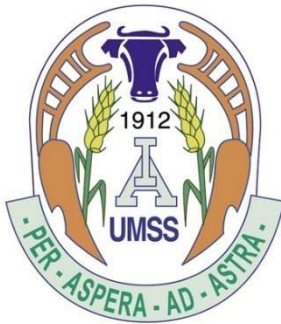
Cochabamba, Bolivia

2024



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Y PECUARIAS “Dr. MARTÍN CÁRDENAS”



EVALUACIÓN DEL BIOABONO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LOS CULTIVOS DE *PLUKENETIA VOLUBILIS* (SACHA INCHI) Y *VIGNA UNGUICULATA* (CAUPÍ) BAJO UN SISTEMA INTEGRAL DE MANEJO DE SUELOS EN EL VALLE DE SACTA

Responsable: Eliseo Caballero Campero

Tutor: Ing. Ruddy Meneses Arce

Revisor: Ing. MSc. Franz Gutiérrez Ferrufino

Revisor: Ing. Juan Leniz Chumacero

Cochabamba – Bolivia



2024

HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por el siguiente tribunal:

.....
MSc. Noel Ortuño
TRIBUNAL

.....
MSc. Emigdio Céspedes
TRIBUNAL

.....
PhD. Alejandro Coca
TRIBUNAL

.....
PhD. Ivan del Callejo Veracc
Decano FCAyP-UMSS

DEDICATORIA

*Con todo mi amor y cariño a mi esposa Esther Mendoza Aro
por su sacrificio y esfuerzo, por su paciencia y confianza,
por estar siempre a mi lado, aunque hemos pasado momentos difíciles
siempre me brindo su comprensión, cariño y amor.*

*A mis queridos padres y hermanos (as),
por el apoyo constante en la formación
de mi vida profesional.*

*A mis queridos hijos Daniel y Melanit
quienes con su luz han iluminado mi vida
y hacen mi camino más claro.*

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos:

A Dios, que me iluminó y nunca apartó sus ojos de mí, por haberme dado la oportunidad de formarme como profesional en la Universidad Mayor de San Simón.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias “Martín Cárdenas” de la Universidad Mayor de San Simón, por la formación recibida.

Al Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” CIF - UMSS, por haberme brindado la oportunidad de realizar mi trabajo de campo.

Al Proyecto “*Manejo Agronómico del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba*”, ejecutado de noviembre 2014 a diciembre 2015 por el CIF “La Violeta”.

A los Ing. Ruddy Meneses Arce y Franz Gutiérrez Ferrufino, asesores principales, por su valiosa colaboración durante la ejecución de campo y revisión de la redacción del presente trabajo de investigación.

A todo el personal técnico, administrativo y de campo del Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta”, por el apoyo y colaboración que hicieron posible este trabajo.

A mis padres, por el apoyo constante durante mi formación académica y la ejecución del trabajo de investigación de tesis.

A mis hermanos, por la confianza que me brindaron y por el apoyo durante toda la formación académica y ejecución de tesis.

A todos mis amigos y cuantas personas que me colaboraron, apoyaron y alentaron en la realización del presente trabajo.

RESUMEN

Evaluación del bioabono de caña de azúcar en los cultivos de *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) y *Vigna unguiculata* (caupí) bajo un sistema integral de manejo de suelos en el Valle de Sacta.

La investigación se efectuó en el año agrícola 2014-2016, en el Trópico de Cochabamba, en la unidad “Valle de Sacta” de la UMSS. Se buscó consolidar una opción nueva de ingresos económicos para los agricultores de los municipios de toda la región, demostrando la factibilidad técnica y económica de un nuevo rubro productivo, tal cual es el cultivo de *Plukenetia volubilis* L. (“sacha inchi” o “maní de los incas”) asociando su cultivo con *Vigna unguiculata* (vigna) y *Phaseolus vulgaris* (frijol) en los callejones de sacha inchi, aplicando un biabono de caña de azúcar producido en Santa Cruz, tanto en el sacha inchi como en las dos leguminosas de grano. Se aplicó un diseño de bloques al azar para todos los cultivos, evaluando dos dosis contrastantes del bioabono de caña (5 y 10 t/ha), considerando variables de respuesta ligadas a la producción inicial de grano en sacha inchi y biomasa en las leguminosas. Con los dos niveles de bioabono casi se duplica la producción de grano de sacha inchi comparando con el testigo. Igualmente, con las leguminosas, la respuesta al bioabono es positiva aunque similar al tratamiento con fertilización química. Se concluye que la adición del abono orgánico optimizó y mejoró el manejo de suelos y la producción del sacha inchi y las leguminosas asociadas, más aún al tener disponibilidad de este producto en Santa Cruz a un costo muy bajo (50 Bs/t). Se recomienda el bioabono (en dosis superiores a las 5 t/ha) con la finalidad de optimizar el manejo de suelos, en la zona tropical del departamento de Cochabamba.

Palabras claves: Abonos orgánicos; Agricultura regenerativa; Leguminosas; Asociación de cultivos

SUMMARY

Evaluation of sugarcane biofertilizer in *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) and *Vigna unguiculata* (cowpea) crops under an integrated soil management system in the Sacta Valley.

The research was carried out in the agricultural year 2014 - 2016, in the Cochabamba Tropics, in the "Valle de Sacta" unit of the UMSS. The aim was to consolidate a new option of economic income for farmers in the municipalities of the entire region, demonstrating the technical and economic feasibility of a new productive sector, such as the cultivation of *Plukenetia volubilis* L. ("sacha inchi" or "peanut of the Incas"), associating its cultivation with *Vigna unguiculata* (vigna) and *Phaseolus vulgaris* (bean) in the alleys of sacha inchi and applying a sugar cane biofertilizer produced in Santa Cruz, both in the sacha inchi and in the two legumes of grain. A randomized block design was applied to all crops, evaluating two contrasting levels of cane biofertilizer (5 and 10 t/ha), considering response variables linked to initial grain production (in sacha inchi) and biomass (in the legumes). With the two levels of biofertilizer, sacha inchi grain production almost doubles compared to the control. Likewise, with legumes, the response to biofertilizer is positive although similar to treatment with chemical fertilization. It is concluded that the addition of organic fertilizer optimized and improved soil management and the production of sacha inchi and associated legumes, even more so by having this product available in Santa Cruz at a very low cost (50 Bs/t). Biofertilizer is recommended in order to optimize soil management in the tropical zone of the department of Cochabamba (in levels greater than 5 t/ha).

Keywords: Organic fertilizers; Regenerative agriculture; Legumes; Crop association

ÍNDICE DE CONTENIDO

I	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivos	5
1.1.1	Objetivo general	5
1.1.2	Objetivos específicos	5
1.2	Hipótesis	6
II	REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1	Los suelos y su degradación y las opciones de manejo	7
2.2	Los abonos orgánicos	9
2.3	Características generales de los suelos en Bolivia y sus limitaciones	14
2.4	El Trópico Húmedo de Cochabamba	14
2.5	La especie <i>Plukenetia volubilis</i> L. (sacha inchi o maní de los incas)	18
2.6	Experiencias con el cultivo de sacha inchi en Bolivia	24
2.7	El caupí o vigna (<i>Vigna unguiculata</i>)	35
2.8	El frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	40
2.9	El bioabono de caña de azúcar	41
III	MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1	Información general de la zona de trabajo	45
3.2	Labores realizadas en el trabajo de campo	47
3.3	Materiales e insumos utilizados	49
3.4	Aspectos metodológicos y de manejo agronómico	49
3.5	Tratamientos evaluados en sacha inchi y caupí	51
3.6	Establecimiento de las parcelas	51
3.7	Diseño de campo y análisis estadístico	57
3.8	Características del campo experimental	58

3.9	Variables de respuesta	59
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1	Producción de sachá inchi en la parcela “CIF”	64
4.2	Producción de sachá inchi en la parcela “PIÑA”	66
4.3	Evaluaciones de caupí en la parcela “PIÑA”	70
4.4	Evaluaciones de frijol en la parcela “CIF”	73
4.5	Evaluaciones de frijol en la parcela “PIÑA”	76
V	CONCLUSIONES	79
VI	RECOMENDACIONES	80
VII	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	81

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Datos referenciales sobre la relación grano / almendra y tasa de conversión de almendra a aceite y torta en la extracción de aceite de sachá inchi	32
Cuadro 2	Contenido de ácidos grasos (en porcentaje), en muestra de aceite de sachá inchi, producido en la región del Alto Beni de La Paz	33
Cuadro 3	Flujograma de producción del Bio Abono de caña de azúcar y parámetros de conversión en sus diferentes fases desde el bagazo de caña	42
Cuadro 4	Datos de análisis de laboratorio de componentes del Bio Abono de caña de azúcar	43
Cuadro 5	Detalle de actividades puntuales de campo del Proyecto <i>Manejo Agronómico del Sachá Inchi en el Trópico de Cochabamba</i>	47
Cuadro 6	Datos referenciales de análisis físico y químico de suelos de las dos parcelas de trabajo del Proyecto en el Valle de Sacta	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Rendimiento (kg/ha) mensual de grano de sachá inchi en parcelas establecidas el año 2011 en el Valle de Sacta	31
Figura 2	Ubicación general de la zona de trabajo	44
Figura 3	Precipitación mensual en la zona del Valle de Sacta para un periodo agrícola promedio	45

Figura 4	Ubicación de las parcelas con sacha inchi en el CATREN en el Trópico de Cochabamba en terrenos de la UMSS	46
Figura 5	Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta - <u>PARCELA “PIÑA”</u> - <i>Efecto del bioabono de caña en el establecimiento y producción del SACHA INCHI en el Valle de Sacta</i>	51
Figura 6	Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta - <u>PARCELA “CIF”</u> - <i>Efecto del bioabono de caña en el establecimiento y producción del SACHA INCHI en el Valle de Sacta</i>	52
Figura 7	Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta – <u>PARCELA “PIÑA”</u> - <i>Efecto del bioabono de caña en el cultivo de CAUPÍ con enfoque de manejo de callejones de sacha inchi en el Valle de Sacta</i>	53
Figura 8	Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta – <u>PARCELA “PIÑA”</u> - <i>Efecto del bioabono de caña en el cultivo de FRIJOL con enfoque de manejo de callejones de sacha inchi en el Valle de Sacta</i>	54
Figura 9	Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta – <u>PARCELA “CIF”</u> - <i>Efecto del bioabono de caña en el cultivo de FRIJOL con enfoque de manejo de callejones de sacha inchi en el Valle de Sacta</i>	55
Figura 10	Rendimiento en grano (en gramos por planta). Total, de dos primeras cosechas representativas de sacha inchi, en la parcela “CIF”, para cuatro tratamientos de fertilización, a once meses de la siembra	64

Figura 11	Número de frutos maduros por planta, de dos primeras cosechas representativas de sachá inchi en la parcela “CIF”, para cuatro tratamientos de fertilización, a once meses de la siembra	65
Figura 12	Rendimiento de sachá inchi en grano (en gramos por planta). Total, de dos primeras cosechas representativas de sachá inchi, en la parcela “PIÑA”, para cuatro tratamientos de fertilización, a nueve meses de la siembra	66
Figura 13	Número de frutos maduros por planta, de dos primeras cosechas representativas de sachá inchi en la parcela “PIÑA”, para cuatro tratamientos de fertilización, a nueve meses de la siembra	67
Figura 14	Acumulación de biomasa (g MS/planta) de <i>Vigna unguiculata</i> , como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”, a veinte días de la siembra	69
Figura 15	Acumulación de biomasa (g MS/planta) de <i>Vigna unguiculata</i> , como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”, a cincuenta días de la siembra	70
Figura 16	Acumulación de biomasa (g MS/planta) de <i>Vigna unguiculata</i> , como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”, a cien días de la siembra	70
Figura 17	Tendencias de la acumulación de biomasa seca de caupí (<i>Vigna unguiculata</i>), entre los 20 a 100 días desde la siembra, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”	71

Figura 18	Acumulación de biomasa en base seca de frijol (g MS/planta), como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “CIF”, a cuarenta y dos días de la siembra	72
Figura 19	Producción de vainas por planta, en ensayo de frijol, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “CIF”, a ochenta y cinco días de la siembra	73
Figura 20	Producción de grano (en gramos por planta), en ensayo de frijol, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “CIF”, a ochenta y cinco días de la siembra	74
Figura 21	Acumulación de biomasa en base seca de frijol (g MS/planta), como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”, a cuarenta y cinco días de la siembra	75
Figura 22	Producción de vainas por planta, en ensayo de frijol, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”, a ochenta y dos días de la siembra	76
Figura 23	Producción de grano (en gramos por planta), en ensayo de frijol, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”, a ochenta y dos días de la siembra.	77

I. INTRODUCCIÓN

La especie *Plukenetia volubilis* (*sacha inchi*, *maní de los Incas*) es un arbusto trepador o rastrero silvestre y cultivado, que se encuentra en los bordes de bosques secundarios, en cañaverales, sobre cercos vivos, como malezas en platanales y cultivos perennes.

Fue cultivado también en la costa peruana en la época prehispánica y se han encontrado semillas y representaciones en cerámicas (Brack, 1999). El *sacha inchi* es una planta perenne que crece en forma silvestre. Como cultivo, se lo maneja en altitudes que van de 80 a 1500 metros sobre el nivel del mar, y a temperaturas óptimas de 32°C.

El mayor interés en esta especie, es el alto contenido de grasas no saturadas y de bajo colesterol, lo que la hace saludable para el consumo humano, así, la semilla del *sacha inchi*, contiene alto contenido proteico de Omega 3, 6 y 9, los cuales ayudan a retardar el envejecimiento de los tejidos de nuestro cuerpo (CIED, 2007).

El *sacha inchi* es una planta que se adapta a suelos arcillosos y ácidos, desarrollándose mejor en climas cálidos. Su producción se inicia a los 6.5 meses del trasplante, obteniéndose en el primer año, rendimientos medios de 0.7 a 2.0 t/ha (Manco, 2006).

La especie *P. volubilis* L., pertenece al orden Geraniales, familia Euphorbiaceae. Es una planta nativa de la Amazonia de Bolivia, Perú y Brasil.

El *sacha inchi* puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2700 msnm, actualmente en Bolivia, se cultiva en las regiones del Alto Beni en La Paz y del Chapare en Cochabamba, es una planta netamente de clima tropical y subtropical.

Para su plantación, se recomienda distancias de 3 a 5 metros entre calles, y 3 metros entre plantas, estableciendo dos corridas de alambre por encima de la planta, para que las ramas de éstas se desarrollen a lo largo de las filas de alambre, lugar donde se debe concentrar a la planta, mediante podas, a fin de evitar un descontrolado y agresivo desarrollo.

Esta forma de cultivo del sacha inchi, da lugar a la necesidad de hacer un manejo eficiente de los callejones que quedan entre las hileras del cultivo, tanto desde el punto de vista de control de malezas, como desde la óptica de mantener niveles de fertilidad adecuados en el sistema mixto de cultivo, es decir, sacha inchi en las hileras a cada 3 metros, y otros cultivos en los callejones que quedan a cada 3 o 5 metros.

Este manejo puede realizarse a partir de la siembra de cultivos de cobertura, mulch o abonamiento en verde. Un grupo apto de especies, para los fines antes comentados, es sin duda, el grupo botánico de las leguminosas, dada su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a la simbiosis con bacterias rhizobianas, y por el rápido desarrollo de biomasa de fácil degradación.

Por todo lo anterior, esta forma de cultivo intensivo, exige a su vez un eficiente manejo de la fertilidad del suelo, más aún en suelos relativamente jóvenes, los cuales son predominantes en el trópico del Departamento de Cochabamba. En este sentido, una forma de generar condiciones para un enfoque integral de manejo de suelos, es proporcionar a los cultivos los elementos nutritivos adecuados en cantidad y calidad, por ello el presente trabajo de investigación, realizado en el Valle de Sacta (Trópico de Cochabamba), a más de evaluar la producción de sacha inchi y del cultivo de leguminosas en los callejones de la parcela, incorpora el componente de fertilización orgánica, en este caso a partir de un bioabono procedente de la industria azucarera industrial del Oriente del país, el cual se produce con el bagazo de la caña que se procesa para la producción de azúcar.

La principal acción de los abonos orgánicos (gracias a la materia orgánica que contienen), es aumentar la fertilidad de los suelos, además de mejorar sus características químicas y físicas para dar mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos, esto es muy relevante ya que los suelos agrícolas suelen perder gradualmente su contenido de materia orgánica, lo cual se manifiesta con una disminución gradual del rendimiento con el paso de los ciclos de cultivo. Cuando a estos suelos se les incorpora algún tipo de material orgánico con el potencial de aportar materia orgánica al suelo, la respuesta del cultivo es extraordinaria, pudiéndose lograr incrementos en el rendimiento de hasta 10 veces en algunos casos. La materia orgánica contiene importantes cantidades de la mayoría de los nutrimentos esenciales para las plantas.

El abono orgánico es en realidad un término general que se refiere a cualquier material de origen animal o vegetal que pueda usarse para aportar nutrientes y mejorar la fertilidad de los suelos. Simplificando, se puede indicar que un abono orgánico es una sustancia hecha con residuos o desechos vegetales o animales que promueve una mejor calidad de tierra para mejorar la producción vegetal.

Son considerados abonos orgánicos a los estiércoles, residuos de cultivo y compostas. De manera que un abono orgánico pueden ser por ejemplo: estiércol de bovino, paja de maíz, lombricompost o como en el caso del presente trabajo, del bagazo de caña.

Normalmente, la principal fuente de abonos orgánicos son los estiércoles pero éstos requieren fuentes ganaderas donde la producción de estiércoles debe ser muy cuidadosa y en condiciones adecuadas, pues de lo contrario por anaerobiosis se puede producir metano y otros gases contaminantes y de mal olor, además de la proliferación de organismos potencialmente dañinos al hombre y las plantas.

En general, los abonos orgánicos pueden proporcionar los siguientes beneficios a la producción de cultivos (INTAGRI, 2023):

- a) Aporte de algunos o casi la mayoría de los elementos esenciales para las plantas, dependiendo del abono orgánico utilizado. Son de mayor residualidad que los fertilizantes inorgánicos.
- b) Tienen la particularidad de liberar nutrimentos en forma gradual, lo cual garantiza un cierto suministro de nutrimentos para el cultivo durante su desarrollo. Mejoran la estructura del suelo, porosidad, aireación y capacidad de retención de agua.
- c) Tienen la habilidad de formar complejos orgánicos con los nutrimentos brindándoles a éstos mayor disponibilidad para las plantas.

d) La materia orgánica posee una mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) que las arcillas, por lo que la incorporación de los abonos orgánicos tiene la capacidad de incrementar la CIC. Esto es muy favorable sobre todo en suelos con baja CIC (suelos arenosos).

e). Liberan bióxido de carbono (CO_2) durante su descomposición que forma ácido carbónico (H_2CO_3) el cual solubiliza nutrimentos de otras fuentes.

f) Son fuente de carbono orgánico para la actividad de organismos heterótrofos presentes en el suelo.

g) Aumentan la infiltración del agua, reduciendo el escurrimiento superficial, lo que ayuda a reducir las pérdidas de suelo por erosión hídrica, favoreciendo a una mayor estabilidad de agregados del suelo.

h) Los abonos orgánicos confieren al suelo una mayor capacidad productiva, conservación de su fertilidad en el tiempo y ser sostenibles con el paso de los ciclos productivos.

El uso de los abonos orgánicos es parte de la agricultura regenerativa, la cual se centra en recuperar la fertilidad y calidad del suelo de forma natural, sin la necesidad de aplicar fertilizantes químicos.

La agricultura convencional expulsa CO_2 cada año a la atmósfera, actualmente se ha demostrado que el modelo agroalimentario regenerativo, centrado en recuperar la salud del suelo, es una solución factible a este reto mundial. Se tiene información de trabajos que han mostrado que un suelo vivo y fértil de un huerto regenerativo, almacena alrededor de 30 veces más carbono atmosférico al año que uno convencional.

La tesis se realizó como parte del trabajo del Proyecto “*Manejo Agronómico del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba*”, en el marco de la 7ma. Convocatoria de Programas Temáticos de Investigación 2013 DICYT-UMSS (PT07AA 12 - Concursable 6 - ASDI - DICYT / UMSS), apoyando la parte agronómica con el manejo del cultivo, una vez que se tiene un total de 7.4 hectáreas de sachá inchi, establecidas con el Proyecto, a lo largo del eje de Villa Tunari- Entre Ríos, con énfasis en 4 hectáreas establecidas en el fundo universitario “Valle del Sacta” de la UMSS.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar los efectos del uso de un abono producido a partir del bagazo de caña de azúcar, buscando optimizar el manejo de suelos en la zona tropical del Departamento de Cochabamba, considerando su efecto en el cultivo de las leguminosas caupí (*Vigna unguiculata*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), en callejones de parcelas de producción de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*).

1.1.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la aplicación de un bioabono orgánico procedente de la industria azucarera nacional (de Santa Cruz de la Sierra), en la producción inicial de grano de sachá inchi, bajo condiciones del Valle de Sacta.
2. Determinar el efecto de la aplicación de dos niveles de un bioabono orgánico, en el desarrollo y producción de biomasa, de cultivos de leguminosas en los callejones de sachá inchi, bajo un enfoque de manejo integral del suelo.
3. Comparar los efectos del abonamiento orgánico, con una fertilización química, en la producción del sachá inchi y en el desarrollo de cultivos de especies leguminosas anuales, en este caso *Vigna unguiculata* (caupí) y *Phaseolus vulgaris* (frijol) en los callejones del sachá inchi.

1.2. Hipótesis

Para el desarrollo de la investigación se plantea la siguiente hipótesis nula:

- *No existen diferencias en la producción inicial de grano de sachá inchi, ni en la producción de la biomasa y grano de una leguminosa cultivada en los callejones del sachá inchi, como efecto de la aplicación de un bioabono.*

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Los suelos y su degradación y las opciones de manejo

El suelo es la capa de materiales orgánicos y minerales que cubre la corteza terrestre y en la cual las plantas desarrollan sus raíces y toman los elementos que le son necesarios para su nutrición.

Los procesos físicos, químicos y biológicos que intervienen en la formación de los suelos, están gobernados por factores del medio ambiente tales como el clima y la vegetación, ellos actúan de forma combinada y variable, de manera que los suelos resultantes de su acción, son complejos organismos sujetos a cambios continuos y que nunca alcanzan una condición estática (Suarez de Castro, 1982). El mismo autor señala que la degradación de suelos es un proceso que reduce su capacidad actual y potencial para producir bienes y/o servicios y puede ocurrir en un tiempo relativamente corto. Puede existir degradación química, que es un proceso de acumulación de elementos tóxicos, y que en algunos casos, se refiere a la lixiviación de base principales en zonas de alta precipitación y donde las propiedades de suelo así lo permitan. También puede haber degradación física, que es la disminución del espacio poroso, reducción de la permeabilidad a través de una compactación, aumento de la densidad aparente y la pérdida de la estabilidad estructural y biológica, debido a la falta de materia orgánica del suelo, influyendo en la disminución de la población y actividad de los microorganismos en la mineralización del humus.

Otro de los factores que influyen en la degradación de suelos, es la pérdida de vegetación y por tanto una desprotección del suelo, aspecto que provoca erosión eólica o hídrica. Se puede enfrentar este problema mediante la producción intensiva de biomasa a partir de leguminosas agresivas, sean para *coberturas* o *abonos verdes*, a más del beneficio que representa la fijación de nitrógeno que ellas realizan. A continuación, se describen estas dos prácticas sustentables:

⇒ **Cobertura.** Las plantas de cobertura se utilizan para proteger al suelo contra la acción directa de las lluvias y para mejorar sus condiciones físicas y químicas a fin de favorecer

el crecimiento del cultivo posterior. Según Evans *et al.*, citados por Flores (2012), los cultivos de cobertura son los que se siembran de manera simultánea en cultivos perennes para el control de malezas, reducción de la erosión y para beneficiarse de la fijación biológica de nitrógeno. Como su nombre lo indica, esta práctica no considera la incorporación de rastrojos al suelo. El mismo autor indica que cuando se manejen sistemas de siembras con cobertura, la utilización de leguminosas es una necesidad, por las numerosas características beneficiosas para una agricultura sostenible.

⇒ **Abonos verdes.** Se entiende por abono verde a la incorporación de rastrojos al suelo. El uso de abono verde dependerá de las características del problema presentado en el sistema de producción en el que se pretende utilizar, y también de su manejo. Según Carreño y Ditchburn (1998), las funciones más importantes de los abonos verdes, son las siguientes:

- Mantener o mejorar la fertilidad del suelo.
- Proteger el suelo de la lluvia, impidiendo el impacto directo de la misma, y la consecuente degradación del suelo y la lixiviación de nutrientes, y de manera general ayudan a evitar mayores daños de la erosión hídrica.
- Aumentar la tasa de infiltración de agua.
- Incrementar la capacidad de retención de agua.
- En el caso de las leguminosas aportar nitrógeno mediante fijación biológica.
- Promover la movilización y reciclaje de nutrientes.
- Reducir poblaciones de malezas mediante competencia y efectos alelopáticos.
- Reducir las condiciones térmicas en la superficie del suelo.
- Mejorar la vida biológica en el suelo.

Debe tomarse en cuenta que no existe una sola especie que cumpla todas las funciones arriba descritas. Los productores deben identificar y analizar y priorizar sus problemas y luego elegir la especie apropiada para sus condiciones y objetivos (Carreño y Ditchburn, 1998).

2.2. Los abonos orgánicos

En base a varios autores, se puede indicar que abono orgánico es el término usado para referirse a la mezcla de materiales que se obtienen de la degradación y mineralización de residuos orgánicos de origen animal, vegetal, de cosechas y de restos leñosos que se aplican a los suelos con el propósito de mejorar sus características físico-químicas y biológicas, ya que aportan nutrientes que activan e incrementan la actividad microbiana de la tierra, son ricos en materia orgánica, energía y microorganismos y bajos en elementos inorgánicos. Es muy importante indicar que una de las grandes ventajas de los abonos orgánicos, es su capacidad de reponer el contenido de la materia orgánica del suelo.

Los abonos orgánicos elevan la temperatura del suelo, favoreciendo la formación y el desarrollo de las raíces, y por lo tanto mejorando la nutrición de las plantas. La disminución de la materia orgánica en los suelos los vuelve fríos, lo que afecta sus características físicas, químicas y biológicas.

La creciente necesidad de aumentar los rendimientos de los cultivos para la alimentación, como la reducción del uso de agroquímicos potencialmente perjudiciales para la salud y el medio ambiente orientó las investigaciones para buscar tecnologías más amigables, reutilizando los residuos producidos por diversas actividades, ya sean agrícolas, forestales, industriales o domésticas, y obteniendo una producción de abonos orgánicos que sanean los efectos negativos ocasionados por el uso de fertilizantes sintéticos.

El abono orgánico suele ser de gran uso para las plantas, ya que ayuda con su crecimiento y ajustes. Actualmente el consumo de fertilizantes orgánicos está aumentando debido a la demanda de alimentos orgánicos y sanos para el consumo humano, y la concienciación en el cuidado del ecosistema y del medio ambiente.

Por su parte, Castellanos (1980), indica que durante la Revolución Verde en México, la práctica general sobre la fertilización al suelo se concentraba en aplicar fertilizantes químicos de nitrógeno y fósforo, marginando a los abonos orgánicos, que fueron la base y sustento de la

agricultura por siglos (Arredondo, 1996). Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos inmemoriales y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000). Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes químicos.

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982).

2.2.1. Ventajas y desventajas del abono orgánico

De manera general, diversos autores mencionan que los fertilizantes orgánicos tienen las siguientes ventajas:

- Permiten aprovechar los residuos orgánicos.
- Aumentan la actividad microbiana del suelo.
- Recuperan la materia orgánica del suelo, favoreciendo la retención de nutrientes y permiten la fijación de carbono en el suelo, así como también mejoran la capacidad de absorber agua.
- Suelen necesitar menos energía para su elaboración.

También tienen algunas desventajas:

- Pueden ser fuentes de patógenos si no están adecuadamente tratados.
- Es necesario utilizarlos en grandes volúmenes.

2.2.2. Los abonos orgánicos y su relación con la agricultura regenerativa

Según la página web “Sostenible – Sustentable”, la agricultura regenerativa es un enfoque innovador para la producción de alimentos saludables que se basa en la regeneración de la fertilidad del suelo. A través de prácticas sostenibles como la rotación de cultivos, la cobertura del suelo y el uso de abonos orgánicos, la agricultura regenerativa busca restaurar la salud del suelo promoviendo una mayor biodiversidad en los campos.

A medida que el mundo se enfrenta a desafíos cada vez mayores en materia de sostenibilidad y cambio climático, la agricultura regenerativa se presenta como una alternativa prometedora para garantizar un suministro alimentario sostenible a largo plazo. El cultivo regenerativo busca crear una agricultura sostenible, capaz de mejorar la productividad, la resiliencia y la adaptación al cambio climático, y de contribuir a la mitigación de sus efectos. La agricultura regenerativa es un camino hacia suelos más productivos y resistentes a sequías. Esta técnica de cultivo tiene un impacto positivo sobre la calidad del suelo haciéndolos resistentes en condiciones climáticas adversas.

En lugar de centrarse solo en la producción de alimentos, la agricultura regenerativa también se preocupa por la salud del suelo, la biodiversidad, el clima, la economía local y de la comunidad. Busca crear un sistema agrícola sostenible y equilibrado, que sea capaz de autorregularse y auto mejorarse. Además, esta nueva agricultura se basa en la idea de que los ecosistemas naturales son sistemas complejos e interconectados, y que cualquier cambio o intervención en una parte del sistema tiene efectos en el conjunto. Por lo tanto, se busca trabajar en armonía con la naturaleza y no ir en contra de ella.

Existen varias prácticas agrícolas que pueden ser utilizadas para aplicar la agricultura regenerativa y restaurar la salud del suelo. A continuación se detalla un resumen de las prácticas más importantes:

- Rotación de cultivos: Consiste en cambiar los cultivos que se plantan en una parcela cada año. Esto ayuda a mantener una variedad de nutrientes en el suelo y a prevenir la pérdida de suelos debido a la monocultura.
- Cobertura del suelo: Consiste en mantener el suelo cubierto con plantas o materiales orgánicos en todo momento para evitar de esta manera la erosión del suelo y mejorar la retención de agua.
- Abonos orgánicos: En lugar de utilizar abonos químicos, se pueden utilizar abonos orgánicos como el estiércol y el compost para aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo y mejorar su fertilidad.
- Agricultura de conservación: Se refiere a técnicas agrícolas que mantienen o mejoran la calidad del suelo y la biodiversidad mediante la reducción de la labranza, el control de malezas y la aplicación de enmiendas orgánicas y biodiversidad.
- Agricultura agroforestal: Es una técnica que combina la producción de cultivos agrícolas con la producción de bosques. Esto ayuda a mejorar la calidad del suelo mediante la sombra, la retención de humedad y la aportación de materia orgánica.
- Integración de animales: Se pueden integrar animales en el sistema agrícola para ayudar en la regeneración del suelo. Los animales pueden aportar nutrientes mediante su estiércol y ayudar en la redistribución de la materia orgánica y mejora del suelo mediante sus acciones como el pastoreo controlado.

Se debe tener muy en cuenta que cada finca es única, así que lo que funciona para una parcela, puede no funcionar para otra. Es importante evaluar las condiciones específicas de una finca y adaptar las prácticas de acuerdo a sus necesidades para conseguir una agricultura sostenible y regenerativa.

La agricultura regenerativa puede ser la solución a la crisis climática ya que puede ser una solución al cambio climático debido a varios factores, tales como:

Secuestro de carbono: La agricultura regenerativa busca aumentar la cantidad de carbono en el suelo mediante la aplicación de abonos ecológicos y la incorporación de residuos orgánicos consiguiendo un suelo fértil. El carbono ayuda a mejorar la estructura del suelo y aumenta su capacidad para retener agua, lo que contribuye a mitigar el cambio climático.

Biodiversidad: La agricultura regenerativa busca aumentar la biodiversidad en los campos mediante la rotación de cultivos, la siembra de cultivos de cobertura y la integración de animales. Esto ayuda a aumentar la resiliencia del ecosistema agrícola frente a los cambios climáticos.

Usar menos energía: Las prácticas de agricultura regenerativa buscan reducir el uso de energía, como la reducción de la labranza, lo que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Agricultura agroforestal: Como se mencionó anteriormente, la combinación de cultivos y bosques ayuda a mitigar el cambio climático al absorber el carbono, retener agua, y aumenta la resiliencia del suelo.

Reducción del consumo de agua: Además, un suelo fértil cubierto de vegetación capaz de retener agua, necesita menos cantidad de agua adicional.

2.3. Características generales de los suelos en Bolivia y sus limitaciones

La degradación física y química de los suelos es una problemática creciente en todas las áreas agrícolas de la región tropical en Sudamérica (Cochrane, 1982).

En nuestro país como regla general, los suelos contienen bajos niveles de materia orgánica. Así en un trabajo de Valente y Oliver (1993), se reporta que en los valles solo un 34.0 % de muestras analizadas contenían más del 2 % de MO; un 34.3 % contenían menos de 1.0 % de MO y apenas un 3.0 % de las muestras contenían más de 3.0 % de MO.

Otro ejemplo de limitantes edáficas se da con el fósforo; así, en promedio, el mismo estudio de Valente y Oliver, para zonas de valles centrales de Bolivia indica que solo un 29.9 % de muestras analizadas contenían más de 10.0 ppm de fósforo asimilable. En los valles mesotérmicos de Santa Cruz, se reporta que un 57.2 % de muestras seguían las mismas tendencias de bajo contenido de fósforo (por debajo de 10 ppm), y un 41.0 % de muestras tenían contenidos menores a 5 ppm de fósforo asimilable.

Similares tendencias de deficiencias edáficas se dan en otros parámetros y en general se puede señalar que es una situación común en la mayoría de los suelos agrícolas de nuestro país.

2.4. El Trópico Húmedo de Cochabamba

Esta zona pertenece al bosque tropical húmedo tiene un bosque alto siempre verde, con dosel de 25 a 30 m y 75% de cobertura, emergentes de hasta 40 m de altura y cobertura del 20%, así también presenta un sotobosque arbóreo en dos estratos, el más alto a 15-18 m de altura el más bajo de 10 m de altura, sotobosque de matas y arbustos 2-4 m de alto, sotobosque herbáceo de 0.5 m lianas y epifitos poco abundantes. Las precipitaciones anuales pueden alcanzar localmente valores entre 5000 a 6000 mm. El bosque muy húmedo tropical se define como una zona en transición entre bosque muy húmedo tropical y bosque pluvial subtropical, su mayor potencial es la extracción de madera y producción de banano, piña, palmito y algunos cítricos, el uso de la tierra no es ganadero.

La temporada de mayor precipitación es de noviembre a marzo y el periodo de frío empieza en mayo y agosto (Navarro y Maldonado, 2002).

2.4.1. Características generales de los suelos del Trópico de Cochabamba (TC)

Ferrufino y Meneses (2003), en base a un amplio trabajo sobre las condiciones de los suelos del TC, indican los siguientes aspectos:

- Los suelos del TC son de origen aluvial y residual. Los suelos aluviales del Pleistoceno ocupan las llanuras de inundación y las terrazas bajas, mientras que los suelos residuales formados in situ, ocupan las terrazas altas y las colinas (Alvarado, 1986). Los suelos del TC son variables en características físicas y químicas, y esta variación puede ocurrir en distancias cortas. Las diferencias son debidas mayormente a la posición fisiográfica, que determina el tiempo de exposición a la meteorización, y las diferencias en material parental (Monteith, 1995).
- Las características químicas de las llanuras aluviales están fuertemente influenciadas por las características químicas de los sedimentos que arrastran los ríos que las inundan, o que las inundaron en el pasado, por lo que los suelos de las llanuras aluviales reflejan cercanamente las propiedades de sus materiales parentales sedimentarios. Las terrazas medias y altas tienen suelos más intemperizados, por que estuvieron expuestos por un mayor tiempo a factores de formación de suelo como clima, organismos y otros.
- Los principales órdenes de suelo presentes en el TC son Entisoles, ubicados generalmente en las llanuras aluviales y terrazas bajas, Inceptisoles en terrazas medias y Ultisoles en terrazas altas y colinas.

2.4.1.1. Características físicas

Textura: La mayoría de los suelos presentó contenidos medios de arena entre 15 y 45%, contenidos medios de limo entre 30 a 45% y de arcilla entre 15 y 30%. Consecuentemente, la textura predominante fue la franca. Desde el punto de vista físico los suelos francos son los que tienen una proporción más balanceada de macro y micro poros.

Drenaje: En base a datos de Soto (1996, 1997, 2000), sobre textura de suelos y proporción de macro y micro poros en los suelos del TC, se puede señalar que la proporción de micro poros se incrementó, de una forma no lineal, con el contenido de arcilla, mientras que la proporción de macro poros, se incrementó con los contenidos de arena. A medida que la proporción de micro poros se incrementa, la capacidad de drenaje de los suelos disminuye. Contrariamente, a medida que la proporción de macro poros aumenta, también lo hace la capacidad de drenaje de los suelos. Sin embargo, en el TC la capacidad de drenaje de los suelos no sólo es afectada por la textura/proporción de micro y macro poros, sino también por la posición de los suelos en el paisaje. Los suelos de las terrazas altas son, en general, bien drenados, mientras que los suelos de las llanuras aluviales cercanas a los ríos presentan problemas de drenaje. Las terrazas bajas y medias pueden presentar problemas de mal drenaje estacional.

2.4.1.2. Características químicas

Bases intercambiables: Los suelos del TC presentan, predominantemente, bajos contenidos de Ca intercambiable (hasta $3 \text{ cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$). En la cuenca del río Chapare se encuentran contenidos intermedios de este nutrimento, debido a que en la zona cordillerana de esta cuenca se encuentran depósitos de dolomita, material arrastrado por los sedimentos que acarrea ese río. De manera similar a lo que ocurre con los contenidos de Ca, los contenidos de Mg intercambiable también son bajos. Los suelos de la cuenca baja del río Chapare presentan contenidos medios, debido a que el río arrastra sedimentos de depósitos de dolomita y magnesita que se encuentran en la porción cordillerana de la cuenca. Los contenidos de K intercambiable son mayormente bajos a medios en los suelos del TC. Sin embargo, los suelos del TC presentan contenidos diferentes de minerales meteorizables que pueden aportar K para los cultivos, que generalmente extraen K en

cantidades importantes. Monteith (1995) menciona la presencia de micas y feldespatos, principalmente en los suelos de la cuenca del río Chapare. Esta característica puede afectar marcadamente la dinámica del K en el suelo. La mayor parte de los suelos del TC tiene valores bajos a medios de la *Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva* (CICE), por lo que los caracteriza como suelos de baja a media fertilidad. La saturación de bases es la proporción relativa de la sumatoria de Ca, Mg, K y Na intercambiables, respecto a la CICE. La saturación de bases es en general baja en los suelos del TC. Sólo los suelos de la cuenca del río Chapare muestran contenidos muy altos y altos de bases cambiabiles. La saturación de bases es una referencia sobre la necesidad de encalado que tienen los distintos cultivos.

Acidez: La mayor parte de los suelos del TC tienen niveles de pH entre 4 y 5, lo que los caracteriza como suelos ácidos. Los suelos de la cuenca del río Chapare son los menos ácidos de la zona. La saturación de Al, la proporción de la CICE que está ocupada por ese catión, está correlacionada con el pH del suelo. Los suelos ácidos presentan altos niveles de saturación de Al. En el TC predominan los suelos con niveles medios a altos de saturación de Aluminio.

Fósforo: Los niveles promedio de P en suelos del TC se encuentran en la mayor parte de los suelos del TC entre 1 y 10 mg kg⁻¹, lo que los caracteriza como suelos con bajos contenidos de este nutrimento. Si bien los contenidos de P en la zona son bajos, en general la capacidad de fijación de P es baja, en comparación de otros suelos de los trópicos de Sud América y aumenta con el contenido de arcilla de los suelos (Ferrufino y Alvarado, 1990).

2.5. La especie *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi o maní de los incas)

La especie *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi), fue descrita por Linneo en 1753, clasificándola dentro de la familia Euphorbiaceae (Mcbride, 1951). La familia Euphorbiaceae comprende plantas anuales, de importancia ornamental, medicinal, alimenticia e industrial, que se caracterizan principalmente por la presencia de una sustancia lechosa, tipo látex y frutos tricapsulares. Esta familia incluye alrededor de 1280 géneros con aproximadamente 8000 especies, y su distribución es a nivel de la franja tropical de nuestro planeta. Manco (2006), señala que la especie presenta un alto porcentaje de polinización cruzada, lo cual implica que se trata de una especie alógama.

2.5.1. Descripción botánica

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) (2009), describe al sacha inchi, como una planta trepadora (voluble), semileñosa, que alcanza la altura del tutor que la soporta (puede cubrir árboles de más de 40 m), por ello, para fines productivos, es recomendable que los tutores no sobrepasen los 2 m de altura. Sus principales características botánicas son:

Tallo. Juárez (2009), señala que el sacha inchi tiene un tallo voluble semileñoso y perenne de crecimiento indeterminado en estado silvestre. La altura es variable siendo 2 m la ideal en condiciones de cultivo.

Hojas. Manco (2006), citado por el CIED (2007), indica que las hojas del sacha inchi son alternas acorazonadas, de color verde oscuro, oval - elípticas, aseruladas y pinnitinervias, de 9 a 16 cm de largo y 6 a 10 cm de ancho. El ápice es puntiagudo y la base es plana o semi-arriñonada.

Flores. Manco (2006) y Arévalo (1996), señalan que en el sacha inchi se observa dos tipos de flores: masculinas, que son flores pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimos, y flores femeninas que se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores.

Fruto. Fide Webster y Burch (1951), citados por Correa y Bernal (1992), describen que el fruto de sachá inchi es una cápsula, de 3.5 cm a 4.5 cm de diámetro, con 4 lóbulos, obladas, 2 cm de alto, 3.5 cm de ancho, aristados (tetralobulados) dentro de los cuales se encuentran 4 semillas lenticulares, con márgenes tenues, reticulado-venenosas, pardusco-oscuro-moteado, de 15 a 17 mm de ancho. Los frutos del sachá inchi son dehiscentes, de color verde y cuando maduran se tornan de un color marrón negruzco. Usualmente están formados por cuatro cápsulas, algunos frutos presentan de cinco, a siete cápsulas (Arévalo, 1996).

Semilla. El IIAP (2009), señala que dentro de las cápsulas se encuentran las semillas de color marrón oscuro, con nervaduras notorias, ovales de 1.5 cm a 2 cm de diámetro, por 7 mm a 8 mm de espesor y de 0.8 g a 1.4 g de peso, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia los bordes, con un hilio bien diferenciado. Al abrirlas, se encuentran los cotiledones a manera de almendras y cubiertos de una película blanquecina, que es la materia prima para la extracción del aceite. En condiciones de medio ambiente y al aire libre, la semilla se conserva por más de un año.

Fructificación del sachá inchi. La floración del sachá inchi se inicia aproximadamente a los 3 meses de realizado el trasplante, apareciendo primero los primordios florales masculinos e inmediatamente después los femeninos. En un período de 7 a 19 días, las flores masculinas y femeninas completan su diferenciación floral, luego se inicia la formación de los frutos, completando su desarrollo a los cuatro meses después de la floración, momento donde se inicia la maduración propiamente dicha de los frutos, cuando éstos, de color verde empiezan a tornarse a un color negruzco, que finalmente se convierte en marrón oscuro o negro cenizo; indicador que está listo para su cosecha. Este proceso de maduración del fruto dura aproximadamente de 15 a 20 días, iniciándose la cosecha a los 7.5 meses después de la siembra y/o trasplante, con una producción continua (Arévalo, 1996).

2.5.2. Manejo agronómico

Siembra directa. Según Hazen y Stoewesand (1980), citados por Arévalo (1996), la propagación del sacha inchi se da por semilla y el distanciamiento utilizado en su plantación es de 3 m * 3 m, en un sistema de "tresbolillo", con el que se logran 38 surcos por hectárea.

Producción de plantines en vivero. Gillespie (1993), señala que para almacenar las semillas de sacha inchi, éstas deben sembrarse en arena lavada de río, colocándolas en hileras distanciadas a 10 cm y a una profundidad de 2 cm. Aconseja realizar el repique de plántulas a bolsas de polipropileno negro, con sustrato previamente preparado con tierra negra de bosque, antes de la aparición del tercer par de hojas verdaderas.

Época de siembra. Arévalo (1996), indica que la siembra del sacha inchi está condicionada al régimen de lluvias. Generalmente, se siembra al inicio de éstas para garantizar una buena germinación. En siembras directas, la plantación debe instalarse entre diciembre y marzo. La siembra indirecta (en vivero) debe realizarse entre los meses de noviembre y febrero. El autor también menciona que es necesario colocar tutores muertos o espalderas apropiadas para suelos planos y campos limpios, ya que permite un mejor manejo del cultivo y reduce el uso de mano de obra en las podas, con un fácil y rápido acomodo de las ramas en los alambres. Su instalación requiere la utilización de postes de madera (3 m a 3.50 m de longitud y 0.15 m de espesor), los cuales son enterrados a una profundidad de 60 cm a 70 cm y a un distanciamiento que puede ser de 3 m * 3 m. Se debe colocar tres hileras de alambre galvanizado, la 1ra. hilera de alambre Nro. 10 a más o menos 1.60 m desde el suelo, dependiendo del largo de los postes; la 2da. y 3ra. hileras de alambre Nro. 6 o 7, deben colocarse a 40 cm y 80 cm del primero, respectivamente. Es importante recordar que el trasplante del sacha inchi, se deberá realizarse después de haberse instalado el sistema de tutoraje, para no maltratar las plantas.

Propagación. Se propaga fácilmente por semilla, la cual es abundante. La siembra se hace directamente en el campo definitivo, colocando las semillas por golpe o en el sistema "tres bolillo" (Manco, 2006).

Podas. Arévalo (1996), menciona que las podas se realizan con la finalidad de dar un buen manejo al cultivo y formar la planta, a fin de incrementar la producción y facilitar la cosecha. La poda mejora la distribución de la luz, facilita la aireación y permite la distribución de los frutos en lugares accesibles para la cosecha.

De acuerdo a Arévalo (1996), se debe tomar en cuenta dos tipos de poda.

- Poda de formación: Con la finalidad de eliminar ramas o guías que se encuentran a la altura del 1er. alambre a 40 cm del suelo (“en espaldas”) a fin de formar una “horqueta”.
- Poda de producción: En etapa productiva, la poda se debe realizar en un periodo de cada una a dos cosechas.

2.5.3. Características ecológicas apropiadas

El sachá inchi es natural de bosques tropicales húmedos y muy húmedos. *Plukenetia volubilis* L. es perenne, es una planta silvestre y en proceso de domesticación, con una gran variabilidad. Su clasificación se ha hecho con base a ecotipos que corresponden a 50 grupos étnicos de la Amazonía Peruana, y que corresponden a culturas nativas selváticas, que sobreviven en parte, gracias a esta almendra oleoproteica de gran valor nutricional (IIAP, 2009).

Altitud. Manco (2006), indica que el sachá inchi se adapta desde los 100 a 2000 msnm; registrándose asimismo las mejores semillas (> 12 mm) en lugares desde los 600 msnm. Por su parte Arévalo (1996), señala que el sachá inchi crece desde los 100 msnm, en la selva baja, hasta 1500 msnm, en la selva alta.

Temperatura. Arévalo (1996), señala que las plantas de sachá inchi crecen y se desarrollan plenamente, a rangos de temperatura que caracterizan a la Amazonía (mínima 10°C y máxima 36°C); algunas experiencias señalan que las altas temperaturas aumentan la reproducción de

nematodos, ocasionando una mayor infestación. Las temperaturas por encima de la máxima, ocasionan la caída de las flores y frutos pequeños, especialmente los recién formados.

Luz. Dorset *et al.* (2009), afirman que cuando existen bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo; cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto la producción es menor. Arévalo (1996), indica que con el sistema de tutores vivos con *Erythrina* sp., manejando la sombra con podas, el sachá inchi tiene un buen comportamiento.

Humedad relativa. Una alta humedad relativa, con fuertes precipitaciones pluviales, condiciona un desarrollo vigoroso de la planta, aunque puede resultar propicio para la proliferación de enfermedades. A una humedad relativa del 78% y una temperatura media de 26°C, se observa plantas de sachá inchi prácticamente libres de enfermedades (Arévalo, 1996).

Agua. Dorset *et al.* (2009) y Manco (2006), señalan que las plantas requieren de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido, siendo mejor si las lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los 12 meses del año (850-1000 mm). Por lo tanto el riego es indispensable en los meses secos, dado que los períodos relativamente prolongados de sequía o de baja temperatura causan un crecimiento lento y dificultoso. Sánchez y Amiquero (2004) citados por IIAP (2009), señalan que la precipitación óptima para el sachá inchi es desde 1000 mm a 1250 mm.

Suelos. Ensayos realizados en la Estación Experimental El Porvenir (Arévalo, 1996), demuestran que el sachá inchi prospera en suelos arcillosos (más de 50% de arcilla) y francos arenosos (más de 60% de arena), indicando esto que es una planta versátil, que muy fácilmente se adapta a diferentes tipos de suelos, pudiendo establecerse hasta en colinas. Valles (1993), menciona que el sachá inchi es una planta agrónomicamente rústica, que le permite, incluso, crecer en suelos ácidos y con alta concentración de Aluminio.

El Proyecto Perú Biodiverso (2009), señala que las características fisiográficas y de suelos óptimos para el cultivo del sachá inchi son:

- Pendiente: 0% a 35%.
- Topografía: entre plana y ondulada.
- Textura: suelos de franco-arcillosos a francos.
- pH: se desarrolla en un rango de 5.5 a 7.5.
- Suelos no alcalinos.
- Contenido de materia orgánica de medio a alto.
- Presencia mediana a baja de piedras.
- Fertilidad de media a alta.

Drenaje. Arévalo (1996), señala que la poca absorción de agua y nutrimentos por la planta, así como el crecimiento anormal y superficial de las raíces, hacen que éstas se tornen más vulnerables al ataque de nematodos y enfermedades radiculares. Por lo tanto el sachá inchi necesita terrenos con drenaje adecuado, que eliminen el exceso de agua tanto a nivel superficial como profundo. Para un buen drenaje se debe considerar la textura del suelo.

Fertilidad del suelo. Arévalo (1996), indica que los nutrientes requeridos para el óptimo desarrollo y producción del sachá inchi, aún no han sido determinados, sin embargo, si nos referimos a la absorción de éstos, en suelos francos y de buen drenaje, las raíces pueden penetrar más profundamente y como resultado tener un mayor acceso a los nutrientes del suelo. El roce, tumba y quema del bosque, hacen que ocurran cambios significativos en las propiedades químicas y físicas del suelo. La magnitud y duración de estos cambios dependen de muchos factores como tipo de vegetación que se ha desboscado, clima y las propiedades del terreno. En suelos ácidos estos cambios son beneficiosos porque aumentan el contenido de elementos disponibles, tales como calcio, magnesio, fósforo y potasio, neutralizándose parte del aluminio intercambiable. La aireación insuficiente, compactación e inadecuada conservación del suelo, uso de tierras inapropiadas, excesiva acidez del suelo, alcalinidad, presencia de elementos esenciales o aplicación de una fertilización no adecuada, son condiciones adversas que se pueden presentar en los suelos cultivados con "sachá inchi".

Cultivos de cobertura. Arévalo (1996), señala que el uso de cultivos de cobertura de crecimiento rápido, es una práctica de conservación de suelo muy importante; especialmente en aquellos terrenos con pendientes, en los cuales la cobertura vegetal controla la erosión. Otro beneficio importante de los cultivos de cobertura es el control de malezas, pues al propagarse rápidamente cubren todo el suelo y entonces la proliferación de las malezas se hace nula o casi nula. De allí la importancia que tiene el elegir un cultivo de cobertura; ya que éste además de controlar la erosión y las malezas, no debe competir con el "sacha inchi" en cuanto a nutrimentos. Las leguminosas *Desmodium ovalifolium*, *Indigofera* sp, *Arachis pintoi*, entre otras, pueden usarse como coberturas en el "sacha inchi".

2.5.4. Plagas y enfermedades que atacan al cultivo

Las larvas comedoras de hojas, insectos chupadores de fruto en su estado lechoso, hormigas y grillo topo, este último ataca al cultivo en su etapa inicial de desarrollo vegetativo, cortando a la planta en el cuello. Se ha observado ataques tempranos de "nematodo del nudo". Otras plagas son los cortadores de tallos (grillos y hormigas), comedores de hojas (hormigas, larvas de mariposas y diabroticas), minadores de hojas ("mosca minadora" del género *Liriomyza*), comedores de frutos y raspadores de tallos (probablemente hormigas del género *Atta*), picadores- chupadores (pulgones, cigarritas, trips), dalis en tallos y ramas por queresas (Arévalo, 1996).

Entre las principales enfermedades causadas por hongos, se tiene a manchas foliares por *Alternaria* sp., tallos afectados por *Colletotrichum* sp. y *Cronartium* sp.; los frutos son afectados por oidiosis, pudrición de raíces por *Fusarium* sp., los nematodos del género *Meloidogyne* ocasionan daños en las raíces (IIAP, 2009).

2.6. Experiencias con el cultivo de sachá inchi en Bolivia

Guillén (2013), señala que el año 2010, en base a la existencia de la especie silvestre *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) en la región amazónica de La Paz, el Fondo nacional de Desarrollo Alternativo (FONADAL) introdujo desde la República de Perú, dos variedades

mejoradas de esta especie: "Pinto Recodo" y "Chirimoto"; la primera se estableció y desarrolló con éxito, bajo las condiciones del Alto Beni y Palos Blancos, en el norte del Departamento de La Paz. A partir de vivero y siembra directa, el año 2011 se establecieron 10 hectáreas donde se demostró la factibilidad del cultivo; el año 2012 se difunde a escala comercial, llegando a más de 60 hectáreas con sachá inchi en la zona, con proyecciones de iniciar su producción a mediados del año 2013. Adicionalmente, y a partir de análisis de la calidad nutritiva del aceite de sachá inchi, obtenido del grano producido en la zona, determinó contenidos elevados de grasas no saturadas beneficiosas (ácidos Omega 3, 6 y 9) que resaltan la calidad del producto.

En esta misma zona del Norte del Departamento de La Paz, en la Estación Experimental de Sapecho, se han desarrollado varios trabajos de tesis de la Universidad Mayor de San Andrés, con el sachá inchi; como ejemplo, es el caso de Canaviri (2012), que trabajó con sistemas de producción, evaluando ecotipos y periodos y Villca (2012), evaluando también ecotipos de sachá inchi en fase de vivero, con fines de introducción de la especie en la zona.

Por su parte, en base al trabajo del Proyecto “*Análisis de la Producción Agrícola del Sachá Inchi en el Trópico de Cochabamba*” (ejecutado por el CIF y AGRUCO, entre septiembre de 2012 a junio de 2013), Meneses *et al.* (2013 a), señalan que a partir del año 2010, el Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” (CIF), trabajó con la especie *Plukenetia volubilis* L. (sachá inchi) en la Unidad Académica "Valle de Sacta" de la UMSS, en la zona del trópico de Cochabamba. En base a alentadores resultados, el año 2012, el CIF y AGRUCO, gestionaron un proyecto para promover y difundir el cultivo de sachá inchi, en el Trópico de Cochabamba, logrando el apoyo financiero del Fondo Nacional de Desarrollo Alternativo (FONADAL). Así, durante septiembre de 2012 a junio de 2013, se ejecutó el Proyecto *Análisis de la Producción Agrícola del Sachá Inchi en el Trópico de Cochabamba*, estableciendo un total de 7.4 hectáreas de sachá inchi, en 14 parcelas entre las poblaciones de Villa Tunari y Entre Ríos, trabajando con municipios, productores y la UMSS. A partir de la producción de plantines de sachá inchi en vivero, análisis de suelos, factibilidad técnica de la producción y la calidad del aceite obtenido con el grano producido en la zona, se concluyó en la necesidad de continuar con una fase agronómica e industrial para consolidar la opción del sachá inchi, como cultivo alternativo en la región tropical de Cochabamba.

A continuación, en base a Meneses *et al.* (2013 b) y Meneses 2013, se describe de manera general las características botánicas y agronómicas del sacha inchi, en base al trabajo desarrollado por el Proyecto *Análisis de la Producción Agrícola del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba*:

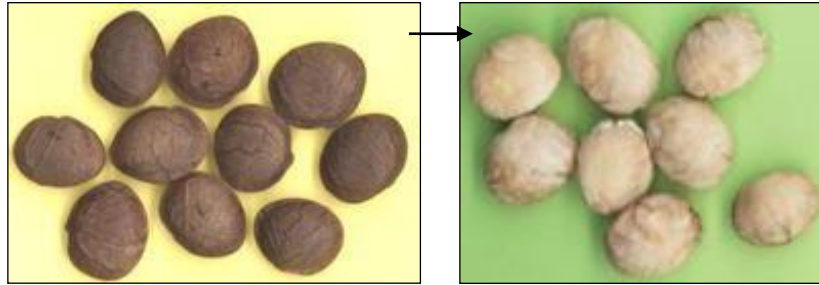
2.6.1. Información general nacional, en base a su cultivo en el Trópico de Cochabamba

La especie *Plukenetia volubilis* Linneo (sacha inchi), es del Orden Geraniales, Familia Euphorbiaceae, es una planta nativa de la Amazonía de Bolivia, Perú y Brasil. Como referencia, en nuestro país, en el pueblo originario Mozetén en Covendo (La Paz), se da información de la utilización del grano de sacha inchi, desde tiempos remotos y se tiene constancia de la existencia de plantas nativas en actual producción, las cuales, indican los pobladores de la zona, datan como mínima de hace más de 30 años (planta ubicada a un costado del vivero de Covendo, enredada a más de 20 m, sobre un árbol del lugar, mostrando frutos en desarrollo, en junio de 2013). El sacha inchi es una planta monoica, semileñosa y trepadora (liana), de crecimiento indeterminado agresivo. Tiene un alto nivel de polinización cruzada, lo cual implica que se trata de una especie alógama.

A manera de ilustración, se presentan las siguientes fotografías de las parcelas de sacha inchi, manejadas por el CIF en el Valle del Sacta (en terrenos de la UMSS):



Planta, fruto verde y seco de sacha inchi producido en el Valle del Sacta. Los frutos son cápsulas de 3.5 a 4.5 centímetros de diámetro, con 4 a 5 lóbulos aristados. Dentro de la cápsula se encuentra la semilla. Algunos frutos presentan cápsulas con más de 5 lóbulos.



Grano de sachá inchi con y sin cáscara: El grano es ovalado, de color marrón oscuro, ligeramente abultada en el centro y aplastada hacia el borde. Su diámetro fluctúa entre 1.3 y 2.1 cm. Quitando la cáscara de la semilla, se tiene la almendra de color blanquecino de la se extrae el aceite, principal producto derivado del sachá inchi.



Inflorescencia: Racemosa, alargada, monoica (bisexual) de 5 a 18 cm de largo; las flores masculinas son pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimo. Las femeninas se encuentran en la base del racimo y se ubican lateralmente de una a dos flores.

2.6.2. Cultivo en el Trópico de Cochabamba

El sachá inchi puede cultivarse, desde el nivel del mar hasta los 2700 msnm. Actualmente, en Bolivia, se cultiva en las regiones del Alto Beni en La Paz y del Chapare en Cochabamba. Es una planta netamente de clima tropical y sub tropical.

En base a la experiencia desarrollada en el Trópico de Cochabamba por la UMSS y el FONADAL (Meneses *et al.* 2013 a, 2013 b y Meneses 2013), se puede señalar los siguientes parámetros generales sobre el sachá inchi y su cultivo:

- **Suelos:** Es una planta que se adaptó a suelos arcillosos y ácidos, con alta concentración de Aluminio. En el trópico de Cochabamba se ha establecido, con éxito, siete hectáreas en suelos de las siguientes características generales:
 - ✓ pH: de 4.1 (Sacta) a 5.4 (Chipiriri)
 - ✓ Materia orgánica (%): de 1.19 (Chimoré) a 4.51 (Villa Tunari)
 - ✓ Aluminio (meq/100 g): de 0.2 (Sacta) a 7.4 (Chimoré, hacia Tacuaral)
 - ✓ Fósforo disponible (ppm) de 1.1 (Puerto Villarroel) a 14.2 (Chipiriri)
 - ✓ Textura de suelo: de franco a franco arcillo limoso

- **Agua:** El sachá inchi requiere de disponibilidad permanente de agua. Períodos relativamente prolongados de sequía o de baja temperatura, causan un crecimiento lento y dificultoso. Por otra parte, el exceso de agua incrementa los daños por enfermedades, por ello se necesita terrenos bien drenados, que eliminen el exceso de agua, tanto a nivel superficial como profundo.

- **Luz:** A bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su fase vegetativa; cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto la producción es menor.

- **Multipliación:** La semilla de sachá inchi tiene altas tasas de germinación apenas cosechada y se mantiene con este potencial durante varios meses. Es recomendable utilizar, como semilla, grano seleccionado (sano, grande, lleno). Su multiplicación puede hacerse a través de vivero (FONADAL *et al.*, s/f) o mediante siembra directa. Por experiencias del CIF y AGRUCO, esta última práctica es la más recomendable, dado el elevado vigor y rapidez de crecimiento del sachá inchi. La siembra directa reduce costos y tiempo en su establecimiento. Debe sembrarse dos semillas por sitio y luego ralearse a una sola planta en cada sitio de siembra.

- **Distancias para la plantación:** Dependiendo de la topografía del terreno, la fertilidad de los suelos, pero principalmente del sistema de cultivo (puro o asociado), el distanciamiento recomendado es de 3 metros entre plantas * 3 metros entre hileras. Con este distanciamiento se tiene 1111 plantas por hectárea.

En el Trópico de Cochabamba, a fin de evitar monocultivos o mantener frutales ya establecidos y la topografía de la zona, las distancias indicadas pueden ampliarse a 5 m entre líneas manteniendo los 3 m entre plantas; con estas distancias se logra 667 plantas/hectárea. Las plantas deben estar a una distancia de 10 a 15 cm de los tutores vivos instalados sin espaldera. En el caso de tutores muertos con espalderas, la planta deberá ubicarse al centro de dos tutores muertos continuos.

- **Tutoraje:** Dado el tipo de crecimiento del sacha inchi, se requiere instalar sistemas de tutoraje, antes de la siembra o plantación del cultivo. Para ello se puede utilizar tutores muertos o vivos o una mezcla de ambos. En el primer caso la mejor opción es el poste de cuchi (*Astronium urundeuva*) y en el segundo caso, el cuchi verde (*Gliricidia sepium*).

En base a experiencias del Proyecto *Análisis de la Producción Agrícola del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba*, desarrollado entre septiembre de 2012 a junio de 2013, a lo largo del eje Villa Tunari – Entre Ríos (Meneses, 2013), se recomienda un sistema mixto si las condiciones económicas así lo permiten o en su defecto solamente la utilización de tutores vivos de la especie indicada, la cual se tiene disponible en la zona.

En el caso de tutores muertos de *cuchi*, si bien son los más adecuados, su costo limita su utilización, ya que al no existir este tipo de madera en el trópico de Cochabamba, la única opción es conseguirlo en mercados de Santa Cruz, donde este insumo llega desde Camiri o desde el Chaco Boliviano. Para el año 2012, el precio por poste estándar de cuchi de 2.20 m de largo, era de 43 Bs, puesto en el Chapare. Se recomienda utilizar un tutor vivo por cada planta de sacha inchi. En campo, los tutores deben colocarse a una profundidad de 0.5 m, quedando 1.70 m por sobre el nivel del suelo.

A manera de espaldera, entre los postes, se debe colocar dos filas de alambre galvanizado (Nro. 12): la primera, a 0.8 m del suelo, y la segunda al nivel del tope del tutor, es decir 1.7 m. En campo, una vez que el sachá inchi emite guías, éstas deben amarrarse con una cuerda al alambre colocado entre los tutores, a fin de distribuir las guías de manera homogénea para facilitar las podas y la conducción de la planta. Manejando el sachá inchi en sistemas de espaldera, se recomienda iniciar la conducción de la planta, formando una horqueta utilizando hilos, cuerdas y/o varas, lo cual permitirá distribuir adecuadamente la planta en la espaldera.

- **Podas:** En el sachá inchi es necesario un trabajo sostenido de podas de conducción de la planta, a fin de tenerla bien conformada, vigorosa y fuerte. Al conducir las ramas en el tutor se obtendrá mejores condiciones para el desarrollo del cultivo, mejorando la aeración y logrando un mayor ingreso de luz solar. Se tiene dos tipos de podas:

⇒ **Poda de formación.** Con la cual se busca conducir la planta, en base a dos ramas en forma de horqueta, las cuales se las coloca (con ayuda de hilos) sobre el alambre que va entre los postes tutores. En base a este criterio general, se deben eliminar todas las ramas o guías que crezcan a una altura menor de 50 centímetros del suelo. Esta poda se debe realizar hasta antes de los dos meses pos siembra o trasplante.

⇒ **Poda de producción.** Busca favorecer el desarrollo de ramas productivas, eliminando, ramas secas, enfermas e improductivas para facilitar el crecimiento de ramas donde sea evidente la floración. Esta poda se realiza cuando la planta empieza a producir, podando cada 30 a 60 días luego de la cosecha. Se debe evitar que las ramas lleguen al suelo, despejando unos 20 cm entre el suelo y la rama basal. Por otra parte debe evitarse el crecimiento de guías que se enlacen entre filas.

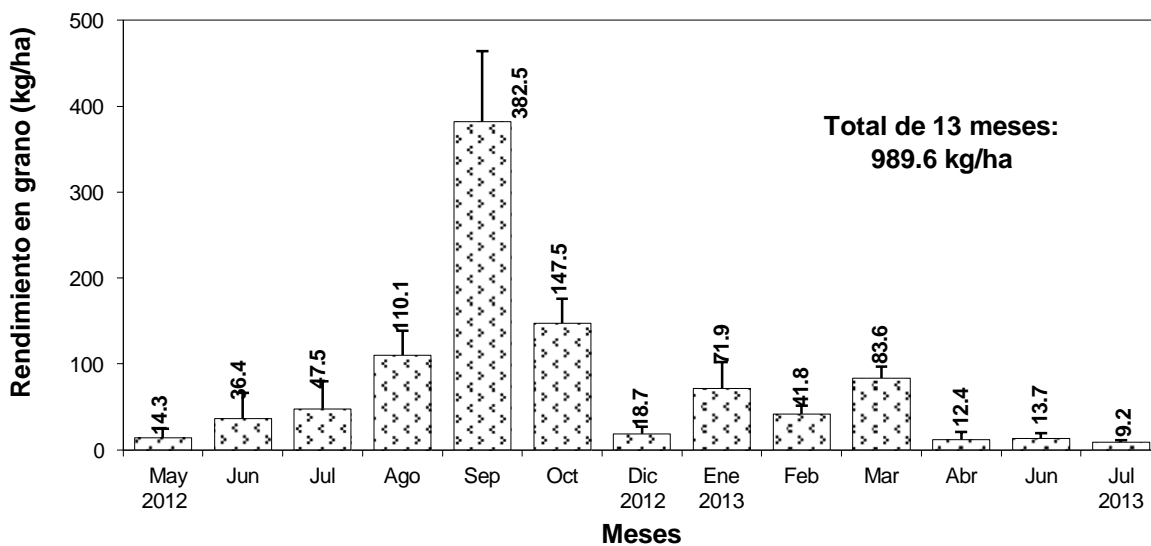
- ***Limpieza y control de malezas:*** La maleza está formada por plantas que compiten por espacio, agua, luz y nutrientes, dificultando el crecimiento del sachá inchi. Es necesario realizar la limpieza manual de maleza con machetes y con equipos mecánicos como motosegadora. La materia vegetal cortada, que no presente enfermedades ni plagas, se puede colocar en las calles del cultivo, a manera de *mulch*, para disminuir la proliferación de malezas, mejorar la retención de humedad y evitar procesos de erosión.
- ***Asociación con otros cultivos:*** En función al sistema de cultivo de calles de 3 o 5 m de ancho, el sachá inchi puede asociarse con cultivos anuales, bianuales y/o permanentes en su hábitat natural, de porte bajo para evitar el sombreamiento del sachá inchi. Así, en condiciones del trópico de Cochabamba, entre las hileras de sachá inchi, puede cultivarse frijol, arroz, piña y otros cultivos de porte pequeño. Por otra parte, considerando que el sachá inchi tiene un ciclo de cultivo de 10 años, al sexto o séptimo año se puede colocar en las hileras plantas frutales o forestales, de tal modo que una vez que se decida renovar el cultivo de sachá inchi, en la parcela se tenga un huerto establecido y en inicio de producción. Esta asociación puede hacerse, en el caso de frutales, con cítricos en general, y con especies “nuevas” para la zona, como por ejemplo *Nephelium lappaceum*(rambután) *Theobroma grandiflorum* (copuazú), *Theobroma bicolor* (pataste) entre otras, todas ellas ya establecidas en el Valle de Sacta.
- ***Cosecha:*** En el Trópico de Cochabamba, esta especie inicia su producción a los 6 a 8 meses del transplante o siembra directa, variando en función al manejo del cultivo, en esta primera fase principalmente el desmalezado, podas y conducción de la planta en sistemas de espaldera. Se debe cosecha frutos secos, que en la planta se tornan de color café a negro. La cosecha se la hace de forma manual cada 15 días.



Los frutos verdes tienen una media de 80% de humedad, mientras que en los frutos secos este valor baja a 28%

La época de mayor producción es cuando existe más frecuencia de lluvias. La siguiente figura detalla el ritmo productivo de parcelas de sachá inchi que maneja el CIF en el Valle de Sacta. Debe hacerse notar que los datos corresponden a una parcela en la cual se ha hecho muy poco manejo en cuanto a podas, por tanto se entiende que los datos que se muestran son valores mínimos de producción de esta especie en el trópico de Cochabamba.

Figura 1. Rendimiento (kg/ha) mensual de grano de sachá inchi en parcelas establecidas el año 2011 en el Valle de Sacta.



(Las barras en cada columna indican la desviación promedio, a partir de 5 muestreos realizados en la parcela de sachá inchi del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" en el Valle de Sacta).

Las cápsulas cosechadas se las debe dejar secar de manera natural por un lapso de 24 a 48 horas, en pisos de cemento. Del secado del grano y su almacenamiento, depende la calidad de los sub productos del sachu inchi. Así, el grano debe almacenarse como máximo, por un tiempo de 60 días, un mayor tiempo afecta la calidad alimenticia y nutricional de los subproductos, en especial del aceite.

2.6.3. Características del aceite de sachu inchi obtenido a partir de su producción en el Trópico de Cochabamba

El aceite que se obtiene del grano de sachu inchi tiene una excelente calidad para consumo humano. Su composición y calidad nutricional es ideal para mejorar la dieta de niños, jóvenes, adultos y ancianos. Tiene proteínas, aminoácidos, ácidos grasos esenciales (omega 3, 6, y 9) y vitamina E, en mayor proporción que el aceite de especies utilizadas en nuestro medio, como es el caso de soya, maíz, girasol y otras.

Trabajos de investigación de la calidad del aceite de sachu inchi, indican la importancia nutricional y terapéutica de su consumo, para el control de los radicales libres y una serie de enfermedades que estos originan en el organismo humano.

En base a pruebas de calibración de equipos específicos de la *Planta Piloto del Centro de Tecnología Agroindustrial* de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UMSS (el 23 de Septiembre y 14 de Octubre de 2013), se tiene datos (Cuadro 1) que se los debe considerar de referencia, ya que de seguro variarían en función a las características técnicas y funcionales de los equipos empleados, para la extracción de aceite de sachu inchi:

Cuadro 1. Datos referenciales sobre la relación grano / almendra y tasa de conversión de almendra a aceite y torta en la extracción de aceite de sachu inchi.

Relación grano a almendra:	Conversión de almendra a aceite y torta:
2.12 kg de grano (almendra con cáscara) para obtener 1 kg de almendra	3784 g de almendra u 8 kg de grano (almendra con cáscara) para obtener 1 litro de aceite y 2400 g de torta
<i>La almendra para extracción del aceite tiene una media de 5% de humedad</i>	<i>Peso específico del aceite obtenido: 0.93 g/ml</i>



Productos que llegan al país desde Perú: Aceite (75 Bs/250 ml); mayonesa (42 Bs/350 ml).



Medición y envasado del aceite obtenido en la UMSS con grano de sachá inchi procedente del Valle de Sacta (Cochabamba) y del Alto Beni (La Paz).



El Cuadro 2 muestra datos de análisis de laboratorio del aceite de sachá inchi, obtenido a partir de producción nacional, en Covendo (Norte de La Paz).

Cuadro 2. Contenido de ácidos grasos (en porcentaje), en muestra de aceite de sachá inchi, producido en la región del Alto Beni de La Paz.

Ácidos Grasos Totales	Contenido (en %)
Ácidos saturados totales	5.35
Ácidos monoinsaturados totales	6.30
Ácidos poliinsaturados totales	74.28
Ácidos insaturados totales	80.57
Ácidos grasos trans	0.00
Ácidos grasos Omega 3	49.14

Fuente: Adaptado de Guillén (2013), a partir de datos de laboratorios de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor de San Andrés (La Paz, Bolivia).

Destaca el contenido de Omega 3 de esta especie, cuyo valor es uno de los más altos entre las oleaginosas conocidas a nivel mundial; de ahí su gran importancia a nivel de salud humana.

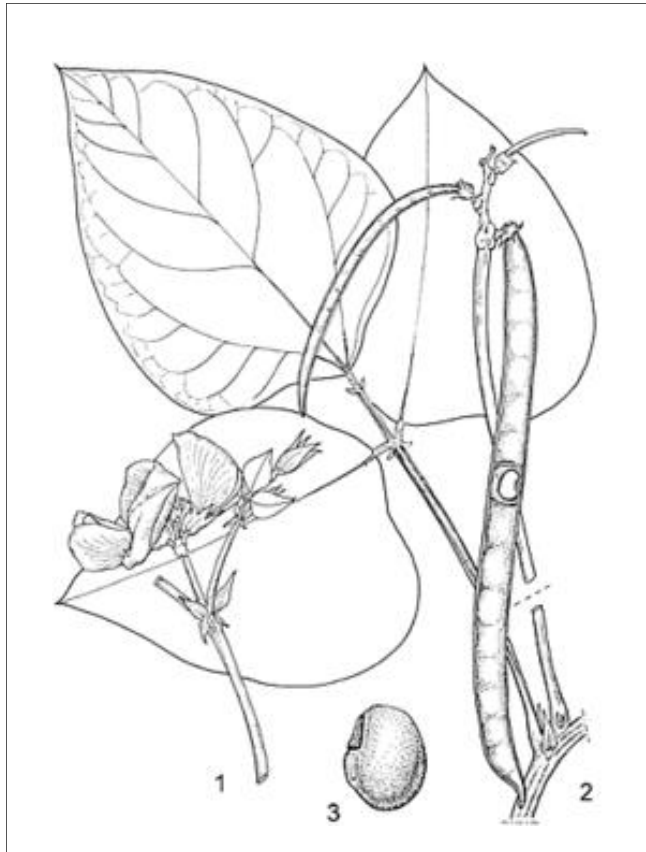
2.7. El caupí o vigna (*Vigna unguiculata*)

La especie *Vigna unguiculata* (L) Walp. (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *dekindtiana* (Harms) Verdc.), también conocida como “frijol camba”, “frijol caupí”, “chícharo salvaje” o “judía de careta”, es una especie de leguminosa originaria de África pero se desconoce el primer lugar donde se dio su domesticación primaria (Peters *et al.*, 2005, Skerman *et al.*, 1991). En nuestro medio, también se la identifica solo como “vigna”.

Se reconocen dos centros de diversidad, uno en el oeste de África (para los cultivares del tipo *Unguiculata*) y otro en la India y el sud este asiático (para los cultivares de los grupos *Biflora* y *Sesquipedalis*) (Pandey y Westphal, 1989). A la fecha, la especie es cultivada en los trópicos y subtropicos secos, entre 35 °N y 30 °S, siendo común en Asia y Oceanía, sur de Europa, África, sur de USA y América Central y Sur (Cook *et al.*, 2005).

Se clasifica a esta especie como *Vigna unguiculata* (L) Walp, aclarando que del género *Vigna* se encuentran hasta 150 a 190 especies en los trópicos del mundo. Pertenece a la familia Fabaceae (Leguminosae), sub familia Faboideae; tribu Phaseoleae; sub tribu Phaseolinae, otros nombres comunes son: cowpea, caupí, blackeye pea, cabecita negra, entre otros (Cook *et al.*, 2005). En el Oriente del país también es conocido como “frijol camba”.

Su cultivo se ha extendido a gran parte de América y Asia en sus más de veinte variedades, cuyas semillas comestibles se caracterizan por poseer un alto contenido en proteínas y fibra, además de ser una fuente excelente de minerales, como el potasio, hierro, selenio, molibdeno y ácido fólico. Se trata de una planta anual, con hábito de crecimiento arbustivo y también voluble o de enredadera, de tallos ramificados, hojas desiguales y trifoliadas, levemente pubescentes, produce flores amarillas, violeta clara o blancas. Su fruto se presenta como legumbre lineal y cilíndrica de color variable, conteniendo de 4 a 12 semillas, cada una de las cuales tiene forma redonda o arriñonada y presenta una mancha negra en la parte central que le da el aspecto particular de “careta” que origina uno de sus nombres comunes (FAO, 2005).



Vigna unguiculata: 1: Vaina y tallo.
2: Inflorescencia. 3: Semilla
(Fuente: Pandey, R. y Westphal, E., 1989).



Semilla de ecotipos de *Vigna unguiculata* evaluados por el CIF en el valle de Sacta.



Desarrollo de un ecotipo de caupí a 63 días de la siembra en el Valle del Sacta (Angola, 2006).



Izquierda: Caupí en plena floración. **Arriba:** Flores típicas de caupí. **Abajo:** Desarrollo de vainas.
(Tomado de Peters *et al.*, 2005).

En cuanto a sus usos y aplicaciones, el caupí es una de las leguminosas de mayor uso en el área tropical. Su grano es empleado para consumo humano, especialmente en África. Tiene un alto potencial como abono verde. Se reporta que incorporando el follaje al suelo a las 8 a 10 semanas después de la siembra, se incorpora el equivalente a 80 kg/ha de N para el siguiente cultivo, gracias a la Fijación Biológica de Nitrógeno, por un proceso de simbiosis con bacterias de *Rhizobium*, a nivel de las raíces de esta leguminosa (Pijnenborg *et al.*, 1996).

En Bolivia, uno de los pocos trabajos donde se evaluó la biomasa es el de Mendieta *et al.* (2004), utilizando esta especie como abono verde para incrementar la fertilidad de los suelos en el municipio de Torotoro (Potosí, Bolivia), reportando un rendimiento promedio (estimado en base seca) de aproximadamente 3200 kg/ha, en el sur del Departamento de Potosí, en una zona templada de valle a sub trópico. Esto muestra la gran capacidad de adaptación de esta especie.

El caupí se adapta a un amplio rango de tipos de suelo, con amplio rango de tolerancia a la acidez, incluso a pH 4 y suelos de baja fertilidad. No tolera periodos largos de encharcamiento ni condiciones salinas de suelos. Es moderadamente tolerante a la sequía. Prefiere zonas como precipitación de 650 mm/año a 2000 mm/año. Es muy susceptible al frío y prefiere 25°C a 35°C como óptima temperatura, crece desde 0 a 1500 msnm.

Pandey y Westphal, 1989, destacan los siguientes aspectos en la cumanda:

- La especie es moderadamente tolerante a la sequía pero no soporta excesivos encharcamientos. Soporta regímenes de precipitación que van de 650 a 2000 mm, para forraje es más adecuado un rango de 750 a 1100mm de lluvia.
- Las especies de *Vigna unguiculata* con alta producción de biomasa, pueden ser incorporadas al suelo como abono verde a las 8-10 semanas después de la siembra; se estima que esta biomasa provee un equivalente a 80 kg/ha N para el siguiente cultivo.
- Es una especie extremadamente susceptible a las bajas temperaturas, siendo el rango óptimo de 25 a 35 °C.

- Es moderadamente tolerante a la sombra. No tolera la quema.
- Su valor nutritivo es alto, así se reporta un 14 a 21% de proteína cruda en el follaje verde y 18 a 26% en el grano. La digestibilidad in vitro del follaje es mayor al 80%.

Su ciclo completo es de 90 a 120 días y cuando tiene buenas condiciones para su desarrollo, puede llegar a cubrir el 100% de cobertura a los 120 días después de la siembra. El caupí es una especie que se usa con varios propósitos: como cultivo de cobertura o abono verde para mejoramiento de suelos, como alimento para animales, destacando sus niveles de proteína principalmente, como una especie para asociación con cultivos y rotación de cultivos temporales (Meneses *et al.*, 2007).

En cuanto a sus limitaciones, esta especie es susceptible a varias plagas y enfermedades y es hospedera de varias plagas propias del género *Phaseolus* (Cook *et al.*, 2005).

El caupí es una especie que se usa con varios propósitos:

- Como cultivo de cobertura o abono verde para mejoramiento de suelos.
- Como alimento para animales, destacando sus niveles de proteína principalmente.
- Como especie para asociación con cultivos y rotación de cultivos temporales.

Cook, B., *et al.* (2005), indican una producción potencial, en base seca, de 3 a 10 t/ha en 8 a 12 semanas; llegando a una producción de grano entre 250 kg/ha a 4000 kg/ha.

En cuanto a sus limitaciones, esta especie es susceptible a varias plagas y enfermedades y es hospedera de varias plagas propias del género *Phaseolus*.

2.7.1. Experiencias con *Vigna unguiculata*, en el Valle del Sacta

El CIF “La Violeta” trabajó con esta especie desde el año 2003, en el fundo Valle del Sacta de la UMSS en el Trópico de Cochabamba. Así, en agosto de 2003, se estableció un primer ensayo a través de un trabajo de tesis para la FCAyP-UMSS (Quispe, 2006), evaluando tres ecotipos de cumanda (procedentes de mercados de Santa Cruz), una variedad de soya y tres sub especies de cumanda (*Stizolobium* sp.) con fines de abono verde. Además de evaluar el potencial productivo, se analizó la capacidad de competencia de las especies frente a la incidencia de malezas propias del lugar, manejando tratamientos de con y sin control de malezas.

En un segundo año de trabajo, en junio de 2004, en un terreno que en los anteriores 4 años se cultivó especies anuales, se evaluó la producción de biomasa y otras características agronómicas de 6 especies: una variedad de soya (*Glicine max*) cv. Gloria; dos sub especies de *Stizolobium* (mucuna verde y mucuna enana); una entrada de lablab (*Dolichos purpureus* o *D. lablab*), y dos ecotipos de *Vigna unguiculata* (café y blanca). En este ensayo se enfatizó variables de respuesta ligadas al comportamiento fisiológico de las especies, su adaptación y potencial productivo de biomasa con fines a su utilización como abono verde. El trabajo estuvo ligado de manera directa al ex Proyecto *Characterisation of South American Genotypes of Bean for Optimal Use of Light under Abiotic Stress*, del cual el CIF fue contraparte boliviana por la UMSS (OPUSLI, 2005).

Finalmente, el tercer año (2005) y en base a los resultados de los años anteriores, se evaluó en la misma zona, las características agronómicas y productivas (biomasa y grano) de la especie que se mostró más promisoría en los ensayos previos, la cumanda o frijol cambia: *Vigna unguiculata*, mediante el primer trabajo de tesis de la unidad CATREN de la UMSS (Angola, 2006). Este trabajo fue el resultado de un trabajo colaborativo entre el Proyecto OpUsLi y el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) “El Vallecito” de la UAGRM de Santa Cruz, siendo éste Instituto, quién proporcionó 12 ecotipos de caupí recolectados en diferentes zonas de Bolivia, algunos de ellos evaluados y caracterizados en Santa Cruz (Abasto, 2005), para su correspondiente evaluación en condiciones del “Valle del Sacta”.

2.8. El frijol (*Phaseolus vulgaris*)

Ustariz *et al.*, 2023, indican que en idioma quechua es conocido como *purutu*, de donde derivó al castellanizado poroto. En los valles templados de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija, se cultivan frijoles del tipo arbustivo y volubles, como ser los *k'opurus* (que se consumen tostados), los *chuis* (“vaquitas”), y en menor grado los de tipo *pallar* (*Phaseolus lunatus*).

A nivel comercial, este cultivo principalmente se siembra en la región de los llanos en Bolivia, con tipos arbustivos y en los valles cruceños, los tipo alubias (blancos grandes), destinados, principalmente a exportación.

La especie *Phaseolus vulgaris* (frijol común) es una de las leguminosas más importantes, no solamente por su amplia distribución sino también por ser un complemento nutricional muy importante en la dieta alimenticia, especialmente en Centro y Sud América. El frijol es considerado como una fuente alimenticia de gran importancia por su alta calidad: 22% de proteína en grano, y de bajo costo de producción.

Es un cultivo de clima cálido. En general, las plantas se adaptan mejor a los días cortos; son muy susceptibles a las heladas y necesitan una temperatura mínima promedio del suelo de 18°C para germinar bien. Si bien el potencial de producción de grano del frijol es de 5.000 kg/ha, en los países productores más importantes los rendimientos no superan los 3.000 kg/ha. En Bolivia no llega a 1500 kg/ha.

Esta gran brecha entre el potencial fisiológico y la producción a nivel del productor promedio, se debe a la incidencia de enfermedades, daños a causa del ataque de insectos y por limitantes a nivel de suelo y manejo agronómico del cultivo (densidades, riego, control de malezas, etc.)

Choque (2013), señala que el frijol se adapta bien desde 200 hasta 1500 msnm. El cultivo necesita entre 300 a 400 mm de lluvia. La falta de agua durante las etapas de floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento. El exceso de humedad afecta el desarrollo de la planta y favorece el ataque de gran número de enfermedades.

El mismo Autor recomienda que los suelos para el cultivo de frijol deben ser bien drenados, con fertilidad media, de textura franca a franca arcillosa, con un pH de 6 a 7.5. En Bolivia, en todas las zonas de producción de frijol, los suelos reúnen estas características, excepto en el Trópico de Cochabamba, zona de El Chapare, que presenta suelos más ácidos y con limitaciones por contenidos altos en manganeso y aluminio y bajos en elementos menores.

2.9. El bioabono de caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo importante en toda la región tropical de nuestro continente, y a nivel de Bolivia, es de gran importancia en los departamentos de Santa Cruz, Tarija y recientemente La Paz.

Debido a sus características fisiológicas (plantas C4 de alta tasa fotosintética) y al ser un cultivo altamente extractivo de nutrientes del suelo, éstos son sometidos a un manejo intensivo para sostener la producción. Por otro lado, el uso excesivo de fertilizantes, la quema y mecanización son utilizados para aumentar la productividad de los suelos, lo que por consecuencia incide en la reducción de la materia orgánica del suelo, incremento de la erosión y disminución de la densidad de poblaciones microbianas benéficas para el cultivo (Ruiz, 1999; Domínguez *et al.*, 2010).

Actualmente se da gran importancia al uso de alternativas que permitan recuperar los suelos, y dentro de éstas se encuentra el uso de compostas o abonos orgánicos, biofertilizantes, abonos verdes y coberteras (Pérez *et al.*, 2011). La fertilización orgánica mejora la fertilidad y productividad en el suelo, además ayuda a restablecer la biodiversidad y actividad microbiana en suelos degradados (Soto y Muschler, 2001).

Los materiales orgánicos residuales, como los de cosecha y los procedentes de la agroindustria, suelen terminar en el entorno saturando las cadenas tróficas, sin embargo, éstos pueden tener un mejor destino si son sometidos a digestión y transformados en compostas (del latín *composite*: mezcla para fertilizar o renovar la tierra) (Castillo *et al.*, 2000; Arreola *et al.*, 2004).

El producto que se obtiene del compostaje se conoce como humus, éste es una excreta en forma de turrículo (hece fecal de la lombriz) que se caracteriza por su aspecto similar a tierra negra y fresca, y que no desprende olores desagradables (Sánchez-Hernández, 2006).

En Bolivia, desde hace ya varios años, el Ingenio Azucarero “Guabirá” produce el Bio Abono a partir del bagazo de caña que queda como residuo del proceso de extracción del azúcar, en la localidad de Montero, sobre la carretera Montero a Saavedra, en Santa Cruz.

2.9.1. Parámetros generales del Bio Abono de caña de azúcar producido en Bolivia por el Ingenio Azucarero “Guabirá” en el Norte de Santa Cruz

En la página web de la Empresa Guabirá (www.guabira.com/productos/otros-productos/bio-abono.html) se indica que el Bio Abono (código 20012) de caña de azúcar es un fertilizante orgánico que mejora el rendimiento de los diferentes tipos de suelos y preserva el medio ambiente. Sus principales componentes son:

⇒ Nitrógeno: 0.91%

⇒ Potasio: 1.40%

⇒ Fósforo: 2.24%

En cuanto a sus usos y aplicaciones, se indica que es un abono agrícola para plantaciones de alto rendimiento y de amplio uso en jardinería. Su presentación es a granel y para el año 2015, su costo era de 50 Bs por tonelada, puesta en la planta de Guabirá, en Montero. Como referencia, la empresa Guabirá recomienda de manera general, un nivel mínimo de aplicación del Bio Abono, de 10 t/ha.

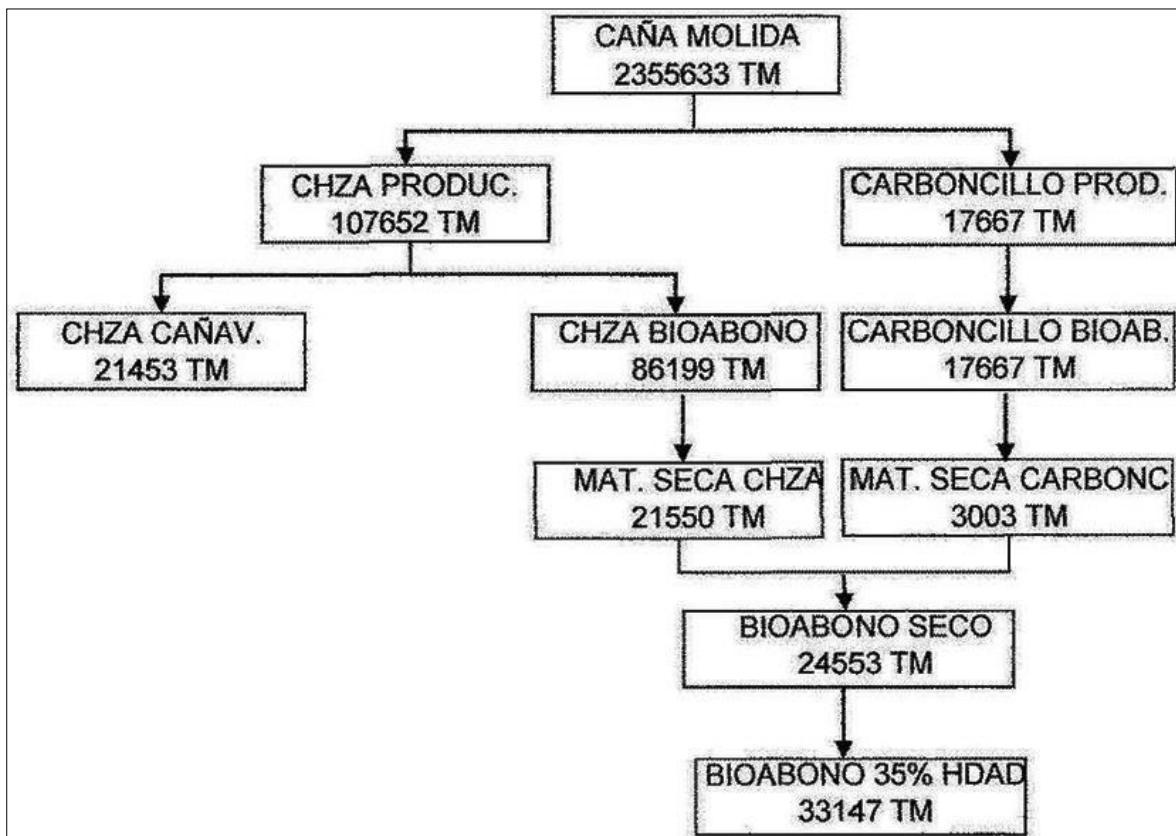
De manera general para transformar el bagazo de caña de azúcar en abono, todo el proceso se inicia con la fermentación que se da en el bagazo de la caña de azúcar después de habersele extraído el jugo en las molineras. Básicamente el bagazo de caña que queda después de habersele extraído el jugo, es picado con maquinaria específica, luego de picado se revuelve todo el bagazo con melaza y agua y se cubre con plástico para evitar contaminaciones no deseadas; este proceso dura entre 90 a 100 días; se debe mojar toda la biomasa del bagazo cada semana y cada 15 días es conveniente dar la vuelta al compost que se va formando.

Se estima de manera muy general, que para obtener 44 quintales de Bio Abono, se requiere de 55 quintales de bagazo de caña de azúcar.

2.9.2. Parámetros técnicos del Bio Abono de caña de azúcar producido en Bolivia por el Ingenio Azucarero “Guabirá” en el Norte de Santa Cruz

Se tiene los siguientes dos cuadros relacionados con la producción del Bio Abono de caña de azúcar, producido y comercializado por el Ingenio Azucarero “Guabirá”:

Cuadro 3. Flujograma de producción del Bio Abono de caña de azúcar y parámetros de conversión en sus diferentes fases desde el bagazo de caña.

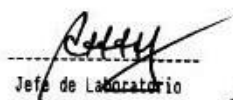


Fuente: COINSER Ltda. / Ingenio Guabirá.

Cuadro 4. Datos de análisis de laboratorio de componentes del Bio Abono de caña de azúcar.


LABORATORIO DEL CENTRO AGRICOLA TROPICAL										Dirección: Av. Ejercito Esq. Irala Tlf. 340284						
Santa Cruz- Bolivia																
ANALISIS FOLIAR										Pag. 1						
Fecha Imp.: 10/19/05	Departamento : Santa Cruz				Fecha Muestreo : 10/03/05											
Remitente : Walter Mustafá	Provincia : O. Santiesteban				Cultivo o uso anterior :											
Dirección : Guabirá	Procedencia : Ingenio Guabirá				Cultivo Muestreado :											
Teléfono :	N. Propiedad :				Parte Muestreada :											
Proyecto : Particular	Dir. Propiedad:				Epoca fisiológica del cultivo:											
Latitud :	Lugar Muestreo:				Presencia de Stress en el											
Longitud :	Fecha Ingreso : 10/03/05				cultivo durante las 3 semanas											
					antes del Muestreo . :											
					Otra información : derivados de la caña											

No. LAB. I	IDENTIFICACION	% SOBRE MATERIA SECA								PPM Sobre Materia Seca.....						
		N	P	Na	K	Ca	Mg	S	M.D.	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	Al	B
1533	Vinaza	.20	.17	.20	.60	.08	.02	.19		69	11	4	25			
1534	Bio-Abono	1.60	5.50	.12	1.10	6.14	.45	.58		13470	541	37	229			
1535	Cachaza	1.10	3.20	.06	.52	4.08	.29	.36		6370	288	24	275			
1536	Carboncillo	.17	.38	.41	2.05	1.02	.42	.29		8510	194	24	67			



Jefe de Laboratorio

Ing. Carlos Herrera Morón
INGENIERO EN AGRICULTURA
CIAT



LABORATORIO DEL CENTRO DE INVESTIGACION
 AGRICOLA TROPICAL
 Casilla 247-Tel. 340284
 Santa Cruz-Bolivia

Fuente: Adaptado de reporte de Laboratorio de CIAT (Santa Cruz) – Información enviada por Alvaro Salinas Roca (COINSER Ltda/ Ingenio Guabirá).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Información general de la zona de trabajo

El presente trabajo de investigación se realizó en predios de la *Carrera de Ingeniería en Agricultura Tropical y Manejo de Recursos Naturales* (CATREN), dependiente de la Universidad Mayor de San Simón, ubicado a 232 km de la ciudad de Cochabamba, sobre la carretera a Santa Cruz (Figura 2).

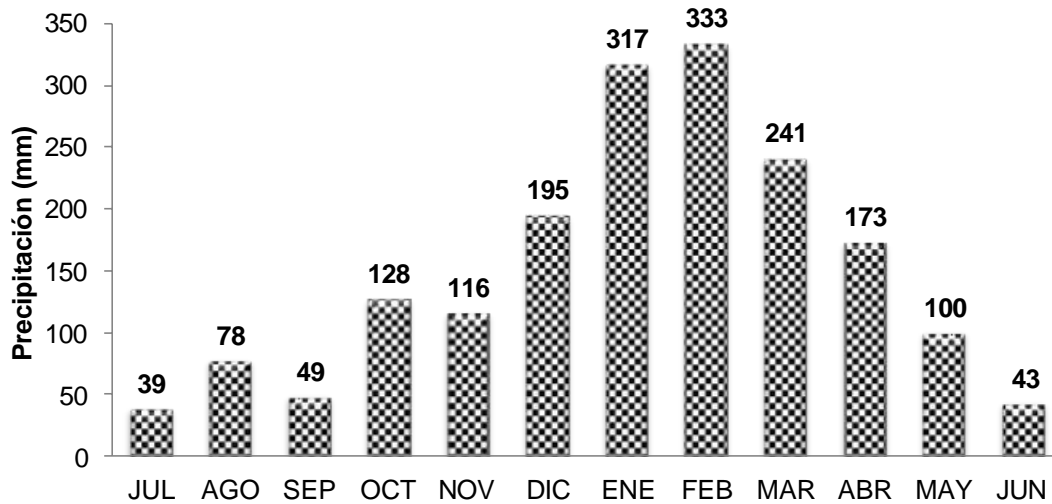
Figura 2. Ubicación general de la zona de trabajo



Geográficamente está limitado por los paralelos $17^{\circ}31'30''$ a $17^{\circ}7'30''$ de latitud Sud y los meridianos $64^{\circ}47'10''$ a $64^{\circ}31'05''$ de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, encajonado entre los ríos Sacta e Izarsama – Zabala,) con elevaciones que van de 195 a 263 msnm (Macias, 1993, citado por Marca, 2010).

De manera general, presenta una temperatura media de 25°C, humedad relativa de 75% a 80%, y una precipitación anual promedio superior a los 3000 mm. La Figura 3 detalla el periodo lluvioso promedio de la zona, mediante el cual se evidencia que el periodo lluvioso se concentra entre los meses de octubre a mayo, teniendo aportes de lluvia, todos los meses del año, con una disminución en el periodo invernal (junio a agosto).

Figura 3. Precipitación mensual en la zona del Valle de Sacta para un periodo agrícola promedio.



La propiedad de la UMSS cuenta con 6.667 hectáreas, políticamente se encuentra en el municipio de Puerto Villarroel, 5^{ta} Sección de la provincia Carrasco, cantón Icuna, del Departamento de Cochabamba.

3.2. Labores realizadas en el trabajo de campo

Como actividad central del Proyecto “*Manejo Agronómico del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba*” (Meneses, 2016), en cuyo marco de trabajo se desarrolló la presente tesis, se establecieron dos parcelas experimentales con sachá inchi, en la Unidad Académica “Valle de Sacta” de la UMSS. Las dos parcelas se denominaron “*PIÑA*” y “*CIF*”. En estas parcelas, además del sachá inchi, se evaluó ensayos con leguminosas de grano (caupí y frijol) en los callejones del sachá inchi, bajo un enfoque de manejo integral de cultivo. En la Figura 4 se detalla la ubicación de las parcelas donde se establecieron las dos parcelas indicadas.

Figura 4. Ubicación de las parcelas con sachá inchi en el CATREN en el Trópico de Cochabamba en terrenos de la UMSS (Fuente: Google Maps).



El trabajo de campo de la presente tesis, se realizó entre los años 2014 a 2016, manteniendo un seguimiento permanente en las parcelas del Valle de Sacta, y ligando acciones puntuales al trabajo desarrollado por el Proyecto antes mencionado. Se debe aclarar que si bien a un inicio se planteó que el manejo de callejones del sachá inchi solamente se haría con caupí, ya en el trabajo de campo, también se sembró frijol en los callejones de las dos parcelas. El Cuadro 5 presenta un listado de actividades ligadas al trabajo de campo de la investigación.

Cuadro 5. Detalle de actividades puntuales de campo del Proyecto *Manejo Agronómico del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba.*

Periodo	Actividades principales
Meses 1 y 2	- Compra de bioabono de caña de azúcar en Montero y traslado al Valle de Sacta.
	- Compra de semilla seleccionada de sachá inchi de “Central Ivirizu” (Shinahota) para trabajos en el Valle de Sacta.
	- Coordinación, seguimiento y participación en trabajos de habilitación de parcela “PIÑA” en el Valle de Sacta. - Siembra de ensayo con frijol variedad RAA 15 (probando el bioabono de caña de azúcar) en callejones de sachá inchi (en la parcela “CIF”), bajo un enfoque de manejo integral del cultivo de sachá inchi.
Meses 3 a 4	- Siembra de ensayo con sachá inchi (en la parcela “PIÑA”), con aplicación de bioabono de caña de azúcar, en terrenos de la Unidad Académica Valle de Sacta, de la UMSS. - Siembra de ensayo con frijol (probando el bioabono de caña de azúcar) en callejones de sachá inchi (en la parcela “PIÑA”), bajo un enfoque de manejo integral del cultivo de sachá inchi.
	- Primera evaluación de crecimiento en ensayos con frijol en la parcela “PIÑA”.
Meses 5 a 7	- Labores culturales en ensayos con frijol en callejones de sachá inchi, en parcelas con sachá inchi. - Resiembra total de sachá inchi en parcela “PIÑA”, debido a una pobre e irregular emergencia de semilla de la siembra de junio de 2015.
	- Evaluaciones de biomasa de follaje y vainas en frijol, del ensayo con frijol, en callejones del sachá inchi en la parcela “PIÑA”. - Limpieza de rodales en sitios de siembra de sachá inchi en parcela “PIÑA”.
Meses 8 a 13	- Evaluación de producción de grano de frijol, del ensayo en callejones de sachá inchi, en parcela “PIÑA”. - Inicio de podas de formación en sachá inchi, en parcela “CIF”.
	- Siembra de ensayo con <i>Vigna unguiculata</i> (caupí), en callejones de sachá inchi, en parcela “PIÑA”, con enfoque de manejo integral del cultivo de sachá inchi.
	- Evaluación de acumulación de biomasa a 20 días de la siembra, del ensayo con caupí, en callejones de sachá inchi en la parcela “PIÑA”. - Podas de formación y conducción, en ensayos con sachá inchi. - Labores culturales en callejones de sachá inchi en parcela “PIÑA”.
	- Evaluación de biomasa en ensayo con caupí, en callejones de sachá inchi en la parcela “PIÑA”, a 50 días de la siembra. - Se continuó con el trabajo de podas de formación, en ensayo con sachá inchi, en las parcelas con sachá inchi.
	- Primeras evaluaciones de producción de grano de sachá inchi en las parcelas experimentales establecidas en el Valle de Sacta.
	- Evaluaciones finales de producción de grano de sachá inchi en las parcelas experimentales establecidas en el Valle de Sacta. - Conclusión del trabajo de campo.

3.3. Materiales e insumos utilizados

Material biológico: El material vegetal utilizado fue semilla de *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) *Vigna unguiculata* (vigna o caupí) y *Phaseolus vulgaris* (frijol), en todos los casos proporcionadas por el Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” (CIF-UMSS) como semilla seleccionada y garantizada, en el caso de las tres especies.

Material orgánico e inorgánico: Los insumos básicos utilizados en el ensayo fueron:

- Bioabono de caña de azúcar
- Fertilizante químico 18:46:00

En el primer caso, el producto se compró en Montero (Santa Cruz) del Ingenio Azucarero “Guabirá”, que comercializa el producto con el nombre de “Bioabono”, a un precio de 50 Bs/t, puesta en la planta de Guabirá en Montero.

Las cantidades empleadas fueron las definidas según el ensayo y en base al diseño experimental.

Material de escritorio y de campo: El material de escritorio fue el básico, y principalmente cámara fotográfica digital, computadora e impresora, papel bond, bolígrafos, tablero. El principal equipo y material de campo fue: cinta métrica, flexómetro, fumigadora, tijeras de podar, desmalezadora, alambre galvanizado, postes vivos y postes muertos, pala, picota, azadón, machete, navaja, clavos, balanza.

3.4. Aspectos metodológicos y de manejo agronómico

Preparación del terreno: La preparación del terreno se realizó con un mes de anticipación a la siembra en las dos parcelas, con el corte de los árboles y limpieza de malezas, removiendo un perfil de suelo de 30 cm de profundidad aproximadamente, en una superficie de 1600 m² equivalente a un “cato”. Posteriormente se trabajó en la recolección y limpieza de los restos de las demás malezas, con duración de 1 semana de trabajo de preparación del área experimental.

Siembra de sachá inchi: El sistema de siembra para el caso del sachá inchi fue de siembra directa, que consistió en preparar rodales con hoyos a cada 3 metros entre plantas y 5 m entre líneas. Una vez abierto el hoyo, se aplicó los tratamientos con el bioabono de caña y el fertilizante 18-46-00. Una vez bien mezclada la tierra del hoyo con los tratamientos, se depositó 2 semillas/golpe a una profundidad de 3 cm a 5 cm.

Siembra de caupí: Solamente se sembró esta leguminosa en la parcela PIÑA. Una vez establecido el cultivo de sachá inchi, en los callejones de 5 m de este cultivo, se sembró el caupí, aplicando tratamientos idénticos a los tratamientos aplicados en el sachá inchi, solo que esta vez se aplicó el fertilizante y el Bioabono en los surcos abiertos para la siembra del caupí, mediante el método de “chorro continuo”, en las proporciones definidas por el protocolo de siembra del ensayo, respetando los tratamientos considerados.

Control de malezas: Durante todo el desarrollo del ensayo, se realizó constantes controles manuales de malezas, hasta las primeras producciones de grano de sachá inchi, según su incidencia. Generalmente en la zona prevalecen las malezas como el pasto amargo, pasto alverjillos, entre varias otras gramíneas. El control realizado fue de forma manual con desmalezadora, rosadora, machete y dejando el rastrojo en campo, a manera de mulch para disminuir la proliferación de malezas y mejorar la retención de humedad.

Control de plagas y enfermedades: En el transcurso de ensayo se tomó las medidas preventivas para controlar los factores bióticos adversos, tales como plagas y enfermedades, más aún si la incidencia ponía en riesgo la población existente de sachá inchi y caupí, en la parcela de evaluación. En el caso del control de plagas en el sachá inchi, se aplicó controles para el ataque de grillos y pulgones.

Cosecha de sachá inchi: La cosecha de sachá inchi se realizó de forma manual, en superficies establecidas en cada unidad experimental, a los 7 a 9 meses de establecida la plantación, tomando en cuenta el parámetro de referencia para la recolección que es el color café a negruzco del fruto, siendo la recolección de forma directa. En todo el proceso de investigación, la cosecha fue según la maduración del fruto, este proceso se realizó en 10 ocasiones alternando entre 2 semanas de cosecha a cosecha.

Poscosecha de sachá inchi: Los frutos cosechados fueron almacenados en cajas, en ambientes frescos, para protegerlos y terminar la fase de secado. Una vez que los frutos estaban totalmente secos y “manejables”, se procedió al desgranado para obtener las almendras características de esta especie, con las cuales se determinó los rendimientos alcanzados en el ensayo.

Cosecha de caupí: En el caso del caupí, la cosecha fue a madurez de grano pero con evaluaciones anteriores de biomasa acumulada (en materia verde y materia seca), principalmente al momento de la floración, siguiendo protocolos metodológicos estándares de evaluación, considerando el diseño experimental definido.

3.5. Tratamientos evaluados en sachá inchi y caupí

Tanto en el caso del sachá inchi como del caupí cultivado en las calles del sachá inchi, el ensayo consideró los siguientes cuatro tratamientos de abonamiento:

- ⇒ **T**: Testigo (sin aplicación alguna).
- ⇒ **FF**: Aplicación de fertilización química, a razón de 200 kg/ha de 18:46:00.
- ⇒ **BB 5**: Bioabono de caña de azúcar a razón de 5 t/ha.
- ⇒ **BB 10**: Bioabono de caña de azúcar a razón de 10 t/ha.

En el caso del sachá inchi, los tratamientos FF, BB 5 y BB 10, fueron aplicados en cada punto de siembra, mezclando el insumo con la tierra al momento de preparar el hoyo de siembra. En el caso del ensayo en los callejones del sachá inchi, donde se sembró caupí, los tratamientos FF, BB 5 y BB 10 fueron aplicados en los surcos de la unidad experimental al momento de la siembra de la leguminosa.

3.6. Establecimiento de las parcelas

Las siguientes figuras detallan los croquis de campo de las dos parcelas donde se ejecutaron los ensayos de investigación, ligados al establecimiento de sachá inchi con cultivos de leguminosas de grano (caupí y frijol) en los callejones de éste.

ENSAYO CON SACHA INCHI:

Figura 5. Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta – **PARCELA “PIÑA”**
Efecto del bioabono de caña en el establecimiento y producción del **SACHA INCHI** en el Valle de Sacta.



piñas Sacta

Bordura: 2 hileras de sacha inchi

<i>Bordura 1 planta</i>	10 BB (4 plantas) (1)	T (4 plantas) (2)	FF (4 plantas) (3)	5 BB (4 plantas) (4)	<i>Bord. 1 planta</i>	<i>Rep. I</i>
<i>Bordura 1 planta</i>	5 BB (4 plantas) (8)	T (4 plantas) (7)	10 BB (4 plantas) (6)	FF (4 plantas) (5)	<i>Bord. 1 planta</i>	<i>Rep. II</i>
<i>Bordura 1 planta</i>	T (4 plantas) (9)	FF (4 plantas) (10)	5 BB (4 plantas) (11)	10 BB (4 plantas) (12)	<i>Bord. 1 planta</i>	<i>Rep. III</i>
<i>Bordura 1 planta</i>	FF (4 plantas) (16)	5 BB (4 plantas) (15)	10 BB (4 plantas) (14)	T (4 plantas) (13)	<i>Bord. 1 planta</i>	<i>Rep. IV</i>

hilera de cuchi con alambre

alambrado (lindero, pastizal Sacta)

Fecha de siembra: 17 de junio de 2015 - Fecha de resiembra: 24 de julio de 2015

Distancia entre hileras de sacha inchi 5 m

Distancia entre plantas de sacha inchi 3 m

Nro. de repeticiones: 4

(cada hilera se constituye en una réplica)

Todo continuado, no hay espacio entre tratamientos en la hilera

(entre paréntesis, el código de campo de cada unidad experimental)

Tratamientos evaluados:

(1) **T:** Testigo (nada).

(2) **FF:** Fertilización química, 18:46:00 a razón de 200 kg/ha colocada en el hoyo al momento de la siembra.

(3) **5 BB:** Bioabono de caña a razón de 5 t/ha colocados a cada hoyo a la siembra.

(4) **10 BB:** Bioabono de caña a razón de 10 t/ha colocados a cada hoyo a la siembra.

ENSAYO CON SACHA INCHI:



Figura 6. Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta – **PARCELA “CIF”**
Efecto del bioabono de caña en el establecimiento y producción del **SACHA INCHI** en el Valle de Sacta.

parcelas antiguas de sacha inchi (del CIF)

<i>Bordura T</i> (2 plantas)	T (6 plantas) (1)	10 BB (6 plantas) (2)	5 BB (6 plantas) (3)	FF (6 plantas) (4)	<i>Rep. I</i>
<i>Bordura 5 BB</i> (2 plantas)	5 BB (6 plantas) (8)	FF (5 plantas) (7)	T (6 plantas) (6)	10 BB (6 plantas) (5)	<i>Rep. II</i>
<i>Bordura 10 BB</i> (2 plantas)	10 BB (6 plantas) (9)	T (6 plantas) (10)	FF (6 plantas) (11)	5 BB (6 plantas) (12)	<i>Rep. III</i>
<i>Bordura FF</i> (2 plantas)	FF (6 plantas) (16)	5 BB (6 plantas) (15)	10 BB (6 plantas) (14)	T (6 plantas) (13)	<i>Rep. IV</i>

Fecha de siembra: 23 de abril de 2015

Distancia entre hileras de sacha inchi 3 m
 Distancia entre plantas de sacha inchi 3 m
 Nro. de repeticiones: 4
 (cada hilera se constituye en una réplica)
 (todo continuado, no hay espacio entre tratamientos en la hilera)

(entre paréntesis, el código de campo de cada unidad experimental)

Tratamientos evaluados:

- (1) **T:** Testigo (nada).
- (2) **FF:** Fertilización química, 18:46:00 a razón de 200 kg/ha colocada en el hoyo al momento de la siembra.
- (3) **5 BB:** Bioabono de caña a razón de 5 t/ha colocados a cada hoyo a la siembra.
- (4) **10 BB:** Bioabono de caña a razón de 10 t/ha colocados a cada hoyo a la siembra.

ENSAYO CON CAUPÍ:

Figura 7. Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta – **PARCELA “PIÑA”** / Efecto del bioabono de caña en el cultivo de **CAUPÍ** con enfoque de manejo de callejones de *sacha inchi* en el Valle de Sacta.



piñas Sacta

BB 5 (5 surcos) (1)	FF (5 surcos) (2)	Test (5 surcos) (3)	BB 10 (5 surcos) (4)	Rep. I
Test (5 surcos) (8)	BB 10 (5 surcos) (7)	BB 5 (5 surcos) (6)	FF (5 surcos) (5)	Rep. II
BB 10 (5 surcos) (9)	BB 5 (5 surcos) (10)	FF (5 surcos) (11)	Test (5 surcos) (12)	Rep. III
FF (5 surcos) (16)	Test (5 surcos) (15)	BB 10 (5 surcos) (14)	BB 5 (5 surcos) (13)	Rep. IV

Fecha de siembra: 8 de octubre de 2015

Distancia entre surcos: 0.50 cm
 Distancia entre golpes: 0.30 m
 Nro. de repeticiones: 4
 Nro. de surcos/UE: 5
 Todo continuado, no hay espacio entre UE en el surco
 Largo de surco: 10.50 m (35 golpes)
 Variedad evaluada: Ecotipo “CIF”
 Nro. semillas/golpe: 3 a 4

Tratamientos evaluados:

- (1) **Test:** Testigo (nada).
- (2) **FF:** Fertilización química, 18:46:00 a razón de 200 kg/ha colocada en el surco al momento de la siembra.
- (3) **BB 5:** Bioabono de caña a razón de 5 t/ha colocado en el surco al momento de la siembra.
- (4) **BB 10:** Bioabono de caña a razón de 10 t/ha colocado en el surco al momento de la siembra.

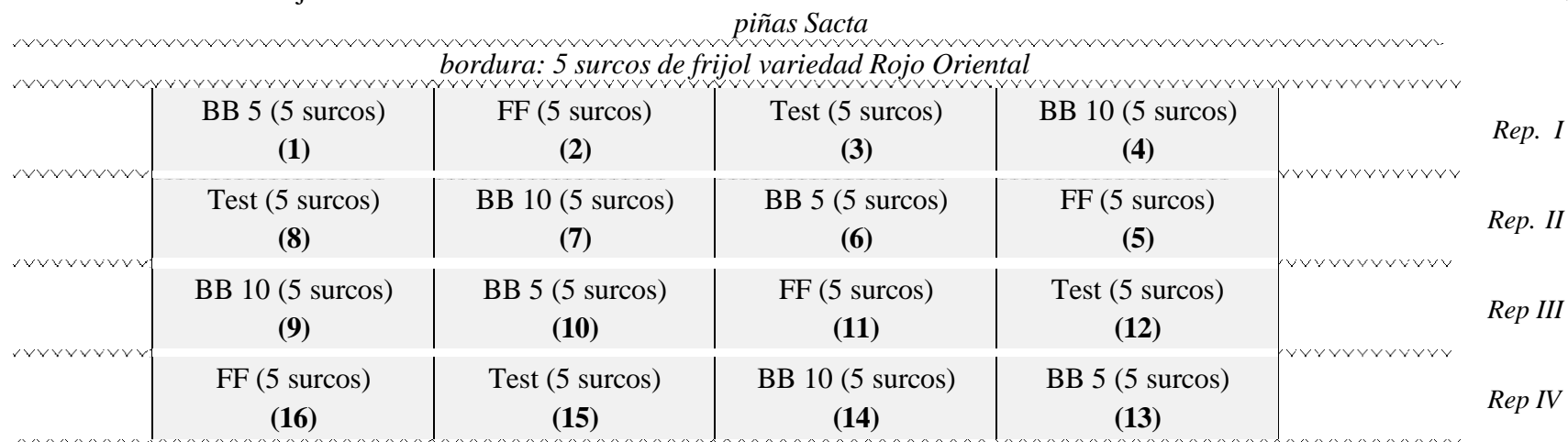
(entre paréntesis, el código de campo de cada unidad experimental)

ENSAYO CON FRIJOL:

Figura 8. Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta – **PARCELA “PIÑA”** / Efecto del bioabono de caña en el cultivo de **FRIJOL** con enfoque de manejo de callejones de sacha inchi en el Valle de Sacta.

Ensayo: *Efecto del bioabono de caña en el cultivo de **FRIJOL***

Fecha de siembra: 19 de junio de 2015



Distancia entre surcos: 0.50 cm
 Distancia entre golpes: 0.30 m
 Nro. de repeticiones: 4
 Nro. de surcos/UE: 5
 Todo continuado, no hay espacio entre UE en el surco
 Largo de surco: 10.50 m (35 golpes)
 Variedad evaluada: **RAA 15** (todo inoculado)
 Nro. semillas/golpe: 3 a 4

Tratamientos evaluados:

- (1) **Test:** Testigo (nada).
 (2) **FF:** Fertilización química, 18:46:00 a razón de 200 kg/ha colocada en el surco al momento de la siembra.
 (3) **BB 5:** Bioabono de caña a razón de 5 t/ha colocado en el surco al momento de la siembra.
 (4) **BB 10:** Bioabono de caña a razón de 10 t/ha colocado en el surco al momento de la siembra.

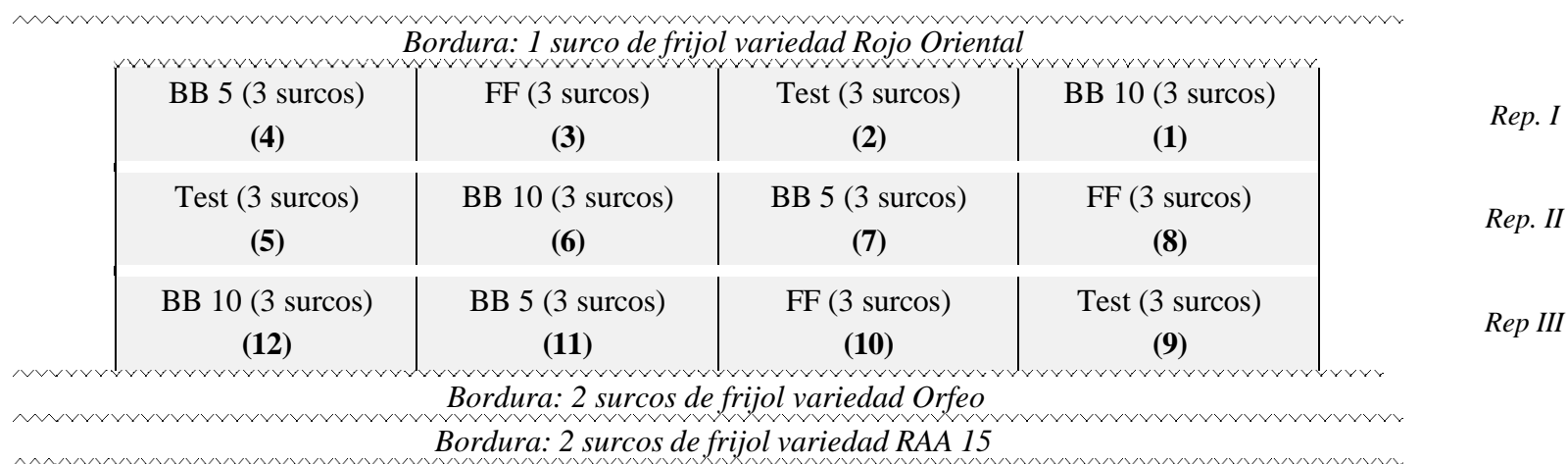
(entre paréntesis, el código de campo de cada unidad experimental)

ENSAYO CON FRIJOL:

Figura 9. Croquis de campo de ensayos establecidos en el Valle de Sacta – **PARCELA “CIF”** / Efecto del bioabono de caña en el cultivo de **FRIJOL** con enfoque de manejo de callejones de sacha inchi en el Valle de Sacta.

Ensayo: *Efecto del bioabono de caña en el cultivo de **FRIJOL***

Fecha de siembra: 21 de mayo de 2015



Distancia entre surcos: 0.50 m
 Distancia entre golpes: 0.30 m
 Nro. de repeticiones: 3
 Nro. de surcos/UE: 3
 Todo continuado, no hay espacio entre UE en el surco

Largo de surco: 12 m (cada 2 postes de cuchi)
 Variedad evaluada: RAA 15 (todo inoculado)
 Nro. semillas/golpe: 3 a 4

Tratamientos evaluados:

- (1) **Test:** Testigo (nada).
 (2) **FF:** Fertilización química, 18:46:00 a razón de 200 kg/ha colocada en el surco al momento de la siembra.
 (3) **BB 5:** Bioabono de caña a razón de 5 t/ha colocado en el surco al momento de la siembra.
 (4) **BB 10:** Bioabono de caña a razón de 10 t/ha colocado en el surco al momento de la siembra.

(entre paréntesis, el código de campo de cada unidad experimental)

El trabajo de tesis se enfocó en base a los croquis de campo de las cinco anteriores figuras, aclarando que en la parcela CIF solo se evaluó el efecto del Biabono de caña de azúcar en el sachá inchi y frijol, mientras que en la parcela PIÑA además del efecto en el sachá inchi, también se evaluó el efecto en caupí y en frijol, en los callejones que quedan entre las hileras del sachá inchi, bajo un enfoque de manejo integral del cultivo.

3.7. Diseño de campo y análisis estadístico

Para el estudio, y tanto en el caso del sachá inchi, caupí y frijol, se tuvo cuatro tratamientos y entre tres y cuatro repeticiones (3 en la parcela CIF para el ensayo con frijol, y cuatro en la parcela “PIÑA”), teniendo un total de 12 y 16 unidades experimentales según el ensayo (referir a los croquis de campo detallados en las figuras 5, 6, 7, 8 y 9).

El ensayo fue establecido en campo bajo un diseño experimental de bloques al azar. El modelo matemático empleado, fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = valor de una observación cualquiera, en el i -ésimo bloque y j -ésimo tratamiento.

μ = media general del ensayo.

β_i = efecto aleatorio del i -ésimo bloque.

τ_j = efecto aleatorio del j -ésimo tratamiento.

ε_{ij} = error experimental.

El análisis estadístico se realizó con el programa MSTAT-C (®), sometiendo los datos obtenidos de todas las variables de respuesta a un *Análisis de Varianza* con la Prueba de F, para determinar -si es el caso- diferencias estadísticamente significativas, entre los tratamientos.

Los valores promedio, se sometieron a la Prueba de *Rango Múltiple de Duncan* a un nivel probabilístico del 0.05.

3.8. Características del campo experimental

Para el ensayo con sachá inchi:

Número de tratamientos:	4
Número de repeticiones:	4
Número de unidades experimentales (UE)	16
Número de plantas/UE:	4
Espacio entre plantas:	3 m
Distancia entre líneas:	5 m
Número de semillas por golpe:	2

Para los ensayos con caupí y frijol:

Número de tratamientos:	4
Número de repeticiones:	4 (salvo en la parcela CIF en el ensayo con frijol, que solo se tuvo 3 repeticiones)
Número de unidades experimentales (UE)	16
Número de surcos/UE:	5
Distancia entre surcos:	0.5 m
Distancia entre golpes:	0.3 m
Número de semillas por golpe:	3 a 4

3.9. Variables de respuesta

Las variables de respuesta, a fin de evaluar el desarrollo y producción, y las cuales se evaluaron mediante pruebas estadísticas, fueron las siguientes:

EN EL SACHA INCHI

- **Rendimiento de grano por planta.** Se cosechó el 100% de los frutos de cada unidad experimental, y considerando el número de plantas cosechadas, se expresó el rendimiento en unidad de peso por planta.
- **Peso de fruto.** Para determinar el peso del fruto por planta se tomó 10 frutos al azar de cada tratamiento y se pesó en una balanza en gramos.
- **Peso de semilla con cáscara (g).** Se pesó el total de la semilla con cáscara de 10 frutos escogidos al azar de cada tratamiento.
- **Peso de la semilla sin cáscara (g).** Se pesó la semilla sin cáscara de 10 frutos escogidos al azar de cada tratamiento.

Por parcela, en el sacha inchi, se tuvo el siguiente detalle de las evaluaciones realizadas:

a) EN LA PARCELA “CIF”

a) **Primera evaluación a 8 meses de la siembra:** Para esta parcela y esta evaluación, se debe tomar en cuenta los siguientes datos:

- Fecha de siembra: 23 de abril de 2015
- Fecha de refallo parcial: 22 de mayo de 2015
- Fecha de “cosecha inicial”: 27 de enero de 2016 (a 8 meses de la siembra)

b) Rendimiento total de grano para las dos primeras cosechas representativas: Para esta parcela y esta evaluación, se debe tomar en cuenta los siguientes datos:

- Fecha de siembra: 23 de abril de 2015
- Fecha de refallo parcial: 22 de mayo de 2015
- Fecha de primera cosecha representativa: 10 de marzo de 2016 (a 10 meses de la siembra)
- Fecha de segunda cosecha representativa: 2 de abril de 2016 (a 11 meses de la siembra)

b) EN LA PARCELA “PIÑA”

a) Rendimiento total de grano para las dos primeras cosechas representativas: Para esta parcela “PIÑA” y esta evaluación, se debe tomar en cuenta los siguientes datos:

- Fecha de siembra: 17 de junio de 2015
- Fecha de resiembra total: 24 de julio de 2015
- Fecha de primera cosecha representativa: 10 de marzo de 2016 (a 8 meses de la siembra)
- Fecha de segunda cosecha representativa: 2 de abril de 2016 (a 9 meses de la siembra)

EN CAUPÍ Y FRIJOL

- **Evaluaciones de acumulación de biomasa.** Se evaluó la biomasa producida en cada unidad experimental, hasta la evaluación a inicio de floración. Así, una vez que la leguminosa llegó a estado de floración, se procedió a evaluar la producción de biomasa, cortando una superficie representativa, donde se pesó la biomasa verde total. De esta biomasa se tomó una sub muestra, la cual se pesó en verde (peso verde de sub muestra), para luego someterla a un horno de desecación a 105°C hasta llegar a un peso seco constante (peso seco de sub muestra). En base a los dos valores obtenidos, el contenido de materia seca fue estimado en base a la siguiente relación:

$$\% MS = \frac{\text{Peso seco de sub muestra}}{\text{Peso verde de sub muestra}} * 100$$

Con este valor se incidió sobre el rendimiento total en verde de cada tratamiento, para expresar el rendimiento en términos de unidad de peso seco por unidad de superficie.

- **Rendimiento de grano.** Esta evaluación se realizó solo en el frijol, en ambas parcelas. La misma se realizó a madurez de grano. El rendimiento se expresó en términos de unidad de peso por planta, a fin de estandarizar y hacer comparables los datos obtenidos, ya que se tenía diferente número de plantas en la superficie evaluada, tal como se detalla en el Anexo 1. Además del rendimiento neto, se hizo muestreos para determinar componentes de rendimiento, determinando número de vainas, granos por vaina y peso de grano.

Esta evaluación solo se la hizo en el caso del frijol; no así con el caupí debido al ciclo largo, tanto vegetativo como reproductivo de esta especie, en las condiciones del Trópico de Cochabamba.

El siguiente esquema, detalla los periodos de tiempo de las evaluaciones en el caupí y en el frijol, tanto en biomasa como en grano (en el caso del frijol).

CAUPÍ (en la parcela “PIÑA”) evaluaciones de BIOMASA:

Siembra	1ra. evaluación	2da. evaluación	3ra. evaluación
8 octubre 2015	28 octubre 2015	26 noviembre 2015	13 enero 2016
Día 0	20 días de la siembra	49 dds	97 dds
--	--	29 días de ev. anterior	48 días de ev. anterior

FRIJOL (en la parcela “CIF”) evaluación de BIOMASA:

Siembra	1ra. evaluación
21 de mayo de 2015	2 de julio de 2015
Día 0	42 días de la siembra

FRIJOL (en la parcela “CIF”) evaluación de GRANO:

Siembra	2da. evaluación
21 de mayo de 2015	14 de agosto de 2015
Día 0	85 días de la siembra

FRIJOL (en la parcela “PIÑA”) evaluación de BIOMASA:

Siembra	1ra. evaluación	2da. evaluación
19 de junio de 2015	3 de julio de 2015	13 de agosto de 2015
Día 0	14 días de la siembra	55 dds
--	--	41 días de ev. anterior

FRIJOL (en la parcela “PIÑA”) evaluación de GRANO:

Siembra	3ra. evaluación
19 de junio de 2015	9 de septiembre 2015
Día 0	82 dds

Los muestreos para cada variable de respuesta, consideraron el efecto de bordura, de tal modo que se registró solamente en surcos internos de cada unidad experimental.

En todos los casos se tomó un tamaño de muestreo lo más representativo posible, que refleje el comportamiento de cada unidad experimental evaluada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo de campo se ejecutó entre marzo de 2015 a abril de 2016. Los ensayos se realizaron en dos parcelas (denominadas “parcela PIÑA” y “parcela CIF”) en terrenos de la Unidad Académica “Valle de Sacta” de la Universidad Mayor de San Simón. El anexo “*Respaldo Gráfico del Ensayo*” contempla abundante respaldo gráfico del trabajo de campo realizado en la presente tesis.

De manera general, el ensayo se ejecutó sin mayores inconvenientes operativos, en las dos parcelas, las que presentaron variaciones propias, relacionadas principalmente con características físicas y químicas del suelo, así, el Cuadro 6 presenta datos de análisis de suelos de ambas parcelas a partir de muestras tomadas antes de las siembras correspondientes. Como muestra el Cuadro 6, la parcela “piña” tiene un suelo más pesado, mucho menos arenoso que el suelo de la parcela “CIF”; por otra parte, es un suelo más ácido y con un bajo contenido de fósforo.

De todas maneras, tanto el cultivo principal de sacha inchi como los complementarios (caupí y frijol) se desarrollaron sin mayores limitaciones ya que son cultivos propios de climas y suelos propios de zonas tropicales bajas.

Cuadro 6. Datos referenciales de análisis físico y químico de suelos de las dos parcelas de trabajo del Proyecto en el Valle de Sacta.

ANÁLISIS FÍSICO						
Referencia	Textura (en %)				Clasificación	Densidad aparente (g/cm ³)
	Arcilla	Limo	Arena			
Parcela “CIF”	34	45	21		Franco arcilloso	1.23
Parcela “PIÑA”	29	62	9		Franco arcillo limoso	1.22

ANÁLISIS QUÍMICO						
Referencia	pH ¹	Potasio me/100 g	Aluminio me/100 g	MO %	Nitrógeno total %	Fósforo disponible ppm ²
Parcela “CIF”	5.4	0.71	0.3	0.84	0.056	10.2
Parcela “PIÑA”	4.1	0.50	6.5	2.36	0.124	1.6

Fuente: Adaptado de: Meneses (2016).

En base a las parcelas establecidas (detalladas en la sección de “materiales y métodos), los resultados se presentan a partir de las especies evaluadas (sacha inchi, caupí y frijol) para las variables de respuesta definidas (detalladas en la sección de materiales y métodos), considerando por separado a las dos parcelas donde se ejecutó el trabajo de tesis y también por separado a las tres especies indicadas, pero son un enfoque de manejo integral de suelos, teniendo como cultivo central al sacha inchi. El anexo “*Datos de Evaluaciones de Campo del Ensayo*” presenta toda la información obtenida del sacha inchi, caupí y frijol en las dos parcelas donde se realizó el trabajo de campo del presente ensayo.

EVALUACIONES PRODUCTIVAS EN EL SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*)

4.1. Producción de sacha inchi en la parcela “CIF”

4.1.1. Primera evaluación a 8 meses de la siembra

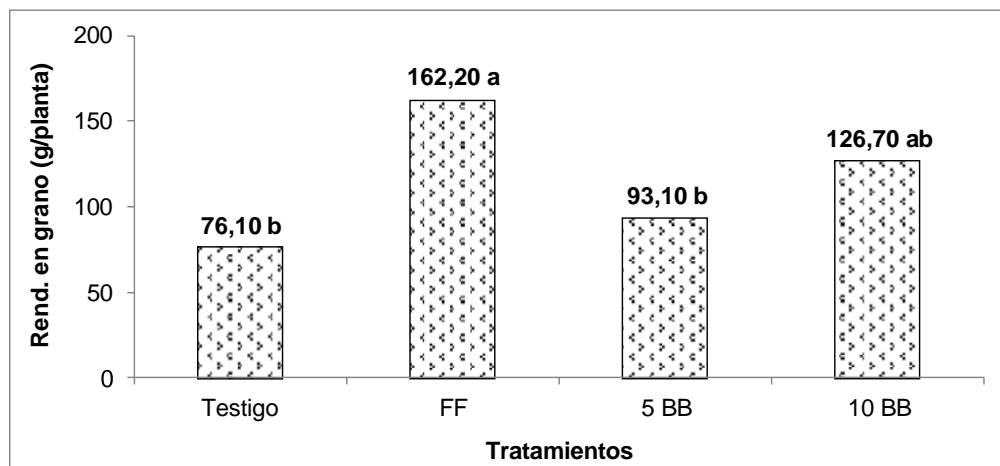
Los rendimientos obtenidos en esta primera evaluación deben ser considerados como preliminares, ya que son los primeros frutos que maduraron en la parcela, a ocho meses de la siembra. Así, y asumiendo una media general de 53 gramos por parcela y que en cada parcela se tienen 6 plantas, se tendría un rendimiento inicial aún mínimo, de 9 gramos por planta, valor aún incipiente para los niveles productivos que se esperan en esta especie.

Por lo expuesto, esta cosecha inicial debe servir como parámetro de inicio de producción de sacha inchi, es decir a los ocho meses de la siembra, en condiciones del Valle de Sacta.

4.1.1. Rendimiento total de grano para las dos primeras cosechas representativas

La siguiente figura detalla la producción de grano de sacha inchi en esta parcela, considerando las dos primeras cosechas representativas, expresado en gramos por planta, habiendo cosechado todos los frutos maduros observados en las plantas de cada unidad experimental, los que se dejaron secar para luego extraer los granos de manera manual.

Figura 10 Rendimiento en grano (en gramos por planta). Total de dos primeras cosechas representativas de sachá inchi, en la parcela "CIF", para cuatro tratamientos de fertilización, a once meses de la siembra.



(Valores con letras similares, no difieren significativamente (Duncan, $P < 0.05$) (válido para todos los gráficos)
 Prueba de F: **Sí existen diferencias estadísticas significativas.**

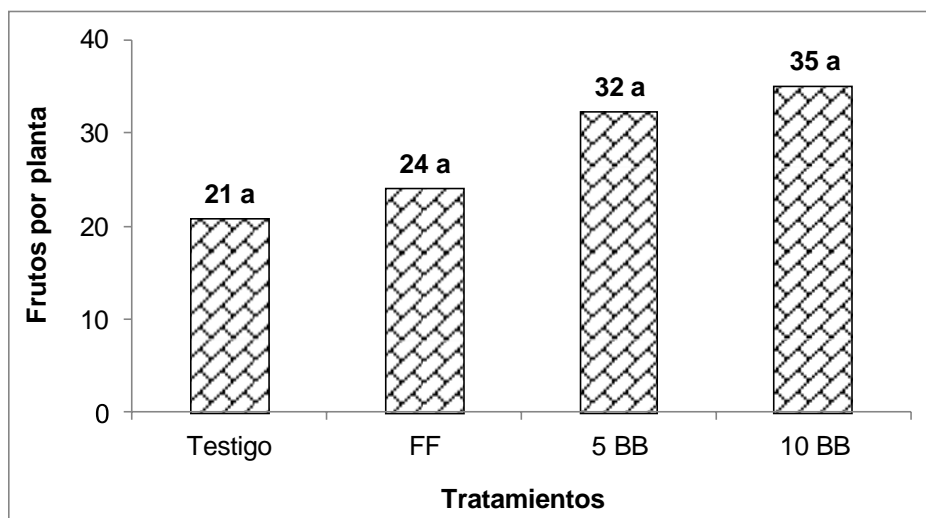
En la Figura 10 se muestra que la producción de grano de sachá inchi responde mejor a la fertilización química y a la aplicación del bioabono de caña de azúcar, en especial al nivel más alto de 10 t/ha, la respuesta al nivel de 5 t/ha de bioabono no es significativa ya que no existen diferencias con el testigo por la prueba de medias de Duncan al 5%.

4.1.2. Número total de frutos maduros de sachá inchi, por planta, para las dos primeras cosechas representativas

La Figura 11 muestra la cantidad de frutos maduros que se cosecharon a los 10 y 11 meses después de la siembra del sachá inchi en esta parcela (CIF), considerando las dos primeras cosechas representativas de todos los frutos maduros en las plantas de cada unidad experimental.

Para esta variable, al análisis de varianza, no se tuvo diferencias significativas para el número de frutos por planta, debido al elevado Coeficiente de Variación (61.41%) ya que numéricamente se tiene diferencias interesantes que destacan la respuesta a la aplicación del bioabono de caña de azúcar.

Figura 11. Número de frutos maduros por planta, de dos primeras cosechas representativas de sachá inchi en la parcela “CIF”, para cuatro tratamientos de fertilización, a once meses de la siembra.



Prueba de F: NO existen diferencias estadísticas significativas.

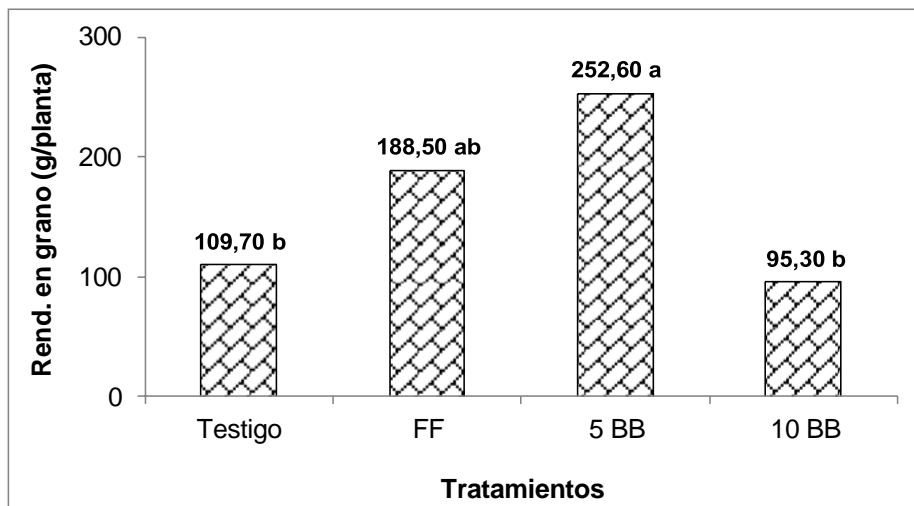
El elevado Coeficiente de Variación puede deberse a que la planta de sachá inchi es un cultivo perenne y una estabilización y regularidad productiva del grano, se logra recién a los 2 a 3 años de establecimiento del cultivo (Arévalo, 1996; Valles, 1993; Meneses *et al.*, 1993 b), de todos modos, esta evaluación preliminar ya muestra las condiciones productivas de esta especie en condiciones del Trópico de Cochabamba.

4.2. Producción de sachá inchi en la parcela “PIÑA”

4.2.1. Rendimiento total de grano de sachá inchi en la parcela “PIÑA”, para las dos primeras cosechas representativas

La Figura 12 detalla la producción de grano de sachá inchi a los 9 meses de la siembra (dos cosechas realizadas) en esta parcela. Para esta variable los datos obtenidos mostraron un elevado Coeficiente de Variación (50.12%), por lo cual estos resultados no son consistentes; de todos modos destaca la respuesta a la aplicación del nivel bajo de bioabono. Al análisis de varianza, no se tuvo diferencias significativas.

Figura 12. Rendimiento de sachá inchi en grano (en gramos por planta). Total de dos primeras cosechas representativas de sachá inchi, en la parcela “PIÑA”, para cuatro tratamientos de fertilización, a nueve meses de la siembra.



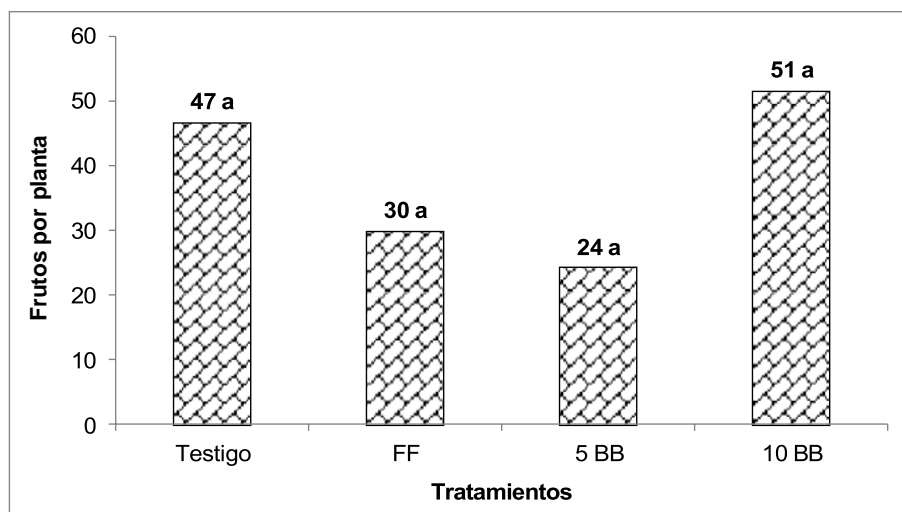
Prueba de F: **Existen diferencias a un 93% de probabilidad estadística.**

4.2.2. Número total de frutos maduros de sachá inchi, por planta, en la parcela “PIÑA”, para las dos primeras cosechas representativas

La Figura 13 muestra la producción de grano de sachá inchi a los 9 meses de la siembra (dos cosechas realizadas) en esta parcela, en términos de número de frutos por planta para los cuatro tratamientos considerados. Al igual que en el caso de la producción de grano, para esta variable de número de frutos por planta, se tiene un elevado Coeficiente de Variación (60.66%) que no permite una consistencia de estos resultados. Igualmente, al análisis de varianza y la prueba de medias, no se tuvo diferencias significativas.

Aparentemente, estas cosechas son aún preliminares para esta especie, la cual ingresa a una producción estable y regular a los dos a tres años de su establecimiento.

Figura 13. Número de frutos maduros por planta, de dos primeras cosechas representativas de sachu inchi en la parcela “PIÑA”, para cuatro tratamientos de fertilización, a nueve meses de la siembra.



Prueba de F: **NO existen diferencias estadísticas significativas.**

Los resultados determinados en la parcela “PIÑA”, tienen tendencias mayores a los resultados obtenidos en la parcela CIF, situación que puede explicarse por las diferencias edáficas (referir al Cuadro 6) que existen entre las dos parcelas. Los promedios para ambas parcelas son los siguientes:

Parcela “CIF”:	Rendimiento en grano:	115 g/planta
	Número de frutos por planta:	28
Parcela “PIÑA”:	Rendimiento en grano:	162 g/planta
	Número de frutos por planta:	38

En cuanto al efecto de los tratamientos sobre la producción de grano y el número de frutos por planta, en promedio de las dos parcelas, se tiene las siguientes tendencias:

Testigo:	Rendimiento en grano:	93 g/planta
	Número de frutos por planta:	34
Fertilización química:	Rendimiento en grano:	175 g/planta
	Número de frutos por planta:	27
Bioabono (5 t/ha):	Rendimiento en grano:	173 g/planta
	Número de frutos por planta:	28
Bioabono (10 t/ha):	Rendimiento en grano:	111 g/planta
	Número de frutos por planta:	43

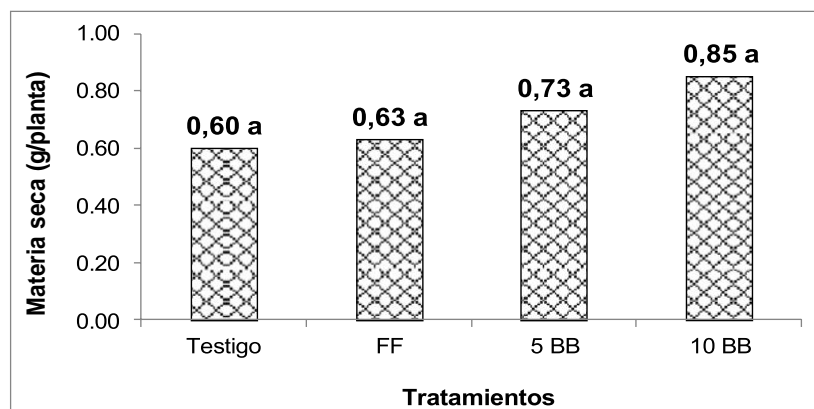
EVALUACIONES PRODUCTIVAS EN EL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)

4.3. Evaluaciones de caupí en la parcela “PIÑA”

En esta parcela “PIÑA” y con la leguminosa *Vigna unguiculata*, establecida en los callejones del sacha inchi, se realizaron tres evaluaciones de la biomasa producida.

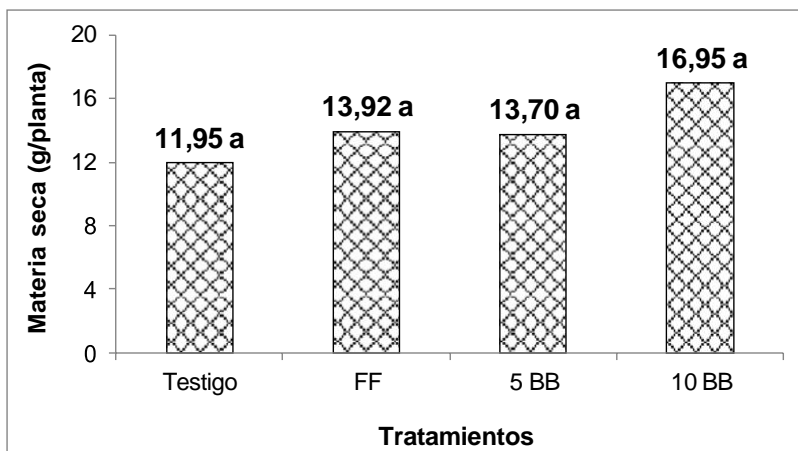
Las figuras 14, 15 y 16, detallan la biomasa del caupí evaluada a los 20, 49 y 97 días después de la siembra, respectivamente, en términos de materia seca (gramos/planta), como muestra del efecto de la aplicación de los cuatro tratamientos, en el cultivo de los callejones del sacha inchi.

Figura 14. Acumulación de biomasa (g MS/planta) de *Vigna unguiculata*, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”, a veinte días de la siembra.



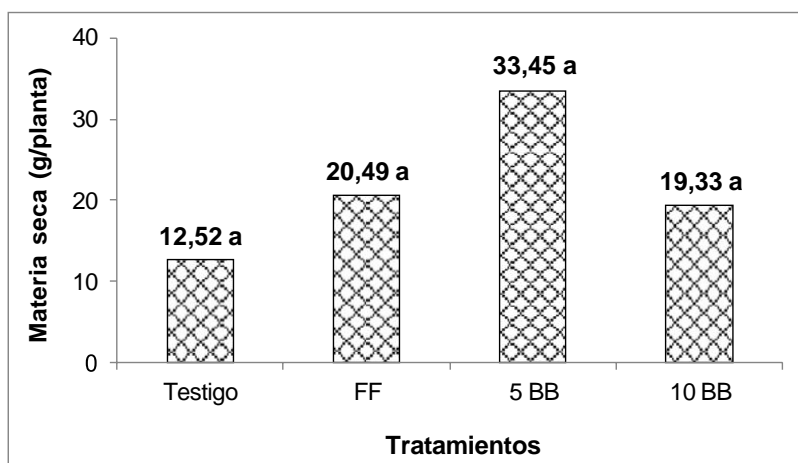
Prueba de F: **NO existen diferencias estadísticas significativas.**

Figura 15. Acumulación de biomasa (g MS/planta) de *Vigna unguiculata*, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela "PIÑA", a cuarenta y nueve días de la siembra.



Prueba de F: **NO existen diferencias estadísticas significativas.**

Figura 16. Acumulación de biomasa (g MS/planta) de *Vigna unguiculata*, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela "PIÑA", a noventa y siete días de la siembra.

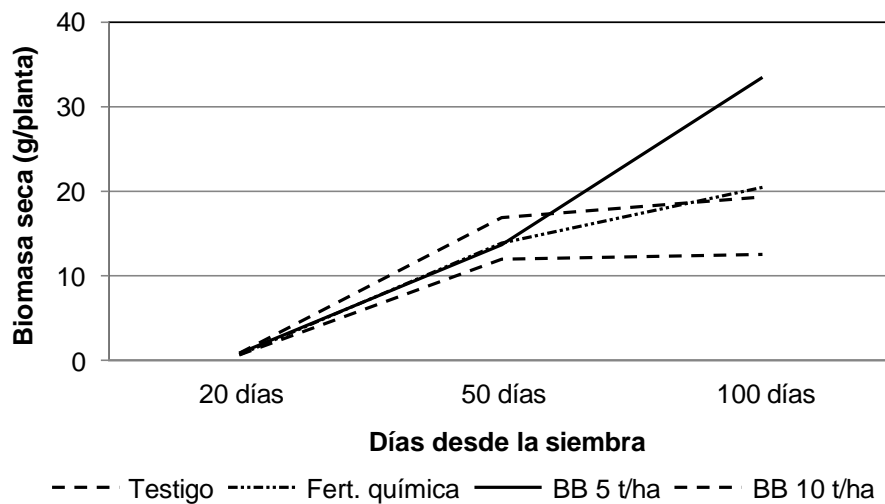


Prueba de F: **NO existen diferencias estadísticas significativas.**

Los datos de la tercera evaluación de biomasa de caupí (Figura 16), no siguen la misma tendencia que los obtenidos en las dos primeras evaluaciones, esto se debe a que a los casi 100 días de la siembra, ya hay madurez fisiológica del cultivo, por tanto se tiene tejidos lignificados y caída de hojas, situaciones que generan una mayor variación en la evaluación de la acumulación de biomasa. De todos modos, y dada la fuerte variación de los datos, no se detectan diferencias estadísticas significativas en la Prueba de F ni en la de comparación de medias de Duncan (ambas al 5% de probabilidad).

Se evaluó el caupí en los callejones de sachá ichi, con la idea de tener biomasa que controle a las malezas y eventualmente producir abono verde disponible, con un enfoque de manejo integral del cultivo de sachá inchi, en las condiciones del trópico de Cochabamba. A nivel de tendencias (ya que no hay diferencias estadísticas significativas), la aplicación de fertilización orgánica (bioabono de caña a dos niveles) logró una respuesta positiva en la producción de biomasa de la leguminosa, tal como se muestra en la siguiente figura que grafica las tendencias de acumulación de biomasa del caupí, a lo largo de tres evaluaciones en un periodo total de casi 100 días desde la siembra.

Figura 17. Tendencias de la acumulación de biomasa seca de caupí (*Vigna unguiculata*), entre los 20 a 100 días desde la siembra, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela "PIÑA".



La rápida producción de biomasa del caupí muestra a esta especie como una opción para su manejo como cobertura, mulch o abono verde en aquellos cultivos que permiten un manejo de callejones en las primeras fases de desarrollo, como en este caso, con el sachá inchi. Igualmente, la aplicación de bioabono de caña, a un nivel de 5 t/ha, muestra un efecto positivo en términos de producción e biomasa del caupí, entre los 20 a 100 días de la siembra, mostrando resultados similares a los obtenidos por Angola (2006), trabajando en la misma zona donde se realizó el trabajo de campo de la presente tesis, mostrando el gran potencial de esta especie propia de zonas de trópico y de la cual se encuentra semilla en los mercados de Santa Cruz.

Por otra parte, ensayos realizados en la Universidad de San Martín, Tarapoto (Guerrero, 1993), con leguminosas de grano asociados al "sacha inchi", demuestran que a nivel de densidades de siembra no existe significancia estadística; mientras que en los tratamientos correspondientes a las variedades de leguminosas de grano sí existe diferencia estadística, encontrándose un mejor rendimiento con el caupí "Línea N1 02", que con las otras variedades (caupí var. "San Roque" y maní var. "Blanco Tarapoto").

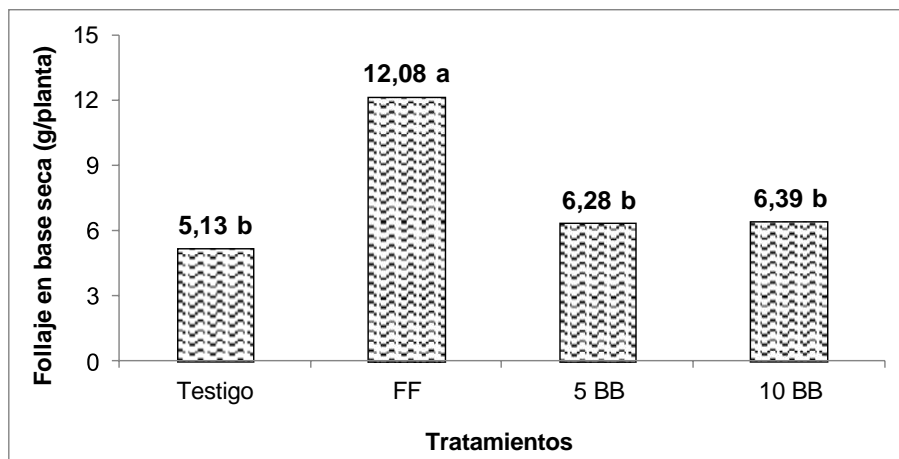
EVALUACIONES PRODUCTIVAS EN EL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)

4.4. Evaluaciones de frijol en la parcela "CIF"

4.4.1. Acumulación de biomasa de frijol en base seca

En la parcela CIF se sembró también la leguminosa *Phaseolus vulgaris* (frijol), en los callejones del sacha inchi, habiendo realizado una evaluación de la biomasa producida, a los 42 días después de la siembra.

Figura 18. Acumulación de biomasa en base seca de frijol (g MS/planta), como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela "CIF", a cuarenta y dos días de la siembra.



Prueba de F: **Sí existen diferencias estadísticas altamente significativas.**

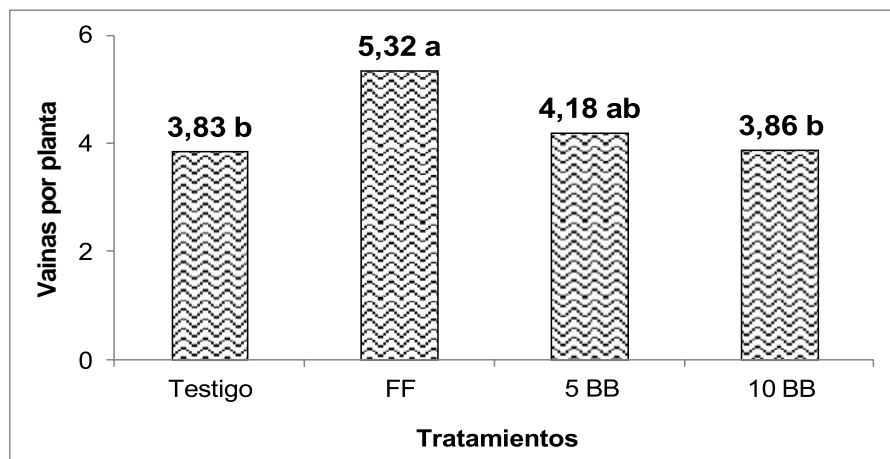
La Figura 18 muestra una respuesta positiva clara a la fertilización química en un cultivo de rápido desarrollo, tal cual es el cultivo de frijol. Esta situación se da en un suelo menos pesado, lo que facilita para que la fertilización química, ofrezca una rápida disponibilidad de elementos nutritivos para la leguminosa.

4.4.2. Producción de vainas y grano de frijol

En esta parcela y dado el ciclo corto de desarrollo del frijol, se llegó a evaluar la producción de vainas y de grano a madurez fisiológica de esta leguminosa, a 85 días de la siembra.

La Figura 19 muestra el número de vainas por planta para cada uno de los cuatro tratamientos evaluados, donde es evidente la respuesta positiva a la fertilización química y a la aplicación de bioabono, a un nivel de 5 t/ha, con un Coeficiente de Variación bajo que permite la confiabilidad de los datos obtenidos.

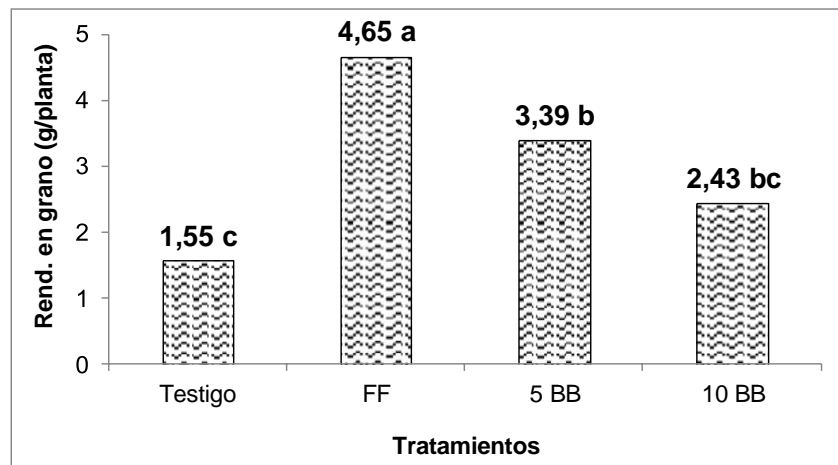
Figura 19. Producción de vainas por planta, en ensayo de frijol, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela "CIF", a ochenta y cinco días de la siembra.



Prueba de F: **SÍ existen diferencias a un 92% de probabilidad estadística.**

La Figura 20 muestra la producción de grano, la cual tiene las mismas tendencias que la producción de vainas, solo que la respuesta a la fertilización química es más consistente en el caso de la producción de grano, la cual se diferencia con el resto de los tratamientos, según la prueba de medias de Duncan.

Figura 20. Producción de grano (en gramos por planta), en ensayo de frijol, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela "CIF", a ochenta y cinco días de la siembra.



Prueba de F: **Sí existen diferencias estadísticas altamente significativas.**

Por otra parte y de manera más general, las figuras 19 y 20 evidencian que todos los tratamientos aplicados superan al testigo, tanto en número de vainas como en la producción de grano. Se mantiene la respuesta positiva a la fertilización química, seguida por la respuesta a la aplicación de los dos niveles de aplicación de bioabono de caña.

Es importante señalar que en términos de costos, la aplicación del fertilizante químico (200 kg/ha) implica una inversión de 1200 Bs/ha (estimando 300 Bs/qq del 18:46:00), frente al costo del bioabono, el cual en el nivel más alto de 10 t/ha, llega a un costo de 500 Bs, claro está que este costo no considera el costo de traslado del producto, desde el lugar donde se genera (Montero, Santa Cruz), hasta el sitio de siembra.

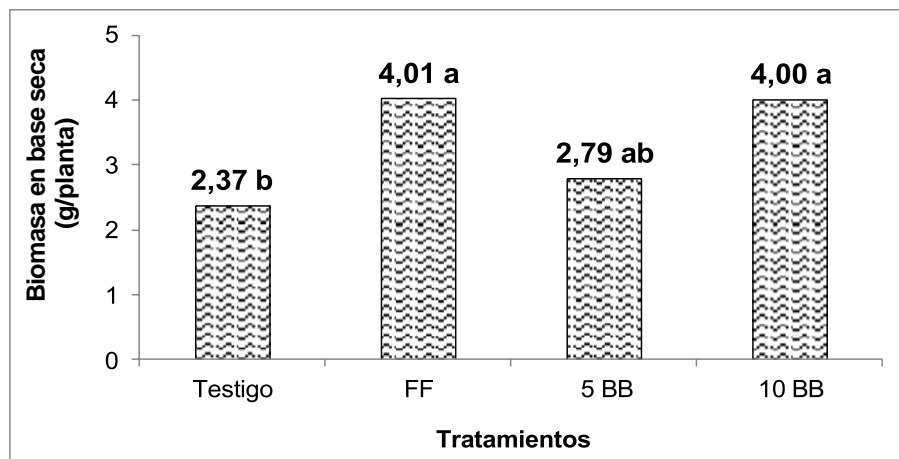
4.5. Evaluaciones de frijol en la parcela “PIÑA”

4.5.1. Acumulación de biomasa de frijol en base seca (gramos por planta)

En la parcela CIF también se sembró la leguminosa *Phaseolus vulgaris* (frijol), en los callejones del sacha inchi, habiendo realizado dos evaluaciones de la biomasa producida, la primera a los 14 días después de la siembra (dds) y la segunda a los 55 dds. No se muestran los resultados tabulados de la primera evaluación por ser muy inicial, de todas maneras el anexo “*Datos de Evaluaciones de Campo del Ensayo*”, contempla la información completa.

La Figura 21 detalla las cantidades de biomasa producida en la segunda evaluación, a los 55 días de la siembra, como respuesta a aplicación de los tratamientos considerados.

Figura 21. Acumulación de biomasa en base seca de frijol (g MS/planta), como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”, a cincuenta y cinco días de la siembra.



Prueba de F: **Sí existen diferencias a un 93% de probabilidad estadística.**

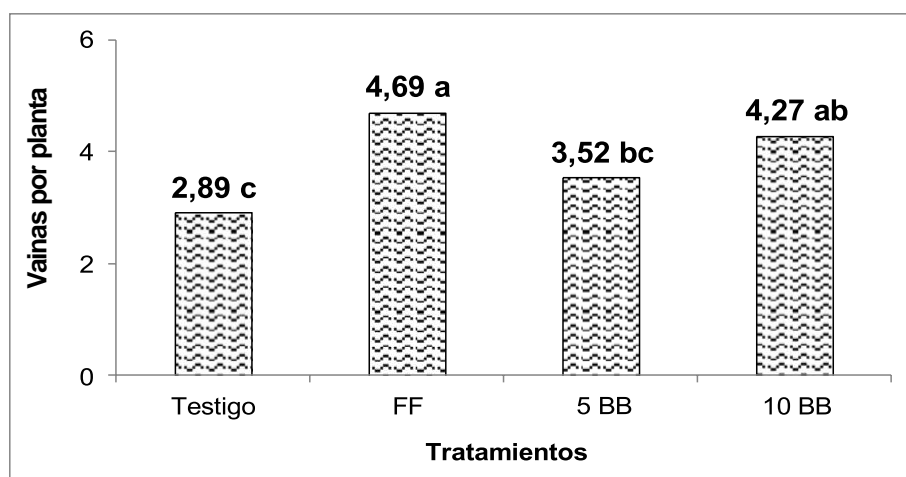
La Figura 21 muestra respuestas positivas similares y superiores para la aplicación del fertilizante químico y del bioabono de caña a un nivel de 10 t/ha, en términos de producción y acumulación de biomasa de frijol. Ambos tratamientos, además del nivel de 5 t/ha de bioabono, superan al tratamiento testigo, reflejando las ventajas de la aplicación de insumos para mejorar la disponibilidad de nutrientes para la leguminosa, en este caso, frijol.

4.5.2. Producción de vainas y grano de frijol a madurez fisiológica

Para esta evaluación en la parcela “PIÑA”, realizada a los 82 días de la siembra.

La Figura 22 presenta los resultados para el número de vainas por planta en función a los tratamientos evaluados. Es evidente la respuesta positiva a la fertilización química y a la aplicación de bioabono, esta vez al nivel más alto de 10 t/ha, con un Coeficiente de Variación bajo que valida los datos obtenidos.

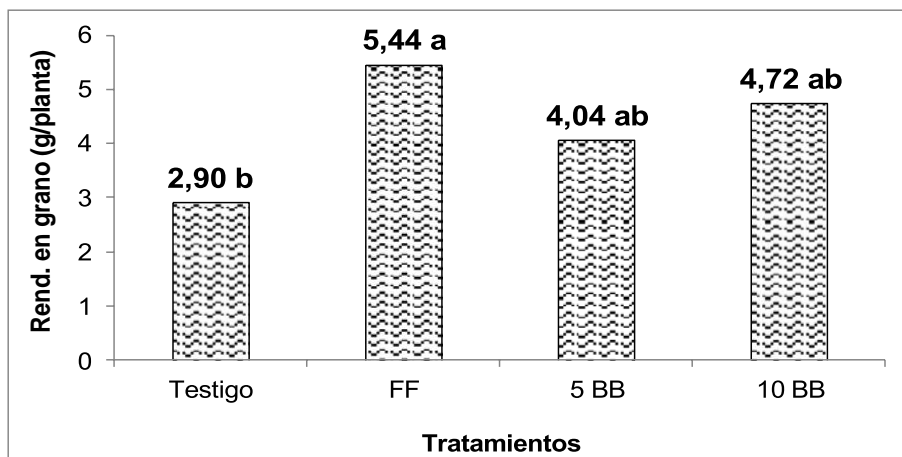
Figura 22. Producción de vainas por planta, en ensayo de frijol, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela “PIÑA”, a ochenta y dos días de la siembra.



Prueba de F: **Sí existen diferencias estadísticas altamente significativas.**

La Figura 23 presenta la producción de grano evaluada a 82 días de la siembra, aclarando que en esta parcela el ciclo del cultivo de frijol fue similar en comparación a la parcela “CIF”, debido principalmente a las condiciones edáficas prevalentes en esta parcela, que permitieron una mayor retención de humedad al ser un suelo menos arenoso (ver Cuadro 6).

Figura 23. Producción de grano (en gramos por planta), en ensayo de frijol, como respuesta a cuatro tratamientos de fertilización, en la parcela "PIÑA", a ochenta y dos días de la siembra.



Prueba de F: **Sí existen diferencias significativas ($P < 0.05$).**

Las figuras 22 y 23, que reflejan datos productivos finales del frijol cultivado en los callejones del sacha inchi, evidencian una respuesta positiva a todos los tratamientos aplicados, en comparación con el tratamiento testigo. Destaca la fertilización química, tanto para la producción de grano como para el número de vainas por planta, pero sin diferencias significativas por la prueba de Duncan, con los tratamientos de aplicación de bioabono de caña de azúcar.

Arévalo (1996), indica que la asociación del sacha inchi con otros cultivos, depende del cultivo que predomine en la zona, pues en campos de agricultores se le encuentra asociado con casi todos los cultivos de la región productora de sacha inchi en Perú, como algodón, frijol, maíz, yuca, especies forestales, etc. Con cultivos anuales es necesario dejar un distanciamiento de 50 cm alrededor de la planta y con cultivos permanentes se deben mantener distanciamientos de mayor proporción, unos 10 m más o menos.

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, en cuanto al cultivo asociado al sacha inchi, tanto con caupí como con frijol, se ve respuestas positivas a la aplicación del bioabono de caña de azúcar producido en Montero (Santa Cruz), las cuales si bien son similares a la respuesta a la aplicación de fertilizante químico, tienen la ventaja de un menor costo y una mejora de suelos gracias a la incorporación de materia orgánica a través del bioabono.

V. CONCLUSIONES

- En base a los resultados obtenidos en las dos parcelas y con los tres cultivos considerados, se rechaza la hipótesis nula, ya que se obtuvo diferencias significativas en algunas de las variables agronómicas, como respuesta (en biomasa y grano) a la aplicación del bioabono de caña evaluado.
- La aplicación del bioabono de caña de azúcar, a razón de 5 t/ha y 10 t/ha, mejoró la producción inicial (al año de la siembra) de grano del sachá inchi, tanto en términos de frutos, como de rendimiento en peso de grano.
- El desarrollo vegetativo del caupí y del frijol, además del grano en el caso de frijol, ambos establecidos en los callejones del sachá inchi, se vio favorecida con la aplicación del bioabono de caña, a razón de 5 t/ha.
- De manera general, la respuesta a la aplicación de fertilizante químico, fue inferior a la que se obtuvo con los dos niveles considerados de bioabono de caña, en el sachá inchi y en la biomasa de caupí; no así en el caso del frijol, en el cual, tanto en biomasa como en vainas y grano, el fertilizante 18:46:00 logró mejores resultados. Sin embargo, debe considerarse que la aplicación de abonos orgánicos es una práctica que a la larga genera mayores beneficios, en especial bajo un enfoque de agricultura regenerativa.
- La utilización del bioabono de caña de azúcar se muestra como una opción recomendable para el manejo de suelos en condiciones de trópico en general y para el cultivo de sachá inchi, en especial, más aún al tener disponibilidad de este producto en el departamento de Santa Cruz a un costo muy accesible.
- El cultivo de leguminosas en los callejones de sachá inchi (en este caso caupí y frijol), es una práctica positiva para mantener libre de malezas y mejorar las condiciones edáficas del terreno, más aún si se aplica abonamiento orgánico.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda una mayor utilización del bioabono procedente de la industria azucarera en el Oriente del país, con la finalidad de optimizar el manejo de suelos, en la zona tropical del departamento de Cochabamba, siendo una opción óptima para diferentes cultivos ya que este producto orgánico ha demostrado sus ventajas.
- Por los efectos positivos observados en la producción de frutos de sachá inchi, biomasa de caupi y frijol y grano de frijol, el abono orgánico elaborado en base a caña de azúcar es una alternativa para mejorar la producción en sistemas agrícolas enfocados en una agricultura regenerativa.
- Dado el bajo costo del bioabono de caña de azúcar evaluado (50 Bs/t puesta en Saavedra, Santa Cruz) en comparación al costo de fertilizantes químicos, el uso de este insumo orgánico es una opción para incrementar los ingresos generados en la producción de grano sachá inchi, además de permitir un manejo más apropiado de los suelos.
- En base a los resultados obtenidos y el bajo costo del insumo, de manera general, se recomienda el empleo del bioabono de caña, en áreas dedicadas a la producción de sachá inchi, caupi o frijol, recomendándose realizar más estudios que evalúen su utilidad para otras especies que se cultivan en condiciones edáficas y climáticas similares.
- Dado el costo mínimo del bioabono (50 Bs/t) se recomienda su utilización en proporciones elevadas, como mínimo de 8 a 10 t/ha.

VII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Abasto, A. (2005). *Evaluación de 8 variedades de caupí (Vigna unguiculata) de crecimiento arbustivo en las condiciones agroecológicas de la zona central de Santa Cruz, 2003/2004*. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 46 p.
- Alvarado, A. (1986). *Manejo de suelos en el Chapare*. Boletín Técnico No. 3 Proyecto IBTA/Chapare. 21 p.
- Angola, A. (2006). *Evaluación agronómica de ecotipos de caupí (Vigna unguiculata) recolectados en Bolivia, en condiciones del trópico húmedo de Cochabamba*. Tesis de grado. CATREN-FCAyP, UMSS. Cochabamba, Bolivia. 66 p.
- Arévalo, G. (1996). *El cultivo de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) en la Amazonía*. INIA. Proyecto Suelos Tropicales. Lima, Perú. 64 p.
- Arredondo, V. (1996). *Aplicación de estiércol bovino como complemento a la fertilización química del maíz de temporal*. p. 194. **En:** Memorias del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Sonora, México.
- Arreola-Enríquez J., Palma-López D., Salgado-García S. (2004). *Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar*. TERRA Latinoamericana. 22(3):351-357.
- Brack, A. (1999). *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas. Cuzco, Perú. 550 p.

- Canaviri, L. (2012). *Evaluación agronómica de dos ecotipos introducidos de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.), en tres periodos de trasplante con espaldera en la Estación Experimental de Sapecho, departamento de La Paz*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 108 p.
- Castellanos, R. (1980). *El estiércol como fuente de nitrógeno*. Seminarios Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias - Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos, R. (1982). *La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles*. Seminarios Técnicos 7(8): 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias - Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castillo A., Quarín S., Iglesias M. (2000). *Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados*. Agric. Téc. (Chile). 60(1): 74-79.
- Carreño B., Ditchburn L. (1998). *Abonos verdes para el Oriente Boliviano. Principios y bases para su selección*. Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) – Natural Resources Institute (NRI). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 167 p.
- Choque, V. (2013). *El cultivo del Frejol en Bolivia*. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Facultad de Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito”. Santa Cruz, Bolivia. 116 p.
- CIED (Centro de Investigación, Educación y Desarrollo). (2007). *Cultivo del sachá inchi*. Liberio Ríos Artes Gráficas. Huancayo, Perú.

- Cochrane, T. (1982). *Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de América tropical*. pp. 23-44. **En:** Toledo, J. (ed.) Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.
- Cook, B., Pengelly, B., Brown, S., Donnelly, J., Eagles, D., Franco, M., Hanson, J., Mullen, B., Partridge, I., Peters, M., Schultze-Kraft, R. (2005). *Tropical Forages: an interactive selection tool*. [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI. Brisbane, Australia.
- Correa J., Bernal H. (1992). *Especies vegetales promisorias de los países del convenio Andrés Bello*. Tomo VII. pp. 577-596.
- Domínguez J., Aira M., Gómez-Brandón M. (2010). *Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes*. **In:** Insam, H., Franke-Whittle, I., Goberna, M. (Eds). *Microbes at work: from wastes to resources*, pp.93-114. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.
- Dostert, N., Roque, J., Brokamp, G., Cano, A., La Torre, M., Weigend M. (2009). *Factsheet: Datos botánicos de Sacha Inchi Plukenetia volubilis L*. Proyecto: Desarrollo de monografías botánicas (factsheets) para cinco cultivos peruanos. Hojas Botánicas: Sacha Inchi - *Plukenetia volubilis* L. Lima, Perú. pp. 3-5.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. *Grassland Species Profiles. Preparada por Steve Reynolds y Petra Staberg, con el soporte de la FAO*. CD- ROM. Basado en "Tropical Grasses" de Skerman, P.J. y F. Riveros (1990); y "Tropical Forage Legumes" de Skerman, P.J., Cameron, D.G. y F. Riveros (1988). Roma, Italia.
- Flores, J. (2012). *Agricultura ecológica*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 395 p.
- Ferrufino, A., Alvarado, A. (1990). *Fósforo y pasturas en la región del Chapare*. **En:** Seminario Nacional Sobre Fertilidad de Suelos y Uso de Fertilizantes en Bolivia. Santa Cruz, Bolivia, Febrero 1990. pp. 391-402.

Ferrufino, A., Meneses, L. (2003). *Los suelos del Trópico de Cochabamba (Bolivia): Identificación de restricciones edáficas para cultivos de banano, palmito, piña y pastos*. **En:** III Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Boliviana de la Ciencia del Suelo. Santa Cruz de la Sierra, 17-19 Septiembre 2003. Santa Cruz, Bolivia.

FONADAL – MDRyT – VCDI. (s/f). *Instalación de vivero de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) en el municipio de Palos Blancos, comunidad Covendo*. Tríptico divulgativo.

Guerrero, C. (1993). *Densidad de siembra de leguminosas de grano en asociación con "maní del inca" (Plukenetia volubilis L.) en etapa inicial de desarrollo en el Bajo Mayo*. Tesis Ing. Agr. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. Departamento de Agroindustria. 72 p.

Gillespie, L. (1993). *A synopsis of neotropical Plukenetia (Euphorbiaceae) including two new species*. Syst. Bot. 18(4): 575–592.

Guillén, J. (2013). *Implementación del cultivo de Plukenetia volubilis L. (sacha inchi), en los municipios de Alto Beni y Palos Blancos en el departamento de La Paz*. pp. 13-19. **En:** Revista de Agricultura Nro. 52. Alemán, F., Gutiérrez, E., Meneses, R., Gandarillas, A., Gabriel, J. (eds.). Universidad Mayor de San Simón. Instituto de Investigaciones FCAPFyV - Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" - Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos. Cochabamba, Bolivia. 72 p.

IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana). (2009). *Estudio de viabilidad económica del cultivo de Plukenetia volubilis Linneo, Sacha Inchi, en el Departamento de San Martín*. Avances Económicos N° 3. Iquitos, Perú. 66 p.

INTAGRI S.C. (Capacitación agrícola) 2023. Los abonos orgánicos. Beneficios, tipos y contenidos nutrimentales. *En línea*. Disponible en:
www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimentales
Consultado en diciembre de 2023

- Juárez, N. (2009). *Gobierno Regional de San Martín. Informe de Consultoría “Estudio sobre sistematización de avances de investigación y propuesta de un modelo productivo competitivo para la Producción de Sacha Inchi en la Región San Martín”* Moyobamba – Perú. pág. 5-6.
- Marca, R. (2010). *Determinación de la abundancia relativa del jochi pintado (Cuniculus paca, Linnaeus 1766) en la zona baja del fundo de la UMSS en el Valle del Sacta, en época lluviosa.* Tesis de grado. Escuela de Ciencias Forestales, FCAYP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 46 p.
- Manco, E. (2006). *Cultivo de Sacha Inchi. INIEA - SUDIRGEB – Estación Experimental Agraria “El Porvenir”.* Tarapoto, San Martín, Perú. p. 8.
- Mcbride, F. (1951). *Euphorbiaceae.* **En:** Flora of Peru. Botanical Series vol. 13, Part IIIA. Field Museum of Natural History. pp. 115-118.
- Meneses, R., Campos, H., Antezana, Y., Angola, A., Quispe, J., Gutiérrez, F., Rodríguez, R. (2007). *Potencial de la Vigna unguiculata como opción agronómica para abono verde en condiciones de trópico húmedo.* **En:** Forrajes y Semillas Forrajeras, vol. 11. Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta". UMSS-FCAP. Cochabamba, Bolivia. 102 p.
- Meneses, R., Gutiérrez, F., Delgadillo, J. (2013 a). *El Proyecto Análisis de la Producción Agrícola del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba.* pp. 3-12. **En:** Revista de Agricultura Nro. 52. Alemán, F., Gutiérrez, E., Meneses, R., Gandarillas, A., Gabriel, J. (eds.). Universidad Mayor de San Simón. Instituto de Investigaciones FCAPFyV - Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" - Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos. Cochabamba, Bolivia. 72 p.

Meneses, R., Gutiérrez, F., Lazarte, L. (2013 b). *Información general, cultivo e importancia de la especie Plukenetia volubilis L. (sacha inchi)*. pp. 33-40. **En:** Revista de Agricultura Nro. 52. Alemán, F., Gutiérrez, E., Meneses, R., Gandarillas, A., Gabriel, J. (eds.). Universidad Mayor de San Simón. Instituto de Investigaciones FCAPFyV - Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" - Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos. Cochabamba, Bolivia. 72 p.

Meneses, R. (2013). *Informe Técnico Final. Proyecto Análisis de la Producción Agrícola del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba*. Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" - Agroecología Universidad Cochabamba. Universidad Mayor de San Simón - Fondo Nacional de Desarrollo Alternativo. Cochabamba, Bolivia. 182 p.

Meneses, R. (2016). *Informe Técnico Final. Proyecto Manejo Agronómico del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba*. PT07AA 12 - Concursable 6 - ASDI - DICyT / UMSS. Noviembre de 2014 a diciembre de 2015. Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 29 p. + 46 p. anexos.

Mendieta, J., Gutiérrez, E., Meneses, R. (2004). *Abonos verdes para incrementar la fertilidad de los suelos en el municipio de Torotoro, Potosí*. **En:** Ruíz, D. Barba, R. y Oller, V. 2004. Memoria 7ma Reunión Boliviana de Rhizobiología y Leguminosas. Trinidad, Bolivia. 277 p.

Monteith, S. (1995). *Influences of parent material and time on soil properties in a perudic area of the Bolivian Amazon Basin*. Ph.D. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh. 169 p.

Navarro, G., Maldonado, M. (2002). *Geografía ecológica de Bolivia. Sector biogeográfico amazónico del piedemonte andino*. Ed. Centro de Ecología Simón I. Patiño. Cochabamba, Bolivia. 719 p.

- OPUSLI (Characterization of South American Genotypes of Bean for Optimal Use of Light under Abiotic Stress). (2005). *Final Report Opusli in Bolivia. Report of the activities of the partner 5*. Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. pp. 2, 7.
- Pandey, R., Westphal, E. (1989). *Vigna unguiculata (L.) Walp.* In: L.J.G. van der Maesen and Sadikin Somaatmadja (Editors). *Plant Resources of South-East Asia. No. 1.Pulses.* 1989. Pudoc/Prosea. Wageningen, The Netherlands. pp. 77-81.
- Peters, M., Franco, L., Oberthür, T. (2005). *Caupí (Vigna unguiculata) una leguminosa multipropósito*. Centro Internacional de Agricultura Tropical / Proyecto de Forrajes Tropicales / Proyecto de Uso de Tierra. Cali, Colombia. Tríptico divulgativo.
- Pijnenborg, J., Oller, V., Jiménez, J., Barba, R. (1996). *Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN)*. **En:** Las leguminosas en la agricultura boliviana. Revisión de Información. Meneses, R., Waaijenberg, H, Pierola, L. (eds.). pp. 67-96. Proyecto Rhizobiología Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP-WAU). Cochabamba, Bolivia. 434 p.
- Proyecto Perúbiodiverso (PDB). (2009). *Manual de producción de Sacha Inchi para el biocomercio y la agroforestería sostenible*. 1ra. ed. Lima, Perú. pp. 10.
- Quispe, J. (2006). *Evaluación agronómica de cumanda, soya y mucuna como alternativas de abono verde en el valle del Sacta, 2003-2004*. Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 69 p.
- Romero, L., Trinidad, S., García E., Ferrara C. (2000). *Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales*. *Agrociencia* 34: 261-269.
- Ruiz, R. (1999). *Agroecología: un enfoque para la producción sustentable de alimentos agrícolas industriales*. *Revista Tecno Agro.* 5: 5-6.

Sánchez-Hernández, R. (2006). *Evolución estructural de un suelo arcilloso por el aporte de materia orgánica y la inalteración mecánica*. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. 136 p.

Skerman, P., Cameron, D., Riveros, P. (1991). *Tropical forage legumes*. Revised and expanded. FAO Rome. pp. 510-516.

Sostenible – Sustentable. La agricultura regenerativa: Regeneración del suelo. En *línea*. Disponible en: <https://sostenibleosustentable.com/es/medio-ambiente/la-agricultura-regenerativa-regeneracion-del-suelo/>
Consultado en diciembre de 2023

Soto, C. (1996). *Levantamiento de suelos y clasificación de tierras para agricultura a secano y pasturas de las subregiones II, VI y VII*. Proyecto IBTA/Chapare, Cochabamba, Bolivia. 170 p.

Soto, C. (1997). *Levantamiento de suelos y clasificación de tierras para agricultura a secano y pasturas de las subregiones I y IV*. Proyecto IBTA/Chapare, Cochabamba, Bolivia.

Soto, C. (2000). *Levantamiento de suelos y clasificación de tierras para agricultura a secano y pasturas de las subregiones III y V*. Informe de consultoría. Proyecto DAI-CONCADE, Cochabamba, Bolivia.

Soto, G., Muschler, R. (2001). *Génesis, fundamentos y situación actual de la agricultura orgánica*. Manejo integrado de plagas. (62) 101- 105.

Suarez de Castro, F. (1982). *Conservación de Suelos*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 3ra. ed. San José, Costa Rica. 315 p.

Ustariz, K., Meneses, R., Choque, V., Padilla, J. (2023). *Promoviendo el cultivo y consumo de frijol como opción de agricultura periurbana*. Cochabamba, Bolivia. 36 p.

Valente, J., Oliver, R. (1993). *Evaluación de la fertilidad de los suelos del altiplano, valle central y llanos de Bolivia*. FAO - Fertisuelos - CIRAD. Roma, Italia. 96 p. + anexos.

Valles, C. (1993). *Sacha Inchi, importante oleaginosa selvática*. Edit. Pura Selva. Lima, Perú. pp. 40-41.

Villca, D. (2012). *Evaluación de dos ecotipos de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en etapa de vivero bajo tres sustratos, con fines de introducción en la Estación Experimental de Sapecho*, departamento de La Paz. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 98 p.

Anexos

DATOS DE EVALUACIONES DE CAMPO DEL ENSAYO

a) DATOS DE PRODUCCIÓN DE SACHA INCHI EN PARCELA “CIF”

Cosecha INICIAL					
Código de campo	Rep	Trat	Peso total granos (g)	Nro. de frutos	Nro. de granos
1	1	1	48.2	12	44
6	2	1	44.8	13	46
10	3	1	54.4	17	59
13	4	1	86.7	30	100
4	1	2	66.2	16	65
7	2	2	18.0	6	21
11	3	2	13.0	3	12
16	4	2	58.0	17	63
3	1	3	38.9	9	37
8	2	3	19.2	4	20
12	3	3	92.5	25	98
15	4	3	69.5	20	72
2	1	4	62.9	18	70
5	2	4	45.5	15	50
9	3	4	88.1	22	86
14	4	4	41.0	10	46

Cosecha 1						
Código de campo	Rep	Trat	Peso total granos (g)	Nro. de frutos	Nro. de plantas	Nro. de granos
1	1	1	125.8	18	4	120
2	1	4	279.5	84	6	254
3	1	3	144.0	32	5	149
4	1	2	350.2	103	5	380
5	2	4	285.1	64	5	246
6	2	1	131.6	39	6	128
7	2	2	356.0	105	4	371
8	2	3	616.7	150	6	524
9	3	4	537.4	130	6	375
10	3	1	329.1	68	6	286
11	3	2	1011.9	269	6	996
12	3	3	213.0	48	6	189
13	4	1	83.4	21	4	76
14	4	4	476.0	121	5	373
15	4	3	319.7	81	6	314
16	4	2	594.7	146	6	570

Cosecha 2					
Código de campo	Rep	Trat	Peso total granos (g)	Nro. de frutos	Nro. de plantas
1	1	1	129.4	36	6
2	1	4	293.4	76	6
3	1	3	136.4	30	6
4	1	2	190.9	53	6
5	2	4	342.4	82	6
6	2	1	247.0	52	6
7	2	2	95.5	25	6
8	2	3	121.5	27	6
9	3	4	187.2	42	6
10	3	1	169.8	46	5
11	3	2	540.4	132	6
12	3	3	290.0	12	6
13	4	1	472.8	115	6
14	4	4	488.5	108	6
15	4	3	363.9	75	6
16	4	2	504.7	118	6

SUMATORIA DE LAS DOS COSECHAS "COMERCIALES" - NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

Código de campo	Rep	Trat	Nro. de frutos	Nro. de plantas	Nro. de frutos/planta	Nro. de frutos	Nro. de plantas	Nro. de frutos/planta	Nro. total de frutos por planta
1	1	1	36	6	6	18	4	5	11
6	2	1	76	6	13	84	6	14	27
10	3	1	30	5	6	32	6	5	11
13	4	1	53	6	9	103	4	26	35
4	1	2	82	6	14	64	5	13	26
7	2	2	52	6	9	39	4	10	18
11	3	2	25	6	4	105	6	18	22
16	4	2	27	6	5	150	6	25	30
3	1	3	42	6	7	130	5	26	33
8	2	3	46	6	8	68	6	11	19
12	3	3	132	6	22	269	6	45	67
15	4	3	12	6	2	48	6	8	10
2	1	4	115	6	19	21	6	4	23
5	2	4	108	6	18	121	5	24	42
9	3	4	75	6	13	81	6	14	26
14	4	4	118	6	20	146	5	29	49

Cuadro 1: SUMATORIA DE LAS DOS COSECHAS "COMERCIALES" - RENDIMIENTO EN GRANO POR PLANTA

Código de campo	Rep	Trat	Peso total granos (g)	Nro. de plantas	Rend. grano por planta (g)	Peso total granos (g)	Nro. de plantas	Rend. grano por planta (g)	Rend. total grano (g/planta)
1	1	1	129.4	6	21.57	125.8	4	31.45	53.02
6	2	1	247.0	6	41.17	131.6	6	21.93	63.10
10	3	1	169.8	5	33.96	329.1	6	54.85	88.81
13	4	1	472.8	6	78.80	83.4	4	20.85	99.65
4	1	2	190.9	6	31.82	350.2	5	70.04	101.86
7	2	2	95.5	6	15.92	356.0	4	89.00	104.92
11	3	2	540.4	6	90.07	1011.9	6	168.65	258.72
16	4	2	504.7	6	84.12	594.7	6	99.12	183.23
3	1	3	136.4	6	22.73	144.0	5	28.80	51.53
8	2	3	121.5	6	20.25	616.7	6	102.78	123.03
12	3	3	290.0	6	48.33	213.0	6	35.50	83.83
15	4	3	363.9	6	60.65	319.7	6	53.28	113.93
2	1	4	293.4	6	48.90	279.5	6	46.58	95.48
5	2	4	342.4	6	57.07	285.1	5	57.02	114.09
9	3	4	187.2	6	31.20	537.4	6	89.57	120.77
14	4	4	488.5	6	81.42	476.0	5	95.20	176.62

Referencias:

- Tratamientos: 1: **Testigo** (sin aplicación alguna)
- 2: **FF** (200 kg/ha de 18:46:00)
- 3: **BB 5** (Bio Abono de caña de azúcar a razón de 5 t/ha)
- 4: **BB 10** (Bio Abono de caña de azúcar a razón de 10 t/ha)

b) DATOS DE PRODUCCIÓN DE SACHA INCHI EN PARCELA “PIÑA”

Código de campo	Rep	Trat	Cosecha 1			
			Peso total granos (g)	Nro. de frutos	Nro. de plantas	Nro. de granos
1	1	4	100.7	25	3	87
2	1	1	136.1	34	3	128
3	1	2	306.3	78	4	295
4	1	3	67.7	17	4	64
5	2	2	259.4	76	4	247
6	2	1	360.2	95	4	343
7	2	4	106.3	28	2	111
8	2	3	14.4	4	1	16
9	3	1	176.5	44	4	186
10	3	2	142.2	32	4	131
11	3	3	472.1	123	4	470
12	3	4	123.3	34	2	147
13	4	1	0.0	0	0	0
14	4	4	28.9	8	3	30
15	4	3	0.0	0	0	0
16	4	2	0.0	2	1	9

Código de campo	Rep	Trat	Cosecha 2		
			Peso total granos (g)	Nro. de frutos	Nro. de plantas
5	2	2	267.1	66	4
15	4	3	300.8	76	4
6	2	1	286.7	62	4
4	1	3	131.6	46	4
8	2	3	194.2	47	4
7	2	4	448.3	106	4
9	3	1	712.3	176	4
12	3	4	742.1	165	4
13	4	1	797.0	206	4
16	4	2	145.2	44	4
1	1	4	1204.6	265	4
10	3	2	551.9	137	4
14	4	4	237.0	52	4
2	1	1	425.1	112	4
3	1	2	475.1	97	4
11	3	3	271.2	70	4

Cuadro 2: SUMATORIA DE LAS DOS COSECHAS "COMERCIALES" - NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

Código de campo	Rep	Trat	Nro. de frutos	Nro. de plantas	Nro. de frutos/planta	Nro. de frutos	Nro. de plantas	Nro. de frutos/planta	Nro. total de frutos por planta
6	2	1	62	4	16	78	4	20	35
9	3	1	176	4	44	28	2	14	58
13	4	1	206	4	52	44	4	11	63
2	1	1	112	4	28	8	3	3	31
5	2	2	66	4	17	25	3	8	25
16	4	2	44	4	11	32	4	8	19
10	3	2	137	4	34	34	2	17	51
3	1	2	97	4	24	0	0	0	24
15	4	3	76	4	19	34	3	11	30
4	1	3	46	4	12	17	4	4	16
8	2	3	47	4	12	76	4	19	31
11	3	3	70	4	18	2	1	2	20
7	2	4	106	4	27	95	4	24	50
12	3	4	165	4	41	4	1	4	45
1	1	4	265	4	66	123	4	31	97
14	4	4	52	4	13	0	0	0	13

Cuadro 3: SUMATORIA DE LAS DOS COSECHAS "COMERCIALES" - RENDIMIENTO EN GRANO POR PLANTA

Código de campo	Rep	Trat	Peso total granos (g)	Nro. de plantas	Rend. grano por planta (g)	Peso total granos (g)	Nro. de plantas	Rend. grano por planta (g)	Rend. total grano (g/planta)
6	2	1	267.1	4	66.78	100.7	4	25.18	91.95
9	3	1	300.8	4	75.20	136.1	2	68.05	143.25
13	4	1	286.7	4	71.68	306.3	4	76.58	148.25
2	1	1	131.6	4	32.90	67.7	3	22.57	55.47
5	2	2	194.2	4	48.55	259.4	3	86.47	135.02
16	4	2	448.3	4	112.08	360.2	4	90.05	202.13
10	3	2	712.3	4	178.08	106.3	2	53.15	231.23
3	1	2	742.1	4	185.53	14.4	0	0.00	185.53
15	4	3	797.0	4	199.25	176.5	3	58.83	258.08
4	1	3	145.2	4	36.30	142.2	4	35.55	71.85
8	2	3	1204.6	4	301.15	472.1	4	118.03	419.18
11	3	3	551.9	4	137.98	123.3	1	123.30	261.28
7	2	4	237.0	4	59.25	0.0	4	0.00	59.25
12	3	4	425.1	4	106.28	28.9	1	28.90	135.18
1	1	4	475.1	4	118.78	0.0	4	0.00	118.78
14	4	4	271.2	4	67.80	0.0	0	0.00	67.80

Referencias: Tratamientos:

- 1: **Testigo** (sin aplicación alguna)
- 2: **FF** (200 kg/ha de 18:46:00)
- 3: **BB 5** (Bio Abono de caña de azúcar a razón de 5 t/ha)
- 4: **BB 10** (Bio Abono de caña de azúcar a razón de 10 t/ha)

c) DATOS DE PRODUCCIÓN DE CAUPÍ EN LA PARCELA “PIÑA”

Cuadro 4: PRIMERA EVALUACIÓN DE BIOMASA: Acumulación de biomasa (g) a 20 días de la siembra

Código de campo	Tratamiento	Repetición	Nro. de plantas	Peso verde total (g)	Peso verde por planta (g)	En Laboratorio CIF			
						PV sub muestra (g)	PS sub muestra (g)	% MS	MS g/planta
3	1	1	34	228.7	6.73	116.2	14.6	12.6	0.85
8	1	2	36	146.8	4.08	141.6	17.7	12.5	0.51
12	1	3	56	269.2	4.81	132.5	15.7	11.8	0.57
15	1	4	48	176.3	3.67	126.2	16.6	13.2	0.48
2	2	1	24	142.9	5.95	134.8	17.7	13.1	0.78
5	2	2	36	140.1	3.89	135.6	17.6	13.0	0.51
11	2	3	50	291.7	5.83	140.0	15.9	11.4	0.66
16	2	4	56	252.5	4.51	146.3	19.1	13.1	0.59
1	3	1	22	116.6	5.30	143.8	17.2	12.0	0.63
6	3	2	32	204.4	6.39	148.0	18.7	12.6	0.81
10	3	3	50	310.2	6.20	128.5	16.5	12.8	0.80
13	3	4	32	168.8	5.28	136.1	18.0	13.2	0.70
4	4	1	30	126.6	4.22	132.3	16.4	12.4	0.52
7	4	2	41	360	8.78	134.9	16.9	12.5	1.10
9	4	3	53	337.9	6.38	148.1	20.6	13.9	0.89
14	4	4	41	289.6	7.06	147.3	18.7	12.7	0.90

Referencias: Tratamientos:

- 1: Testigo
- 2: Fertilización química
- 3: Bioabono 5 t/ha
- 4: Bioabono 10 t/ha

Cuadro 5: SEGUNDA EVALUACIÓN DE BIOMASA: Acumulación de biomasa (g) a 49 días de la siembra

Código de campo	Tratamiento	Repetición	Nro. de plantas	Peso verde total (g)	Peso verde por planta (g)	En Laboratorio CIF			
						PV sub muestra (g)	PS sub muestra (g)	% MS	MS g/planta
3	1	1	59	12075	204.66	150	15.0	10.0	20.5
8	1	2	101	11175	110.64	150	15.9	10.6	11.7
12	1	3	130	10575	81.35	150	14.8	9.9	8.0
15	1	4	121	9565	79.05	150	14.4	9.6	7.6
2	2	1	63	12085	191.83	150	14.7	9.8	18.8
5	2	2	123	14840	120.65	150	13.0	8.7	10.5
11	2	3	126	21485	170.52	150	15.4	10.3	17.5
16	2	4	142	11645	82.01	150	16.3	10.9	8.9
1	3	1	68	11205	164.78	1500	13.6	9.1	14.9
6	3	2	124	18735	151.09	150	14.6	9.7	14.7
10	3	3	125	14965	119.72	150	15.6	10.4	12.5
13	3	4	121	14130	116.78	150	16.3	10.9	12.7
4	4	1	59	9695	164.32	150	15.3	10.2	16.8
7	4	2	135	22865	169.37	150	13.8	9.2	15.6
9	4	3	104	19140	184.04	150	17.6	11.7	21.6
14	4	4	114	14720	129.12	150	16.1	10.7	13.9

1: Testigo

2: Fertilización química

3: Bioabono 5 t/ha

4: Bioabono 10 t/ha

Se evaluó 3 m de todos los surcos de cada UE, empezando por el lado Oeste hacia el Este

Cuadro 6: TERCERA EVALUACIÓN DE BIOMASA: Acumulación de biomasa (g) a 97 días de la siembra

Código de campo	Tratamiento	Repetición	Nro. de plantas	Peso verde total (g)	Peso verde por planta (g)	En laboratorio CIF			
						PV sub muestra (g)	PS sub muestra (g)	% MS	MS g/planta
3	1	1	61	6740	110.49	150.0	28.1	18.7	20.7
8	1	2	123	15925	129.47	150.0	18.4	12.3	15.9
12	1	3	159	13055	82.11	150.0	14.8	9.9	8.1
15	1	4	178	6230	35.00	150.0	23.2	15.5	5.4
2	2	1	60	11500	191.67	150.0	37.2	24.8	47.5
5	2	2	128	7400	57.81	150.0	26.5	17.7	10.2
11	2	3	154	14115	91.66	150.0	19.3	12.9	11.8
16	2	4	194	12910	66.55	150.0	28.0	18.7	12.4
1	3	1	41	12050	293.90	150.0	50.0	33.3	98.0
6	3	2	155	13855	89.39	150.0	24.0	16.0	14.3
10	3	3	160	11415	71.34	150.0	26.7	17.8	12.7
13	3	4	141	8240	58.44	150.0	22.7	15.1	8.8
4	4	1	80	8725	109.06	150.0	30.3	20.2	22.0
7	4	2	104	13801	132.70	150.0	21.8	14.5	19.3
9	4	3	127	18250	143.70	150.0	27.1	18.1	26.0
14	4	4	176	13310	75.63	150.0	19.9	13.3	10.0

Referencias: Tratamientos:

- 1: Testigo
- 2: Fertilización química
- 3: Bioabono 5 t/ha
- 4: Bioabono 10 t/ha

d) DATOS DE PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN LA PARCELA “CIF”

Cuadro 7: PRIMERA EVALUACIÓN: Acumulación de biomasa (g) a 42 días de la siembra

Código de campo	Tratamiento	Repetición	Nro. de plantas	Peso verde total (g)	PV sub muestra (g)	PS sub muestra (g)	% MS	MS g 20 plantas	MS g/planta
2	1	1	20	331	150	18.3	27.5	90.86	4.54
5	1	2	20	206	155	20.6	31.9	65.78	3.29
9	1	3	20	511	155	19.1	29.6	151.28	7.56
3	2	1	20	666	155	19.1	29.6	197.17	9.86
8	2	2	20	991	155	18.8	29.1	288.78	14.44
10	2	3	20	826	150	19.3	29.0	239.13	11.96
4	3	1	20	371	150	19.7	29.6	109.63	5.48
7	3	2	20	526	145	18.5	26.8	141.10	7.05
11	3	3	20	476	145	18.3	26.5	126.31	6.32
1	4	1	20	496	140	16.5	23.1	114.58	5.73
6	4	2	20	446	155	19.7	30.5	136.19	6.81
12	4	3	20	481	145	19.0	27.6	132.52	6.63

Referencias: Tratamientos:

- 1: Testigo
- 2: Fertilización química
- 3: Bioabono 5 t/ha
- 4: Bioabono 10 t/ha

Cuadro 8: SEGUNDA EVALUACIÓN: Vainas por planta y rendimiento en grano por planta, a 85 días de la siembra

Código de campo	Tratamiento	Repetición	Nro. de plantas	Nro. de vainas	Peso total de grano (g)	Peso de 100 granos (g)	Vainas/planta	Rend. grano g/planta
2	1	1	184	579	293.6	51.6	3.15	1.60
5	1	2	35	167	118.5	50.8	4.77	3.39
9	1	3	300	1076	1051.8	56.1	3.59	3.51
3	2	1	118	650	699.3	52.7	5.51	5.93
8	2	2	181	1015	1117.5	52.0	5.61	6.17
10	2	3	232	1124	1377.7	52.0	4.84	5.94
4	3	1	pp	pp	pp	pp	4.18	pp
7	3	2	242	927	1020.0	52.7	3.83	4.21
11	3	3	179	810	815.0	52.1	4.53	4.55
1	4	1	258	795	647.0	54.9	3.08	2.51
6	4	2	183	727	752.9	53.3	3.97	4.11
12	4	3	182	825	880.5	54.2	4.53	4.84

Cuadro 8 (continuación): Rendimiento en grano, ajustado

Código de campo	Tratamiento	Repetición	Peso total de grano (g)	Grano de descarte (g)	Peso total de grano de 1ra. (g)	Nro. de plantas	Rend. de grano de 1ra. (g/planta)
2	1	1	293.6	115.7	177.9	184	0.97
5	1	2	118.5	71.0	47.5	35	1.36
9	1	3	1051.8	351.7	700.1	300	2.33
3	2	1	699.3	224.1	475.2	118	4.03
8	2	2	1117.5	179.2	938.3	181	5.18
10	2	3	1377.7	275.8	1101.9	232	4.75
4	3	1	pp	pp	pp	pp	pp
7	3	2	1020.0	241.5	778.5	242	3.22
11	3	3	815.0	177.8	637.2	179	3.56
1	4	1	647.0	401.4	245.6	258	0.95
6	4	2	752.9	243.8	509.1	183	2.78
12	4	3	880.5	235.5	645.0	182	3.54

Referencias: Tratamientos:

- 1: Testigo
- 2: Fertilización química
- 3: Bioabono 5 t/ha
- 4: Bioabono 10 t/ha

e) DATOS DE PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN LA PARCELA “PIÑA”

Cuadro 9: PRIMERA EVALUACIÓN: Acumulación de biomasa (g) a 14 días de la siembra

Código de campo	Tratamiento	Repetición	Nro. de plantas	Peso seco total (g)	Peso seco por planta (g)
3	1	1	20	7.4	0.370
8	1	2	20	7.3	0.365
12	1	3	20	7.0	0.350
15	1	4	20	5.3	0.265
2	2	1	20	7.1	0.355
5	2	2	20	6.6	0.330
11	2	3	20	6.8	0.340
16	2	4	20	6.2	0.310
1	3	1	20	7.9	0.395
6	3	2	20	9.0	0.450
10	3	3	20	10.1	0.505
13	3	4	20	9.0	0.450
4	4	1	20	9.6	0.480
7	4	2	20	9.3	0.465
9	4	3	20	8.1	0.405
14	4	4	20	9.1	0.455

Referencias: Tratamientos:

- 1: Testigo
- 2: Fertilización química
- 3: Bioabono 5 t/ha
- 4: Bioabono 10 t/ha

Cuadro 10: SEGUNDA EVALUACIÓN: Acumulación de biomasa (g) a 55 días de la siembra
(3 golpes para MS de vainas, nro. de vainas y MS de follaje)

Código de campo	Tratamiento	Repetición	Nro. de plantas	Nro. de vainas	Peso seco total de follaje (g)	Peso seco total de vainas (g)	Peso seco follaje (g/planta)	Peso seco vainas (g/planta)
3	1	1	9	45	24.2	20.8	2.69	2.31
8	1	2	9	35	29.4	16.9	3.27	1.88
12	1	3	9	24	16.8	11.6	1.87	1.29
15	1	4	7	11	11.7	4.5	1.67	0.64
2	2	1	7	55	33.4	24.8	4.77	3.54
5	2	2	9	44	30.5	18.3	3.39	2.03
11	2	3	7	80	40.4	35.8	5.77	5.11
16	2	4	6	2	12.7	0.7	2.12	0.12
1	3	1	9	4	22.0	1.9	2.44	0.21
6	3	2	9	59	27.0	22.5	3.00	2.50
10	3	3	9	38	28.6	22.4	3.18	2.49
13	3	4	9	43	22.8	15.7	2.53	1.74
4	4	1	9	28	33.5	10.3	3.72	1.14
7	4	2	6	30	28.4	18.2	4.73	3.03
9	4	3	9	21	31.3	8.8	3.48	0.98
14	4	4	10	41	40.6	18.1	4.06	1.81

Referencias: Tratamientos:

- 1: Testigo
- 2: Fertilización química
- 3: Bioabono 5 t/ha
- 4: Bioabono 10 t/ha

Cuadro 11: TERCERA EVALUACIÓN: Vainas por planta y rendimiento en grano por planta, a 82 días de la siembra

Código de campo	Tratamiento	Repetición	Nro. de plantas	Nro. de vainas	Peso total de grano (g)	Nro. de vainas/planta	Rend. de grano (g/planta)
3	1	1	32	95	98.2	3.0	3.07
8	1	2	9	29	28.5	3.2	3.17
12	1	3	26	74	88.7	2.8	3.41
15	1	4	28	71	54.6	2.5	1.95
2	2	1	25	73	75.5	2.9	3.02
5	2	2	30	152	162.6	5.1	5.42
11	2	3	25	152	197.2	6.1	7.89
16	2	4	pp	pp	pp	pp	pp
1	3	1	13	45	47.9	3.5	3.68
6	3	2	27	100	116.3	3.7	4.31
10	3	3	26	95	102.2	3.7	3.93
13	3	4	29	94	122.6	3.2	4.23
4	4	1	23	84	96.7	3.7	4.20
7	4	2	27	138	157.4	5.1	5.83
9	4	3	9	39	37.1	4.3	4.12
14	4	4	31	123	145.9	4.0	4.71

Referencias: Tratamientos:

- 1: Testigo
- 2: Fertilización química
- 3: Bioabono 5 t/ha
- 4: Bioabono 10 t/ha

RESPALDO GRÁFICO DEL ENSAYO

INICIO DEL TRABAJO DE CAMPO – Finales de verano a inicios del otoño



Compra de Bioabono de caña en el *Ingenio Azucarero Guabira*, en Montero (Santa Cruz). Este abono orgánico (sub producto de la industria azucarera), se comercializa a un precio de 50 Bs/t (puesto en el Ingenio)



Parcelas seleccionadas en la Unidad Académica “Valle de Sacta” de la UMSS, para establecer las parcelas experimentales del Proyecto. Izquierda: Parcela “CIF”; derecha: parcela “PIÑA”

Fines de otoño a inicio del invierno



Siembra de ensayos con frijol, en callejones de sacha inchi, evaluando el efecto del bioabono de caña de azúcar, para un manejo integral del cultivo de sacha inchi



En la parcela "CIF" se sembraron tres surcos en cada callejón de sacha inchi, el cual estaba a una distancia de 3 m entre líneas



Semilla inoculada de frijol variedad RAA 15

Invierno

Parcela "CIF"



Desarrollo del ensayo de frijol (a un mes de la siembra) en callejones de sacha inchi en la parcela "CIF"



Primeras mediciones del desarrollo y establecimiento del sacha inchi



Desmalezado en ensayo de frijol



Buen desarrollo de la biomasa de frijol, como respuesta a la aplicación de bioabono de caña, en el manejo de callejones de sacha inchi

Parcela "PIÑA"



Siembra de ensayo con frijol (probando el bioabono de caña de azúcar) en callejones de sacha inchi (en la parcela "PIÑA"), bajo un enfoque de manejo integral del cultivo de sacha inchi



Apoyo y participación de alumnos de la Unidad Académica "Valle de Sacta" de la UMSS en la siembra y seguimiento de ensayos

SIEMBRA DE SACHA INCHI EN PARCELA "PIÑA"



Aplicación de bioabono de caña, en cada sitio de siembra de sachá inchi, a razón de 10 t/ha y de 5 t/ha, comparando su efecto con la fertilización química y un tratamiento testigo

Invierno

Desarrollo del ensayo con frijol, a 13 días después de la siembra (parcela "PIÑA")



Parcela testigo



Parcela con el tratamiento de fertilización química



Parcela con el tratamiento de bioabono (10 t/ha)



Parcela con el tratamiento de bioabono (5 t/ha)



Evaluación de biomasa de frijol, a dos semanas de la siembra en la parcela "PIÑA". A la derecha nótese el abundante desarrollo radicular que se presentó en las parcelas con bioabono de caña de azúcar



Aplicación de insecticida



Evaluaciones de la biomasa



Parcela del tratamiento con bioabono de caña (5 t/ha)



Vista general del ensayo

Invierno

Parcela "PIÑA" (ensayo con frijol en callejones de sachá inchi)



Parcela con el tratamiento de bioabono (10 t/ha)



Parcela con el tratamiento testigo

Fines de invierno a inicios de primavera



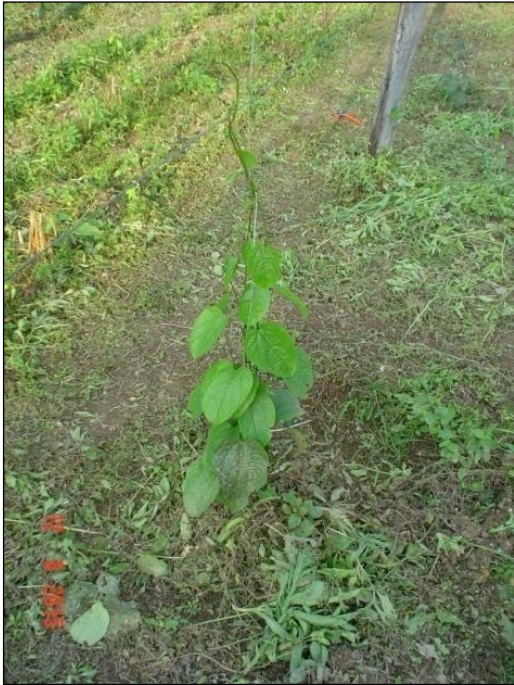
Evaluación de producción de grano de frijol en ensayo con bioabono en parcela "CIF"



Estado de las parcelas del ensayo con bioabono en frijol en callejones de sacha inchi en parcela "PIÑA", en las cuales se realizó evaluaciones de materia seca de biomasa y número y materia seca de vainas



Emergencia plena de plántulas de sacha ichi en parcela "PIÑA", en la resiembra de esta parcela debido a la irregular emergencia de la primera siembra en el Valle de Sacta (nótese la limpieza del rodal)



Buen desarrollo de sachá inchi en la parcela "CIF" en el Valle de Sacta



Vista general de la parcela "PIÑA", con frijol ya en inicio de fase de madurez, en callejones de sachá inchi



Parcela con el tratamiento de bioabono de caña de azúcar (10 t/ha), en fase de inicio de madurez fisiológica de vainas

Inicios de primavera



Evaluación de producción de grano en frijol, en ensayo con bioabono de caña, en callejones de sacha inchi en parcela "CIF"



Óptimo desarrollo de plantines de sacha inchi en la parcela "CIF" (izquierda) y en la parcela "PIÑA" (derecha)

Primavera



Vistas generales de la siembra de vinya en callejones de sacha inchi en la parcela "PIÑA", posterior a la cosecha de grano de frijol, bajo un enfoque de manejo integral del cultivo de sacha inchi



Vistas generales de la parcela "CIF", donde se observa el excelente desarrollo del sacha inchi, en gran parte gracias al manejo de podas, realizado en la misma



Parcela CIF: Desarrollo de inflorescencia inicial en sacha inchi



Parcela CIF: Desarrollo de los primeros frutos de sachá inchi

Primavera

Imágenes de los tratamientos en ensayo con vigna, a 20 días de la siembra, donde se evaluó el efecto residual de la aplicación de bioabono de caña, en callejones de sachá inchi en la "parcela "PIÑA"



Tratamiento con fertilizante químico(18:46:00)



Tratamiento testigo (sin aplicación de nada)



Tratamiento con aplicación de bioabono de caña; Izquierda: a razón de 10 t/ha; derecha 5 t/ha



Vistas de la parcela "PIÑA", ensayo con bioabono en vinya en callejones de sacha inchi



Evaluaciones de biomasa a 20 días de la siembra -Ensayo con bioabono en vinya (parcela "PIÑA")



Desarrollo del sacha inchi en "parcela CIF", donde se evidencia las ventajas de un manejo permanente de podas de formación

Fines de primavera a inicios de verano



Evaluación de biomasa en el ensayo de bioabono en vigna, en los callejones de sacha inchi en la parcela "PIÑA". Una vez evaluado el ensayo, la biomasa se dejó esparcida en toda la parcela a manera de "mulch" buscando mejorar la condición física y química de los suelos

Fines de verano a inicios de otoño



Estado de las parcelas del ensayo con bioabono de caña en sacha inchi. Izq. "parcela PIÑA"; der. "parcela CIF"; esta última se ve con mucho mayor y mejor desarrollo



Cosecha de granos maduros de sacha inchi en "parcela PIÑA" (izquierda) y "parcela CIF" (derecha), en su primera producción en condiciones del Valle de Sacta

Análisis de Varianza y Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Datos procesados en el programa MSTATC®)

Sacha inchi en parcela CIF

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7: One Factor Randomized Complete Block Design
Data case no. 1 to 16.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 1: rep) with values from 1 to 4

Factor A (Var 2: trat) with values from 1 to 4

Variable 3: Rendimiento en grano

Grand Mean = 114.537 Grand Sum = 1832.590 Total Count = 16

T A B L E O F M E A N S

1	2	3	Total
---	---	---	-------

1	*	75.473	301.890
2	*	101.285	405.140
3	*	138.032	552.130
4	*	143.357	573.430

*	1	76.145	304.580
*	2	162.182	648.730
*	3	93.080	372.320
*	4	126.740	506.960

Cuadro 12: ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	12337.241	4112.414	2.9455	0.0911
2	Factor A	3	17413.421	5804.474	4.1575	0.0419
-3	Error	9	12565.423	1396.158		
Total		15	42316.085			

Coefficient of Variation: 32.62%

s_ for means group 1: 18.6826 Number of Observations: 4

s_ for means group 2: 18.6826 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 59.77 s_ = 18.68 at alpha = 0.050

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 76.14 B	Mean 2 = 162.2 A
Mean 2 = 162.2 A	Mean 4 = 126.7 AB
Mean 3 = 93.08 B	Mean 3 = 93.08 B
Mean 4 = 126.7 AB	Mean 1 = 76.14 B

Variable 4: Número de granos

Grand Mean = 27.982 Grand Sum = 447.710 Total Count = 16

T A B L E O F M E A N S

1	2	4	Total
1	*	23.160	92.640
2	*	26.573	106.290
3	*	31.458	125.830
4	*	30.738	122.950
*	1	20.770	83.080
*	2	24.015	96.060
*	3	32.208	128.830
*	4	34.935	139.740

Cuadro 13: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	179.641	59.880	0.2028	
2	Factor A	3	535.796	178.599	0.6048	
-3	Error	9	2657.573	295.286		
	Total	15	3373.010			

Coefficient of Variation: 61.41%

s_ for means group 1: 8.5919 Number of Observations: 4
s_ for means group 2: 8.5919 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 27.49
s_ = 8.592 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	20.77	A	Mean	4 =	34.94	A
Mean	2 =	24.01	A	Mean	3 =	32.21	A
Mean	3 =	32.21	A	Mean	2 =	24.01	A
Mean	4 =	34.94	A	Mean	1 =	20.77	A

Sacha inchi en parcela PIÑA

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7: One Factor Randomized Complete Block Design
Data case no. 1 to 16.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 1: rep) with values from 1 to 4

Factor A (Var 2: trat) with values from 1 to 4

Variable 3: Rendimiento en grano

Grand Mean = 161.514 Grand Sum = 2584.230 Total Count = 16

		T A B L E	O F	M E A N S
1	2	3	Total	

1	*	107.907	431.630	
2	*	176.350	705.400	
3	*	192.735	770.940	
4	*	169.065	676.260	

*	1	109.730	438.920	
*	2	188.478	753.910	
*	3	252.597	1010.390	
*	4	95.252	381.010	

Cuadro 14: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob

1	Replication	3	16502.128	5500.709	0.8395	
2	Factor A	3	64381.610	21460.537	3.2754	0.0728
-3	Error	9	58968.484	6552.054		

	Total	15	139852.222			

Coefficient of Variation: 50.12%

s_ for means group 1: 40.4724 Number of Observations: 4
s_ for means group 2: 40.4724 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 129.5 s_ = 40.47 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	109.7	B	Mean	3 =	252.6	A
Mean	2 =	188.5	AB	Mean	2 =	188.5	AB
Mean	3 =	252.6	A	Mean	1 =	109.7	B
Mean	4 =	95.25	B	Mean	4 =	95.25	B

Variable 4: Número de granos

Grand Mean = 37.958 Grand Sum = 607.330 Total Count = 16

T A B L E O F M E A N S

1	2	4	Total
1	*	41.918	167.670
2	*	35.207	140.830
3	*	43.500	174.000
4	*	31.207	124.830
* 1		46.543	186.170
* 2		29.832	119.330
* 3		24.082	96.330
* 4		51.375	205.500

Cuadro 15: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	398.104	132.701	0.2503	
2	Factor A	3	2049.051	683.017	1.2881	0.3366
-3	Error	9	4772.199	530.244		
Total		15	7219.354			

Coefficient of Variation: 60.66%

s_ for means group 1: 11.5135 Number of Observations: 4
s_ for means group 2: 11.5135 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 36.83

s_ = 11.51 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	46.54	A	Mean	4 =	51.38	A
Mean	2 =	29.83	A	Mean	1 =	46.54	A
Mean	3 =	24.08	A	Mean	2 =	29.83	A
Mean	4 =	51.38	A	Mean	3 =	24.08	A

Caupí en parcela piña - 3 evaluaciones de biomasa

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7:

One Factor Randomized Complete Block Design

Data case no. 1 to 16.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 1: Rep) with values from 1 to 4

Factor A (Var 2: Trat) with values from 1 to 4

Variable 3: Evaluación 1

Grand Mean = 0.706 Grand Sum = 11.300 Total Count = 16

T A B L E O F M E A N S			
1	2	3	Total
1	*	0.695	2.780
2	*	0.733	2.930
3	*	0.730	2.920
4	*	0.667	2.670

*	1	0.602	2.410
*	2	0.635	2.540
*	3	0.735	2.940
*	4	0.852	3.410

Cuadro 16: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.012	0.004	0.1111	
2	Factor A	3	0.152	0.051	1.4673	0.2877
-3	Error	9	0.311	0.035		
Total		15	0.475			

Coefficient of Variation: 26.33%

s_ for means group 1: 0.0930 Number of Observations: 4

s_ for means group 2: 0.0930 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 0.2993

s_ = 0.09354 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	0.6025	A	Mean	4 =	0.8525	A
Mean	2 =	0.6350	A	Mean	3 =	0.7350	A
Mean	3 =	0.7350	A	Mean	2 =	0.6350	A
Mean	4 =	0.8525	A	Mean	1 =	0.6025	A

Variable 4: Evaluación 2

Grand Mean = 14.130 Grand Sum = 226.080 Total Count = 16

T A B L E O F M E A N S

1	2	4	Total
1	*	17.742	70.970
2	*	13.120	52.480
3	*	14.895	59.580
4	*	10.762	43.050
*	1	11.955	47.820
*	2	13.920	55.680
*	3	13.697	54.790
*	4	16.947	67.790

Cuadro 17: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	103.982	34.661	2.7140	0.1073
2	Factor A	3	51.600	17.200	1.3468	0.3196
-3	Error	9	114.938	12.771		
	Total	15	270.520			

Coefficient of Variation: 25.29%

s_ for means group 1: 1.7868 Number of Observations: 4
s_ for means group 2: 1.7868 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 5.716
s_ = 1.787 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	11.95	A	Mean	4 =	16.95	A
Mean	2 =	13.92	A	Mean	2 =	13.92	A
Mean	3 =	13.70	A	Mean	3 =	13.70	A
Mean	4 =	16.95	A	Mean	1 =	11.95	A

Variable 5: Evaluación 3

Grand Mean = 21.448 Grand Sum = 343.160 Total Count = 16

T A B L E O F M E A N S

1	2	5	Total
1	*	47.058	188.230
2	*	14.920	59.680
3	*	14.637	58.550
4	*	9.175	36.700
*	1	12.523	50.090
*	2	20.487	81.950
*	3	33.453	133.810
*	4	19.328	77.310

Cuadro 18: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	3581.883	1193.961	3.3088	0.0712
2	Factor A	3	916.767	305.589	0.8469	
-3	Error	9	3247.568	360.841		
Total		15	7746.218			

Coefficient of Variation: 88.57%

s_ for means group 1: 9.4979 Number of Observations: 4
s_ for means group 2: 9.4979 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 30.39
s_ = 9.498 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	12.52	A	Mean	3 =	33.45	A
Mean	2 =	20.49	A	Mean	2 =	20.49	A
Mean	3 =	33.45	A	Mean	4 =	19.33	A
Mean	4 =	19.33	A	Mean	1 =	12.52	A

FRIJOL en parcela "CIF"
3 evaluaciones: biomasa - vainas - grano

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7: One Factor Randomized Complete Block Design
 Data case no. 1 to 12.

Factorial ANOVA for the factors:
 Replication (Var 1: rep) with values from 1 to 3
 Factor A (Var 2: trat) with values from 1 to 4

Variable 3: Biomasa en materia seca

Grand Mean = 7.472 Grand Sum = 89.670 Total Count = 12

T A B L E O F M E A N S

1	2	3	Total
1	*	6.402	25.610
2	*	7.897	31.590
3	*	8.118	32.470
*	1	5.130	15.390
*	2	12.087	36.260
*	3	6.283	18.850
*	4	6.390	19.170

Cuadro 19: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	6.966	3.483	1.3850	0.3202
2	Factor A	3	88.091	29.364	11.6764	0.0065 **
-3	Error	6	15.089	2.515		
	Total	11	110.146			

Coefficient of Variation: 21.22%

s_ for means group 1: 0.7929 Number of Observations: 4
 s_ for means group 2: 0.9156 Number of Observations: 3

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 3.168 s_ = 0.9156 at alpha = 0.050

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 5.130 B	Mean 2 = 12.09 A
Mean 2 = 12.09 A	Mean 4 = 6.390 B
Mean 3 = 6.283 B	Mean 3 = 6.283 B
Mean 4 = 6.390 B	Mean 1 = 5.130 B

Variable 4: Vainas por planta

Grand Mean = 4.299 Grand Sum = 51.590 Total Count = 12

T A B L E O F M E A N S

1	2	4	Total
1	*	3.980	15.920
2	*	4.545	18.180
3	*	4.373	17.490
*	1	3.837	11.510
*	2	5.320	15.960
*	3	4.180	12.540
*	4	3.860	11.580

Cuadro 20: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	0.671	0.335	0.8392	
2	Factor A	3	4.389	1.463	3.6611	0.0826 ns
-3	Error	6	2.398	0.400		
	Total	11	7.458			

Coefficient of Variation: 14.70%

s_ for means group 1: 0.3161 Number of Observations: 4
s_ for means group 2: 0.3650 Number of Observations: 3

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 1.264

s_ = 0.3651 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	3.837	B	Mean	2 =	5.320	A
Mean	2 =	5.320	A	Mean	3 =	4.180	AB
Mean	3 =	4.180	AB	Mean	4 =	3.860	B
Mean	4 =	3.860	B	Mean	1 =	3.837	B

Variable 5: Rendimiento en grano por planta

Grand Mean = 3.005 Grand Sum = 36.060 Total Count = 12

		T A B L E O F M E A N S	
1	2	5	Total
1	*	2.335	9.340
2	*	3.135	12.540
3	*	3.545	14.180
*	1	1.553	4.660
*	2	4.653	13.960
*	3	3.390	10.170
*	4	2.423	7.270

Cuadro 21: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	3.030	1.515	4.0772	0.0762
2	Factor A	3	15.933	5.311	14.2945	0.0039 **
-3	Error	6	2.229	0.372		
Total		11	21.191			

Coefficient of Variation: 20.28%

s_ for means group 1: 0.3048 Number of Observations: 4
s_ for means group 2: 0.3519 Number of Observations: 3

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 1.219

s_ = 0.3521 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	1.553	C	Mean	2 =	4.653	A
Mean	2 =	4.653	A	Mean	3 =	3.390	B
Mean	3 =	3.390	B	Mean	4 =	2.423	BC
Mean	4 =	2.423	BC	Mean	1 =	1.553	C

FRIJOL en parcela "PIÑA"
3 evaluaciones: biomasa - vainas - grano

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7: One Factor Randomized Complete Block Design
 Data case no. 1 to 16.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 1: rep) with values from 1 to 4

Factor A (Var 2: trat) with values from 1 to 4

Variable 3: Biomasa en materia seca

Grand Mean = 3.293 Grand Sum = 52.690 Total Count = 16

T A B L E O F M E A N S			
1	2	3	Total

1	*	3.405	13.620
2	*	3.598	14.390
3	*	3.575	14.300
4	*	2.595	10.380

*	1	2.375	9.500
*	2	4.012	16.050
*	3	2.788	11.150
*	4	3.998	15.990

Cuadro 22: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob

1	Replication	3	2.688	0.896	1.0250	0.4265
2	Factor A	3	8.449	2.816	3.2217	0.0754 ns
-3	Error	9	7.868	0.874		

	Total	15	19.005			

Coefficient of Variation: 28.39%

s_ for means group 1: 0.4675 Number of Observations: 4
 s_ for means group 2: 0.4675 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 1.495 s_ = 0.4674 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	2.375	B	Mean	2 =	4.012	A
Mean	2 =	4.012	A	Mean	4 =	3.997	A
Mean	3 =	2.787	AB	Mean	3 =	2.787	AB
Mean	4 =	3.997	A	Mean	1 =	2.375	B

Variable 4: Vainas por planta

Grand Mean = 3.841 Grand Sum = 61.460 Total Count = 16

T A B L E O F M E A N S

1	2	4	Total
1	*	3.250	13.000
2	*	4.275	17.100
3	*	4.227	16.910
4	*	3.612	14.450
*	1	2.895	11.580
*	2	4.692	18.770
*	3	3.513	14.050
*	4	4.265	17.060

Cuadro 23: A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	2.957	0.986	2.3305	0.1426
2	Factor A	3	7.631	2.544	6.0140	0.0156 **
-3	Error	9	3.806	0.423		
Total		15	14.394			

Coefficient of Variation: 16.93%

s_ for means group 1: 0.3252 Number of Observations: 4
s_ for means group 2: 0.3252 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	2.895	C	Mean	2 =	4.693	A
Mean	2 =	4.693	A	Mean	4 =	4.265	AB
Mean	3 =	3.513	BC	Mean	3 =	3.513	BC
Mean	4 =	4.265	AB	Mean	1 =	2.895	C

Variable 5: Rendimiento en grano por planta

Grand Mean = 4.274 Grand Sum = 68.380 Total Count = 16

T A B L E O F M E A N S

1	2	5	Total
1	*	3.492	13.970
2	*	4.683	18.730
3	*	4.837	19.350
4	*	4.083	16.330
*	1	2.900	11.600
*	2	5.442	21.770
*	3	4.038	16.150
*	4	4.715	18.860

Cuadro 24: ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	4.527	1.509	1.2682	0.3426
2	Factor A	3	14.015	4.672	3.9258	0.0481 *
-3	Error	9	10.710	1.190		
Total		15	29.252			

Coefficient of Variation: 25.52%

s_ for means group 1: 0.5454 Number of Observations: 4
s_ for means group 2: 0.5454 Number of Observations: 4

Duncan's Multiple Range Test

LSD value = 1.745

s_ = 0.5454 at alpha = 0.050

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 2.900 B	Mean 2 = 5.443 A
Mean 2 = 5.443 A	Mean 4 = 4.715 AB
Mean 3 = 4.037 AB	Mean 3 = 4.037 AB
Mean 4 = 4.715 AB	Mean 1 = 2.900 B