



# **Estudio del desarrollo de las principales especies de abono verde en diferentes épocas de siembra en la zona tropical de Bolivia**

Marzo de 1999

Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia (CETABOL)

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Santa Cruz, Bolivia

## **AUTORES**

Tamotsu Uchida

Marco Antonio Vargas M.

Edward A. Condo C.

## **COLABORADORES**

CAICO Ltda.

CAISY Ltda.

## **1. Introducción**

La forma en la cual comenzaron los agricultores en el sistema de siembra directa no fue la más adecuada, ya que lo hicieron en aquellos campos que venían de una agricultura tradicional, con una evidente baja fertilidad de los suelos y una baja productividad de los cultivos. Es por eso que esas condiciones de suelos, en algunos campos será difícil continuar con este sistema, y si se continuara, pensamos que no será posible recuperar estos suelos y no habrá la seguridad de tener una agricultura sostenible en el futuro.

En este momento existe un marcado interés por partes de los agricultores para la utilización de abonos verdes, por lo cual se necesitan desarrollar nuevas técnicas para su utilización y que sean económicamente viables. Esta introducción de abonos verdes en el sistema de siembra directa para el mejoramiento y conservación de los suelos, es un aspecto muy importante que considerar para el desarrollo tecnológico del cultivo.

La introducción de abonos verdes en el ámbito nacionales reciente, como también la investigación de estos en las instituciones del país, por ello, aun no contamos con tecnología básicas para su utilización y todavía no extender los resultados a los agricultores.

Por otra parte, para satisfacer las grandes superficies de cultivo mecanizado, ello se tiene que cambiar la forma de producción de semilla de abono verde, de manual a mecanizado. Es por este motivo que es importante estudiar la posibilidad de cosecha mecanizada de su semilla.

## **2. Objetivo del plan**

Como se menciona anteriormente, cada vez esta aumentando más la inquietud de los agricultores de utilizar abonos verdes para mejorar y/o conservar los suelos de sus campos. Esto muestra que están conscientes de la degradación que van sufriendo sus suelos, traducido en la disminución de la fertilidad.

Por ello, la introducción de abono verde en un sistema de rotación de cultivos se está desarrollando rápidamente; aunque se tiene retrasado el desarrollo tecnológico para su utilización y su extensión hacia los agricultores, existiendo varios aspectos que solucionar; ya que puede provocar una eficiencia contraria o que no sea económicamente viable. Por ello los agricultores están esperando el desarrollo de técnicas nuevas de cultivo, de las instituciones de investigación.

En el caso de CETABOL, hay muchas visitas y preguntas de los agricultores acerca del cultivo de abonos verdes, eso muestra que existe una gran necesidad de desarrollar nuevas tecnologías para la recuperación, conservación y mejoramiento de los suelo.

La conservación y mejoramiento de los suelos mediante la utilización de los abonos verdes, puede llevarse a cabo, introduciendo su cultivo en un sistema de rotación de siembra directa para el retorno del restrojo. En este momento no se pueden satisfacer todas las necesidades de los agricultores en cuanto a técnicas de cultivo de abonos verdes se refiere, siendo imprescindible desarrollar dichas técnicas.

De acuerdo a todo lo descrito anteriormente, se deberá apoyar a los agricultores, estableciendo técnicas de conservación y mejoramiento de los suelos, por la introducción de abonos verdes en las superficies extensas de cultivo mecanizado. Asimismo se estudiara el desarrollo de especies promisorias de abono verde en diferentes épocas de siembra y se evaluarán sistemas de rotación con la utilización de abonos verdes. También se establecerán las épocas óptimas de producción de semilla y de corte para cobertura de suelo después de evaluar durante un año.

### **3. Cultivo de abono verde en el país y sus características particulares**

#### **3.1. Descripción de la investigación de cultivos de abono verde en el departamento de Santa Cruz**

Las investigaciones sobre abonos verdes realizados en algunas instituciones del departamento de Santa Cruz, muestran resultados de ensayos discontinuos y en áreas muy limitadas. Al final de la década del ´70, se realizaron investigaciones acerca de especies de abono verde –gramínea- como tema de tesis en el CIAT; pero estos temas de ensayo tenían como principal objetivo, el de mejora las pasturas y no el de mejorar o conservar los suelos.

Mucho después, en la década del ´90, empezaron los ensayos sobre abonos verdes en el CIAT, pero su principal investigación estaba relacionada con mejoramiento del suelo a través de la incorporación de la materia verde producida por estos abonos verdes, es decir en siembra convencional. La investigación que vienen realizando en la actualidad, son los adecuados para la siembra directa, y tuvieron que pasar unos cuantos años más para comenzar con este tipo de ensayo.

En CETABOL, los ensayos con abonos verdes empezaron en 1987, pero no continuó con la investigación porque los agricultores se encontraban indiferentes con el uso de abonos verdes. Posteriormente, en 1992 se reinicio la investigación con el estudio de las características de diferentes especies de abono verde introducido de países vecinos; y el año 1994 se empezó con la investigación de sistema de rotación con la introducción de abonos verdes, continuándose los ensayos hasta ahora. Sin embargo, todavía no se realizó ninguna investigación sobre producción de semilla de especies de abono verde, ni tampoco ningún estudio de las características de desarrollo de especie de abono verde en diferentes épocas de siembra durante un ciclo de

un año. Con esto tendríamos la información para realizar extensión sobre las técnicas de manejo de abono verde en diferentes tiempos de utilización de acuerdo al objetivo que se persiga con especies adaptadas a la región.

Creemos que por este momento en Santa Cruz, las principales instituciones que vienen realizando investigaciones sobre abonos verdes o coberturas son CIAT y CETABOL.

### **3.2. Utilización y producción de abono verde**

La introducción de especies de abono verde para su utilización e investigación comenzó en 1995, y rápidamente se incrementó la inquietud por su uso para la recuperación de los suelos y así evitar la degradación que van sufriendo los campos de los agricultores.

Como la inquietud por el uso de abono verde se viene incrementando, también la producción de semilla está en aumento. Esta producción empezó primeramente en las Colonias Japonesas y en este momento los agricultores bolivianos y menonitas también ya lo están produciendo. Asimismo, las casas comerciales de semilla de abono verde, en la actualidad, algunas de ellas ya lo tienen incluido dentro su oferta.

La cantidad de semilla de abono verde que manejan anualmente las casas comerciales, estimamos que lleguen a las 20 tn.; y la venta total de todo el departamento de Santa Cruz, incluyendo agricultores y Cooperativas agrícolas, llega a los 50 tn/año. Si consideramos que la cantidad de semilla utilizada para cobertura es de aproximadamente 25 kg/ha, esta serviría para la siembra de 2000 has. Esta superficie cultivada con abono verde, aparentemente es poca, pero comparando con años anteriores en los que no se utilizaba casi nada, podemos decir que por ahora es muy significativo.

Hoy en día, la superficie utilizada de abono verde es mayor en los campos de los agricultores japoneses. Mostrando un interés bastante alto por la importancia que reviste la recuperación de sus suelos; existiendo muchas diferencias en los ideales con los agricultores bolivianos.

Dentro de los agricultores bolivianos, la utilización de abono verde es muy poca, sin embargo inmigrantes brasileños y algunas empresas agrícolas bolivianas, ya están utilizando cultivos de cobertura o abonos verdes. De aquí en adelante, es posible que se vaya a desarrollar más el cultivo de abono verde en el departamento.

Las especies de abono verde que se están utilizando actualmente son solamente 2 a 3, por eso no es suficiente la cantidad de semilla existente y es difícil llegar a abastecer con los requerimientos existentes. Por ello se deberá establecer formas de abastecimiento de semilla de estas especies y otras con mayores posibilidades de ser desarrollados y utilizados como abono verde de

acuerdo al motivo que le quiera dar en su uso. Para poder utilizar abono verde es muy importante tener una continuidad de abastecimiento de semilla, ya que necesitan de grandes cantidades porque sus cultivos son mecanizados, y dependerá de la producción y del abastecimiento de semilla para continuar e incrementar el cultivo de abono verde.

Cuadro 1 Principales especies de abono verde que actualmente son utilizados por los agricultores.

Familia	especie de abono verde	Nombre científico	Parte útil	Época de utilización	Objetivo de utilización
Leguminosa	Crotalaria juncea	<i>Crotalaria juncea</i>	Tallo y hoja	verano	Cobertura de suelo
	Mucuna negra	<i>Stizolobium aterrinum</i>	Tallo y hoja	invierno-verano	Cobertura y control de maleza
	Mucuna ceniza	<i>Stizolobium cinereum</i>	Tallo y hoja	invierno-verano	Cobertura y control de maleza
Gramínea	Milheto	<i>Pennisetum americanum</i>	Tallo y hoja	invierno-verano	Cobertura de suelo
	Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>	Tallo y hoja	invierno	Cobertura de suelo
	Avena	<i>Avena strigosa</i>	Tallo y hoja	invierno	Cobertura de suelo

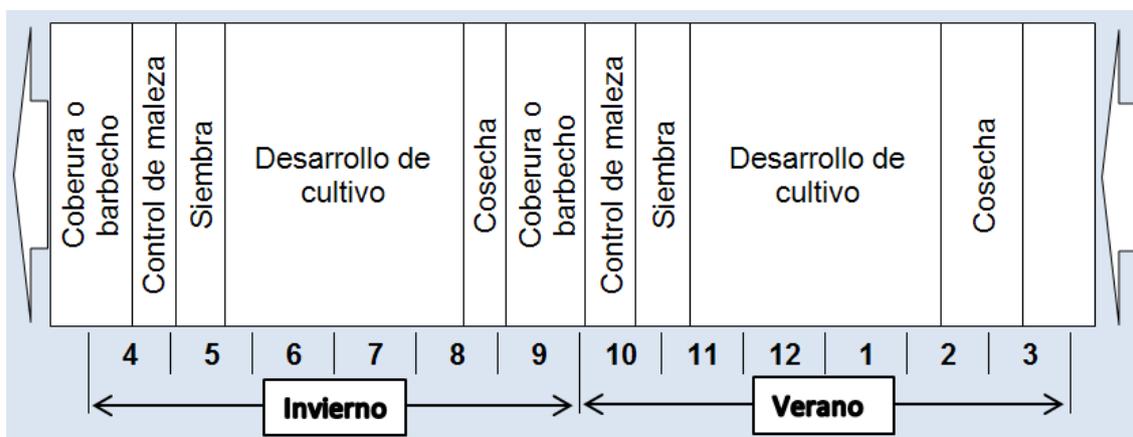


Figura 1 Sistema de cultivo de siembra directa utilizado en el departamento de Santa Cruz.

### 3.3 Características del desarrollo del abono verde de acuerdo a las condiciones climáticas.

Las condiciones climáticas del departamento de Santa Cruz muestran a esta zona como sub tropical a tropical, por esta razón hay ciertos límites y restricciones para el uso de algunas especies. También el sistema de cultivo con rotación de invierno y verano, limita más el uso de especies adaptadas de

abono verde para ser utilizados en la separación de las campañas de invierno y verano.

CETABOL introdujo 140 especies y variedades de abono verde, de países vecinos, México, Japón y otros. Después de estudiar sus características de desarrollo y adaptación, se seleccionaron las más prometedoras y son un poco más de 10 especies, muy pocas de todos los introducidos.

Existe una gran influencia de las condiciones climáticas para la adaptación y selección de especies de abono verde; sobre todo de acuerdo al tiempo se puede tener daño por humedad, ya que verano es caluroso y con mucha humedad y en el invierno se tienen pocas precipitaciones y una fuerte desecación del ambiente.

En caso de utilizar las hojas y tallos para cobertura del suelo, conviene más su cultivo en el verano que en el invierno, ya que según cada especie la producción de materia verde llega a más de 20 Tn/ha. Por el contrario en la siembra de invierno normalmente se tiene un menor desarrollo y existen muchas especies que no tienen muy buena expectativa para ser utilizados por su baja producción de materia verde.

De acuerdo a la familia botánica, se observan más especies adaptadas de leguminosas que de gramíneas. Las especies leguminosas tienen mayor ventaja por su fijación de nitrógeno, mayor población de hoja, vigor, crecimiento lateral, facilidad de mantenimiento de su cultivo y fuerte competencia con las malezas.

Especialmente en la época de verano las especies de tipo de crecimiento rastrero trepador tienen un muy buen desarrollo y un excelente control sobre las malezas. Por el contrario las especies gramíneas que en su mayoría son de crecimiento erecto, tienen alta producción de materia verde pero en mayor porcentaje de tallos que de hojas; asimismo comparando con la especie leguminosa, desarrolla mayor cantidad de maleza por la imposibilidad de cortar el ingreso de luz hacia el suelo; también existe el riesgo de perder la producción de materia verde por algunas enfermedades que se presentan, especialmente en la época de verano algunas especies afectadas y secadas rápidamente antes de floración por dichas enfermedades, en este caso no habría ninguna expectativa para ser utilizado como abono verde ni para producción de semilla.

La producción de semilla en verano tiene mayores riesgos, ya que puede disminuir el porcentaje de semilla por la pudrición que sufren las vainas, y como el desarrollo vegetativo es mayor (plantas altas), la cosecha de la semilla con máquina se hace más difícil; en cambio en la época de invierno no se tienen muchos problemas como los observados en verano. Por ello para la producción de semilla de abono verde, es mejor sembrar en invierno, aunque no haya

mucho desarrollo vegetativo por las condiciones climáticas y haya tendencia de disminuir el porcentaje de producción de semilla, pero la cosecha mecanizada se hace más fácil.

#### 4 Metodología del ensayo.

En este ensayo se utilizaron las especies más promisorias de la región, y los principales aspectos evaluados fueron los siguientes:

- 1) Diferencia de las características de desarrollo de verano e invierno.
- 2) Rango de siembra para la producción de semilla de acuerdo a la evaluación de cultivo durante un año.
- 3) Época de siembra adaptada para la introducción de abono verde una vez por mes durante todo un año, hasta la finalización del ciclo de estas especies el tiempo que duro el ensayo fue bastante largo, por eso solo se registraron los datos más necesarios.

##### 4.1 Ubicación del ensayo.

Campo Experimental del Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia "CETABOL" (Colonia Okinawa II, provincia Warnes, Santa Cruz, Bolivia).

Situación geográfica:

- Longitud oeste 62° 54'
- Latitud sur 17° 20'
- Altitud 280 m.s.n.m.

Condiciones climáticas:

- Temp. Media anual 23.7 °C
- Precipitación anual 1300 mm.

Condiciones de suelo:

- Textura Franco-arenoso (FA)

pH	C.E.	M.O.	N	P	A	L	Y
1:5 (agua)	1:5 (uS cm-1)	(%)	total (%)	(ppm)	(%)	(%)	(%)
7,2	111	1,95	0,17	19,6	63	27	10

##### 4.2 Tratamientos.

Parcela principal: épocas de siembra (12 épocas a partir del 30 de abril de 1966 hasta marzo de 1997).

Sub-parcela: especies de abonos verdes (4 especies).

Sub-sub parcela: distanciamientos entre surcos (3 distancias entre surcos).

#### 4.3 Material vegetal.

Especie	Nombre científico	Familia	Origen
Crotalaria juncea	<i>Crotalaria juncea</i>	Leguminosa	India
Mucuna ceniza	<i>Stizolobium cinereum</i>	Leguminosa	Filipinas
Guandú ICPL-270	<i>Cajanus cajan</i>	Leguminosa	India
Milheto	<i>Pennisetum americanum</i>	Graminea	Sudania

#### 4.4 Distancia de siembra.

Especie de abono verde	Dist. Entre surcos (cm)	Población (Nº de plantas/ha)	Nº de plantas/ m lineal
Crotalaria juncea	40	375000	15
	60	333333	20
	80	312500	25
Mucuna ceniza	40	50000	2
	60	50000	3
	80	50000	4
Guandú ICPL-270	40	250000	10
	60	250000	15
	80	250000	20
Milheto	40	500000	20
	60	416666	25
	80	375000	30

#### 4.5 Nº de repeticiones.

Tres repeticiones en cada época de siembra.

#### 4.6 Forma de siembra.

La siembra fue manual dejando 2 semillas/ sitio, luego se raleo y se dejo una planta/sitio.

#### 4.7 Superficie.

Superficie de cada unidad experimental: 12 m<sup>2</sup>.

Superficie de cada época de siembra: 360 m<sup>2</sup>.

Superficie total de todo el ensayo: 4320 m<sup>2</sup>.

#### **4.8 Situación del campo y labores culturales.**

En el campo donde se llevo a cabo el ensayo se tuvo la incorporación de un cultivo de abono verde anterior y se preparo el terreno con maquinaria.

En forma periódica se realizó el control de malezas e insectos en forma manual.

No se realizo ninguna aplicación para control de enfermedades.

### **5 Resultados del ensayo.**

#### **5.1 Duración del ciclo vegetativo y ciclo reproductivo.**

##### **5.1.1 Ciclo vegetativo (días a floración).**

No se tuvo mucha diferencia en los días de floración entre los distanciamientos entre surco de cada especie. Sin embargo, de acuerdo a la época de siembra si hubo mucha diferencia. Las especies leguminosas: Mucuna ceniza y Guandú, tendieron a alargar sus días a floración en las siembras de medidos de invierno; por el contrario en las siembras de verano los días a floración fueron más cortos.

La especie *Crotalaria juncea*, presento una tendencia a alargar los días a floración en los meses de septiembre hasta noviembre. La especie gramínea *Milheto*, tuvo una tendencia clara de disminuir los días a floración en las siembras de finales de verano y comienzos del invierno.

El promedio de los días a floración de las especies *Milheto* y *Crotalaria juncea* fueron de 59.5 y 71.1 días respectivamente; por lo cual podemos considerar que son especies de ciclo corto. Por el contrario las especies *Mucuna ceniza* y *Guandú*, en promedio florecieron a los 146.8 y 119.8 días respectivamente.

De acuerdo a la época de siembra, es evidente que se alargan o acortan los días a floración; En general en las siembras de enero, febrero y marzo disminuyen los días a floración.

##### **5.1.2 Ciclo reproductivo (desde floración hasta maduración).**

El ciclo reproductivo del *Guandú*, tenía una tendencia casi similar al de floración, con una tendencia de alargarse en las siembras de invierno y disminuir en las siembras de diciembre.

Las especies *Crotalaria juncea* y *Mucuna ceniza*, en las siembras de abril hasta agosto, presentaron una tendencia de alargar más el ciclo reproductivo. Es evidente que el ciclo vegetativo (días a floración) fue más corto que el ciclo reproductivo.

En cuanto a la especie *Milheto*, en las siembras de abril hasta noviembre, no hubo mucha diferencia y fue de alrededor de 60 días, pero en las siembras de diciembre para adelante, disminuyo rápidamente la duración del ciclo reproductivo.

Aún más, la duración del ciclo reproductivo de acuerdo a las distanciamientos entre surco casi no tuvo diferencia en ninguna de las especies.

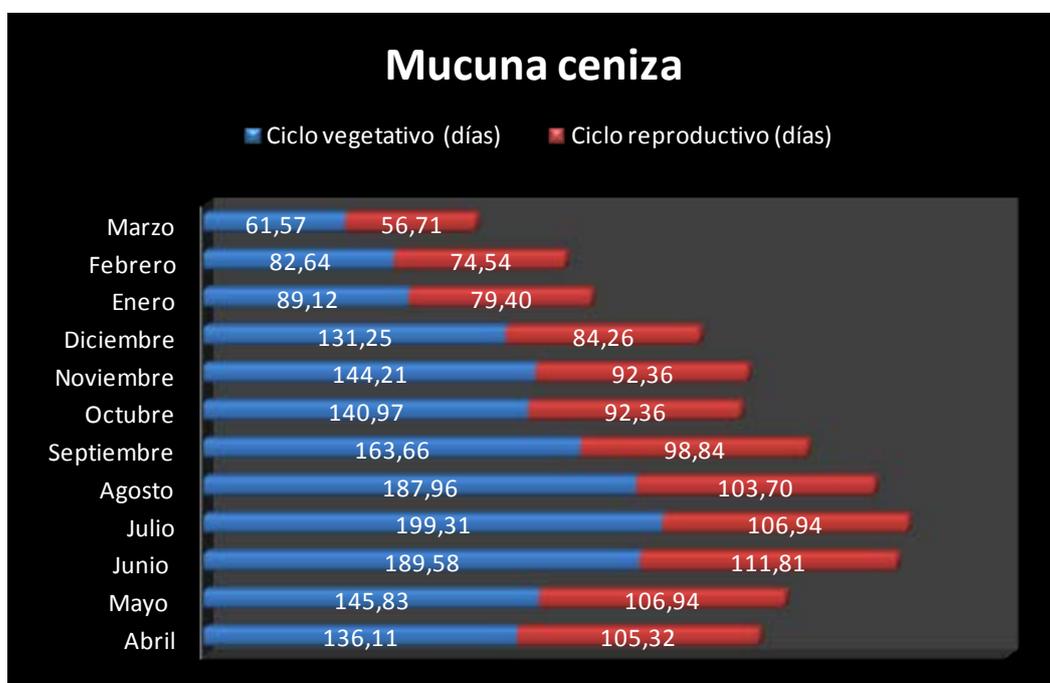
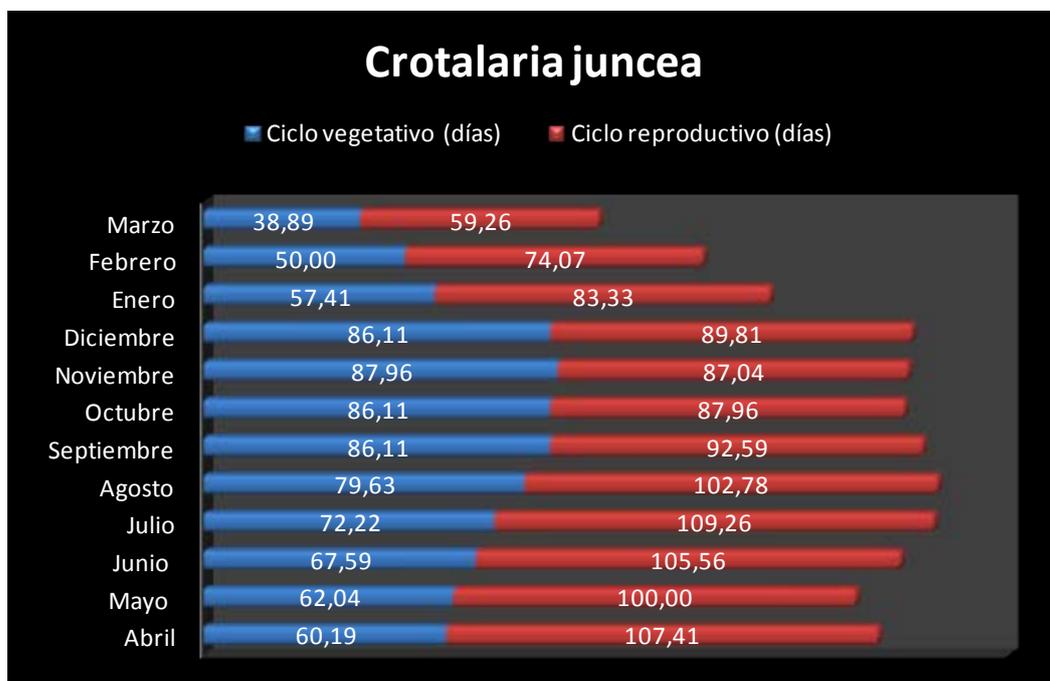


Figura 2 Duración del ciclo vegetativo y reproductivo de las especies de abono verde: *Crotalaria juncea* (A) y *Mucuna ceniza* (B), en diferentes épocas de siembra.

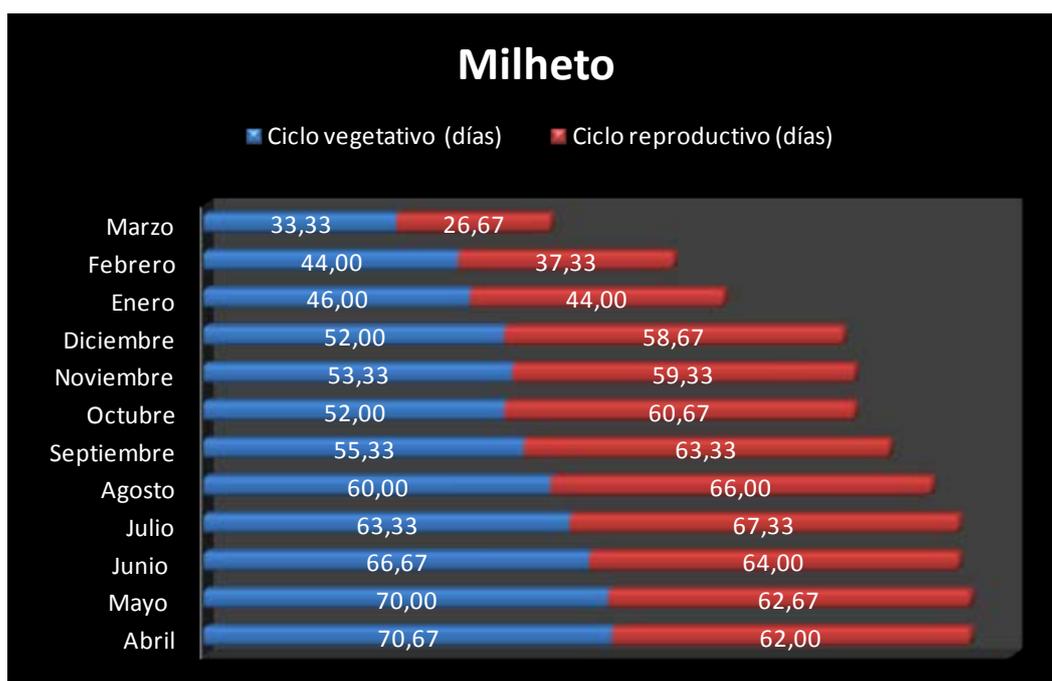
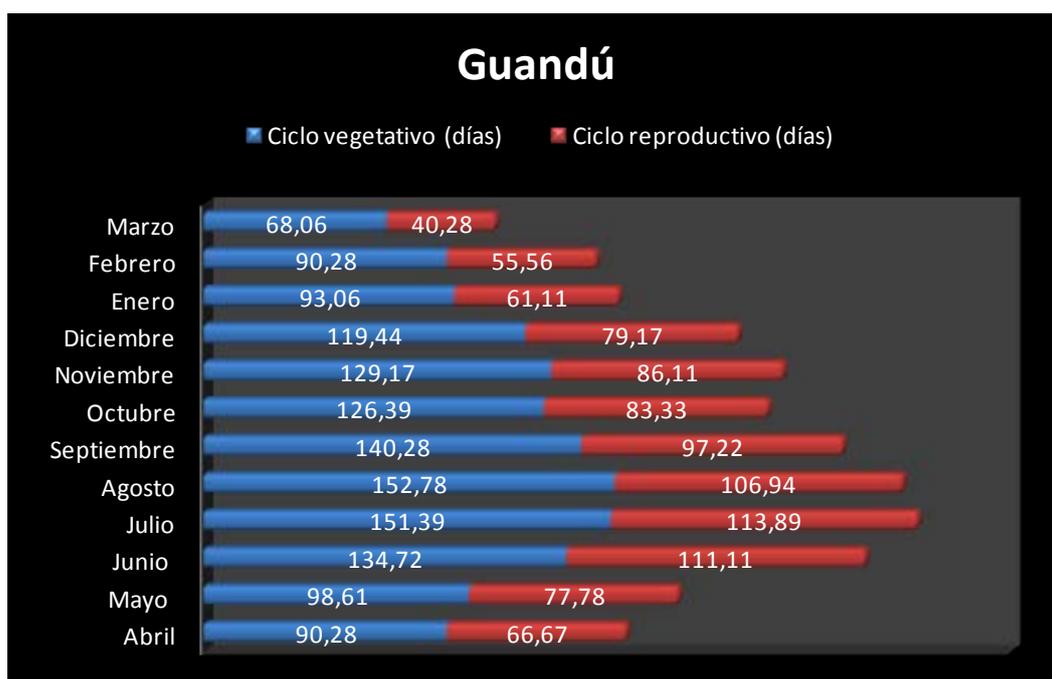


Figura 3 Duración del ciclo vegetativo y reproductivo de las especies de abono verde: Guandú (C) y Milheto (D), en diferentes épocas de siembra.

La especie Milheto, dependiendo de la época de siembra, tuvo una gran incidencia de la enfermedad roya de la hoja, que se presentó antes y después de la floración; consideramos que esto incidió en la disminución del ciclo reproductivo por el secamiento prematuro de la planta.

### **5.1.3 Altura de planta**

Todas las especies tuvieron una clara diferencia en el desarrollo de la altura de planta en las diferentes épocas de siembra; especialmente *Crotalaria juncea* y *Guandú*, que mostraron un rápido desarrollo en los meses de junio hacia adelante, y mantuvieron un alto desarrollo en altura de planta en las siembras de septiembre hasta diciembre. La especie *Guandú* también mantuvo una buena altura de la planta en las siembras de julio hasta septiembre.

En la especie *Mucuna* ceniza, no se pudo observar cambios tan rápidos en el desarrollo de la altura de la planta como en las especies anteriores, esto debido a su tipo de crecimiento rastrero trepador. Sin embargo, hubo una cierta tendencia de aumentar la altura de planta en la época de siembra comprendida entre agosto y noviembre. Por el contrario en las siembras de abril a mayo, se tuvo las más bajas alturas de plantas.

En la especie *Milheto*, no existió mucha diferencia de altura de planta comparando con otras especies y su tendencia fue similar al de la *Mucuna* ceniza; pero en términos generales el desarrollo de la plantas fue alto.

En todas las especies, hubo una clara tendencia de aumentar la altura de planta en la época de siembra comprendida de fines de invierno y durante todo el invierno.

### **5.1.4 Cobertura del suelo**

La cobertura del suelo por el desarrollo de la especie de abono verde es un aspecto muy importante para disminuir la cantidad de maleza. De acuerdo al tipo de crecimiento de la especie de abono verde hay bastante diferencia en la rapidez para cubrir el suelo y cortar la penetración de luz solar para que la maleza no desarrolle.

Como en este ensayo también se consideró el estudio de su utilización como cobertura de hojas y tallos, se tomaron datos en la etapa de floración que es cuando debe realizarse el corte y tendido del abono verde. De acuerdo a lo observado, generalmente todas las especies tuvieron una excelente capacidad para cubrir el suelo, aunque las especies leguminosas fueron mejores que las especies gramíneas para disminuir la cantidad de maleza por su rápida cobertura.

Asimismo, dentro de las especies leguminosas, las especies del tipo de crecimiento rastrero-trepador como el de la especie *Mucuna* ceniza, fue la que disminuyó en mayor proporción la maleza presente y tuvo la más rápida cobertura del suelo en todas las épocas de siembra y en los distintos distanciamientos y al momento de floración llegaba hasta 100% de cobertura.

Las otras tres especies tuvieron excelente cobertura de suelo en las siembras comprendidas entre fines de invierno y comienzos de verano; por el contrario disminuyeron su cobertura de suelo en las siembras de principios y mediados de invierno. En las siembras desde comienzos hasta la mitad de invierno, el crecimiento inicial de estas especies fue similar al de invierno, por esa razón no desarrollo mucho y disminuyo su capacidad de cobertura del suelo.

En las especies *Crotalaria juncea* y *Milheto*, se observó una clara tendencia de disminuir su capacidad de cobertura de suelo al aumentar la distancia entre surcos, es decir que se tuvo una relación inversamente proporcional.

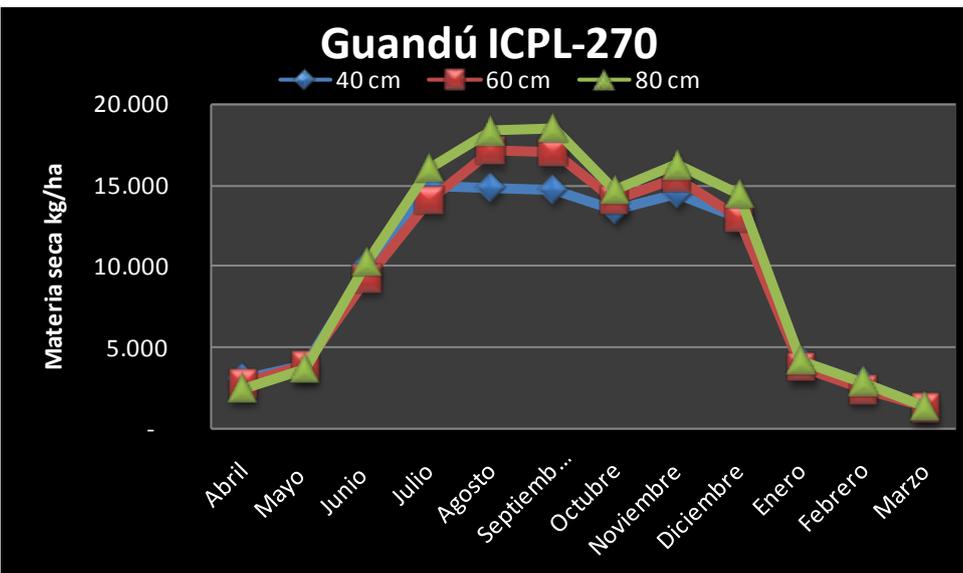
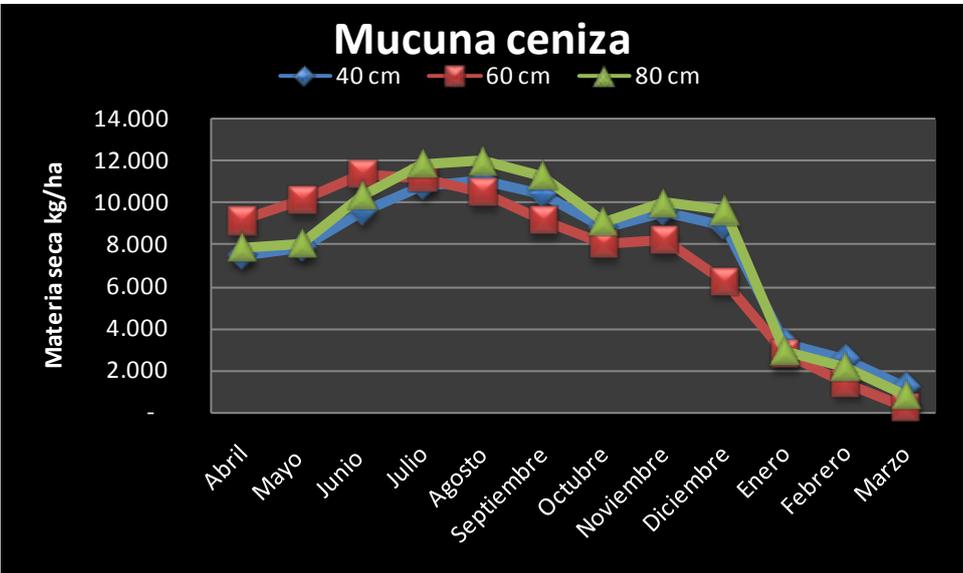
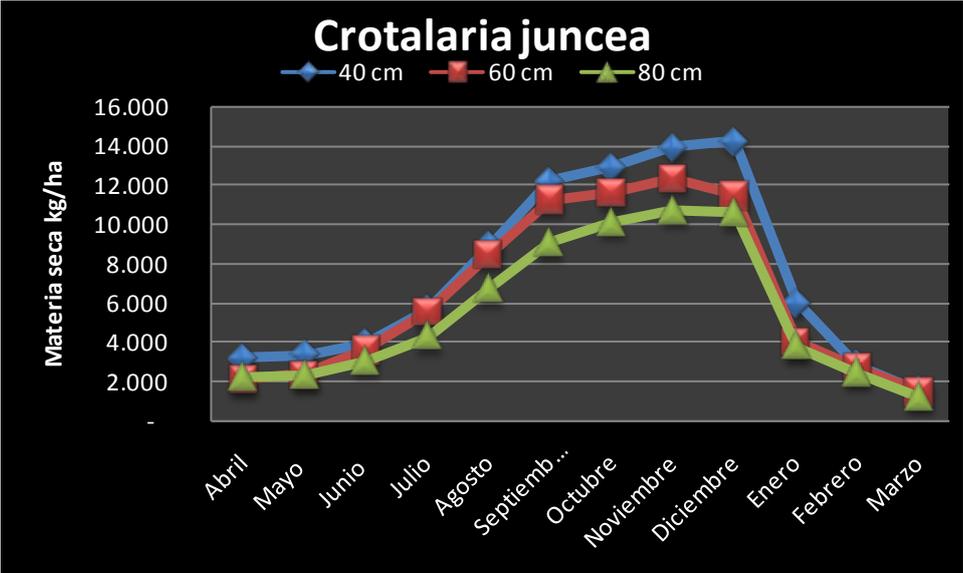
La especie *Guandú*, disminuyo bastante su cobertura de suelo en las siembras de principios y mediados de invierno, pero en las siembras de verano tuvo un alto vigor por lo cual su cobertura de suelo fue del 100%.

#### **5.1.5 Producción de materia seca en floración.**

Se observo diferencia en el porcentaje de materia seca de cada especie de acuerdo a la época de siembra. En las especies *Crotalaria juncea* y *Guandú*, el porcentaje de materia seca aumento significativamente en las siembras de agosto y septiembre; en el caso de *Mucuna ceniza*, aumento en las siembras de junio hasta agosto; no se tuvo mucha diferencia entre sus distanciamientos de surco. El porcentaje de materia seca de la especie *Milheto* no tuvo mucha variación durante todo el año de evaluación y oscilo entre 20 y 30 %.

La *Crotalaria juncea*, que tenía más porcentaje en peso de tallo que de hoja, mostraba la tendencia de aumentar el porcentaje de materia seca a medida que aumentaba el diámetro del tallo. Por el contrario el *Milheto* aumento el diámetro de tallo en las siembras de abril hasta diciembre, pero no tuvo mucha diferencia en el porcentaje de materia seca. En el caso del *Guandú*, en la época de siembra que aumento el porcentaje de materia seca el diámetro del tallo disminuyo.

Diferencias del porcentaje de materia seca por diferente distanciamiento de surco, en general casi no existieron, el único caso fue del *Milheto*, que disminuyo su porcentaje en las épocas de siembra comprendidas entre octubre y diciembre en los distanciamientos de 40 y 80 cm, por el contrario en las de 60 cm este porcentaje aumento.



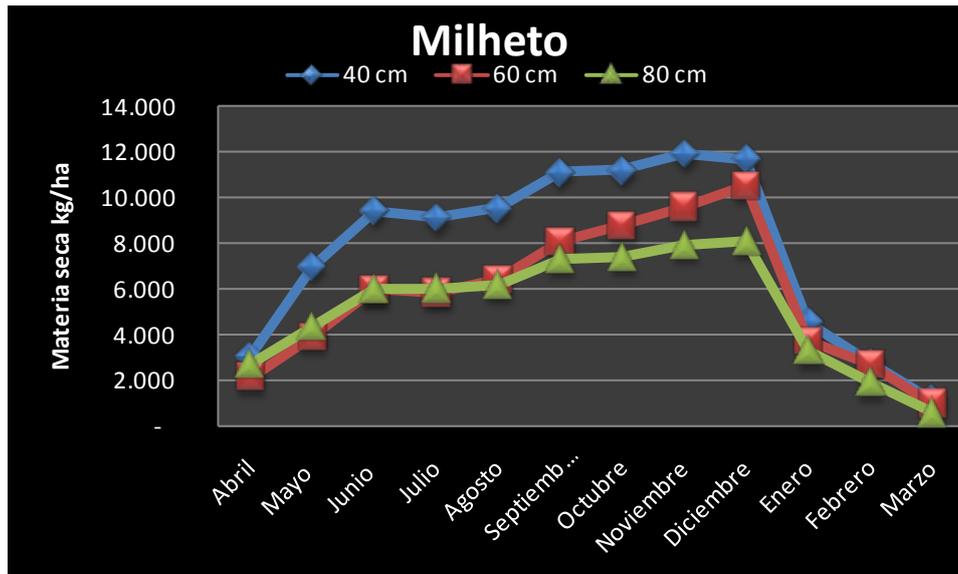


Figura 3 Producción de materia seca en floración de las especies de abono verde: Crotalaria juncea (A), Mucuna ceniza (B), Guandú (C) y Milheto (D), en diferentes épocas de siembra.

## 6 Consideraciones generales.

### 6.1 Presentación de los resultados.

Para incrementar los conocimientos e información acerca de la utilización de los cultivos de cobertura y abonos verdes, de acuerdo a las características de desarrollo que mostraron durante un ciclo completo anual de siembras periódicas, se elaboró este informe en idioma español y japonés para presentar a todas las instituciones dentro y fuera del departamento de Santa Cruz, Asociaciones de productores agrícolas y Colonos japoneses.

### 6.2 Extensión de los resultados.

Esta investigación fue concebida principalmente para la agricultura mecanizada de medianos y grandes productores, por esa razón la extensión de los resultados llegará a los colonos japoneses y a algunos agricultores bolivianos.

En caso de los pequeños agricultores, creemos que en este momento todavía no están capacitados para poder utilizar y manejar abonos verdes, mas por el contrario puede existir alguna confusión en su uso por ese motivo, se deberá comenzar con la capacitación y la extensión sobre los beneficios de los abonos verdes para que ellos tomen el interés necesario para su utilización.

Constantemente se escucha de los agricultores acerca de los problemas de producción de semilla con este ensayo queremos presentar diferentes métodos y formas de utilización de abonos verdes de acuerdo al objetivo que busca cada agricultor; ya sea para sistemas de rotación de cultivos, utilización como cobertura, producción de semilla, etc.

Sin embargo; las condiciones climáticas de cada año en particular difiere año a año, y los resultados obtenidos en este ensayo se dieron bajo las condiciones indicadas anteriormente.