

**REHABILITACIÓN DE SUELOS CANGAHUOSOS MEDIANTE LA
INCORPORACIÓN DE ABONOS VERDES**

MARÍA LORENA ROMERO AVALOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RIOBAMBA-ECUADOR

2010

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA QUE: El trabajo de investigación titulado: REHABILITACIÓN DE SUELOS CANGAHUOSOS MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE ABONOS VERDES de responsabilidad de la señorita egresada: MARÍA LORENA ROMERO AVALOS, ha sido prolijamente revisado para su respectiva defensa.

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Franklin Arcos T.

DIRECTOR

Ing. Mario Oñate A.

MIEMBRO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA

Riobamba-Octubre 2010

AGRADECIMIENTO

Enumerar a las personas que me ayudaron en la ejecución del presente trabajo sería interminable, ya que por suerte cuento con mucha gente que me ayuda, me ayudó y me seguirá ayudando. Primeramente doy infinitamente gracias a Dios, por ser tan generoso conmigo.

A mis padres, mis hermanos, mi esposo y mi hijita por darme la estabilidad emocional y económica; que me permitió llegar hasta este logro, que definitivamente no hubiese podido ser realidad sin ustedes.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, a su personal docente, por haber contribuido en mi formación académica.

Mi más amplio agradecimiento al Ing. Franklin Arcos y al Ing. Mario Oñate miembros del tribunal de tesis; por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la concreción de este trabajo.

A todos mis amigos, Anita, Meche, Diana, Marce, Uli, Pao, Gabi, Huguito, Fabi, Gonzalo, Glenda, Mayra, Perlita, Mauricio, Pauli y José Luis; muchas gracias por ser unos amigos increíbles, por apoyarme en todo momento en las buenas y en las malas siempre van a estar en mi corazón. También a mis primos Carlos, José Miguel, Diego y Marthita y a la familia Pombosa Procel por haberme acogido como una hija durante mis estudios, muchas gracias por su apoyo.

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a ti mi Dios que me diste la oportunidad de vivir, por estar a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten.

Con mucho cariño principalmente a mis padres Lorenzo Romero y Cornelia Avalos, ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, han velado por mi salud, mis estudios, mi educación, son a ellos a quien les debo todo. A la bendición más grande que me ha dado Dios mi hijita Valentina, a Vinicio mí esposo.

A mis hermanos Rodo y Carlos Enrique, gracias por apoyarme siempre les quiero con todo mi corazón.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Contenido	Pág.
	Lista de Cuadros	vi
	Lista de Gráficos	xi
	Lista de Figuras	xii
	Lista de Anexos	xiii
I.	TÍTULO	1
II.	INTRODUCCIÓN	1
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	35
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
VI.	CONCLUSIONES	87
VII.	RECOMENDACIONES	88
VIII.	RESUMEN	89
IX.	SUMMARY	90
X.	BIBLIOGRAFÍA	91
XI.	ANEXOS	95

LISTA DE CUADROS

N°	Descripción	Pág.
1.	Proporción de semilla para cultivos de cobertura y abonos verdes.	20
2.	Principales plagas y enfermedades de avena forrajera (<i>Avena sativa</i>) y vicia (<i>Vicia sativa</i>).	33
3.	Resultados e interpretación del análisis químico del suelo	36
4.	Tratamiento en base a los factores.	38
5.	Cantidad de semilla por unidad experimental.	39
6.	Bloque completos al azar simple	39
7.	Bloque completo al azar con arreglo Bifctorial combinatorio	40
8.	Cantidad de fertilizantes para cada unidad experimental.	42
9.	Cantidad de semilla por unidad experimental.	43
10.	Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación de <i>Avena sativa</i> a los 15 después de la siembra.	45
11.	Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de germinación de <i>Avena sativa</i> a los 15 días después de la siembra.	46
12.	Porcentaje de germinación de <i>Vicia sativa</i> a los 15 días después de la siembra.	47
13.	Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de germinación de <i>Vicia sativa</i> a los 15 días después de la siembra.	47
14.	Análisis de varianza para la variable altura de <i>Avena sativa</i> a los 30 y 60 días después de la siembra.	49

15.	Análisis de varianza para la variable altura de <i>Vicia sativa</i> a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.	50
16.	Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (avena forrajera + vicia) a los 60 días después de la siembra.	51
17.	Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (avena forrajera + vicia) a los 90 días después de la siembra.	52
18.	Análisis de varianza para la variable producción de biomasa.	54
19.	Prueba de Tukey al 5% para mezclas entre avena forrajera y vicia para la producción de biomasa.	55
20.	Prueba de Tukey al 5% porcentaje de floración para la producción de biomasa.	55
21.	Análisis de varianza para la variable producción de materia seca.	56
22.	Prueba de Tukey al 5% para mezclas entre avena forrajera y vicia para la producción de materia seca.	57
23.	Análisis de varianza para la variable concentración de nitrógeno (N) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.	58
24.	Prueba de Tukey al 5% para la concentración de nitrógeno (N) en porcentaje presente en el abono verde para los tratamientos.	60
25.	Prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia para la concentración de nitrógeno (N).	60
26.	Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de floración para la concentración de nitrógeno (N).	60
27.	Análisis de varianza para la variable concentración de fósforo (P) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.	62

28.	Prueba de Tukey al 5% para la concentración de fósforo (P) en porcentaje presente en el abono verde para los tratamientos.	63
29.	Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia para la concentración de fósforo (P).	63
30.	Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de floración para la concentración de fósforo (P).	64
31.	Análisis de varianza para la variable concentración de potasio (K) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.	65
32.	Análisis de varianza para la variable relación C/N.	66
33.	Prueba de Tukey al 5% para la relación C/N para los tratamientos.	67
34.	Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia para la relación C/N.	67
35.	Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de floración para la relación C/N.	68
36.	Análisis de suelo roturado al inicio del estudio.	69
37.	Análisis de varianza para la variable porcentaje de materia orgánica a los 30 días de incorporado el abono verde.	70
38.	Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia para el porcentaje de materia orgánica.	71
39.	Análisis de varianza para la variable contenido de nitrógeno (N) en kg/ha presente en el suelo después de 30 días de incorporado el abono verde.	72
40.	Análisis de varianza para la variable contenido de fósforo (P) en kg/ha presente en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.	73

41.	Análisis de varianza para la variable contenido de potasio (K) en kg/ha presente en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.	74
42.	Prueba de Tukey al 5% para el contenido de potasio (K) en kg/ha presente en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.	75
43.	Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia para la contenido de potasio (K).	76
44.	Análisis de varianza para la variable cantidad de nitrógeno (N) en kg/ha aportado por el abono verde.	77
45.	Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia para la cantidad de nitrógeno (N) aportado.	78
46.	Análisis de varianza para la variable cantidad de fósforo (P) en kg/ha aportado por el abono verde.	79
47.	Prueba de Tukey al 5% para la cantidad de fósforo (P) en kg/ha aportado por el abono verde para los tratamientos.	80
48.	Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia para la cantidad de fósforo (P) aportado.	80
49.	Análisis de varianza para la variable cantidad de potasio (K) en kg/ha aportado por el abono verde.	81
50.	Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia para la cantidad de potasio (K) aportado.	82
51.	Análisis de varianza para la variable porcentaje de material vegetativo adicional.	83
52.	Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos para porcentaje de material vegetativo.	84

- | | | |
|-----|--|----|
| 53. | Presupuesto parcial y beneficio neto como efecto de incorporación de bonos verdes para la rehabilitación de suelos cangahuosos. | 85 |
| 54. | Análisis de dominancia para el efecto de la incorporación de abonos verde para la rehabilitación de suelos cangahuosos. | 85 |
| 55. | Tasa de retorno marginal para los tratamientos no dominados para el efecto La incorporación de abonos verdes para la rehabilitación de suelos cangahuosos. | 86 |

LISTA DE GRÁFICOS

Nº	Descripción	Pág.
1.	Porcentaje de germinación de <i>Avena sativa</i> a los 15 días después de la siembra.	46
2.	Porcentaje de germinación de <i>Vicia sativa</i> a los 15 días después de la siembra.	48
3.	Altura de <i>Vicia sativa</i> a los 60 días después de la siembra.	51
4.	Altura de <i>Vicia sativa</i> a los 90 días después de la siembra.	52
5.	Producción de biomasa en Tn/ha.	55
6.	Producción de materia seca en Tn/ha.	57
7.	Concentración de nitrógeno (N) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.	60
8.	Concentración de fósforo (P) en porcentaje presente en el abono según los tratamientos.	64
9.	Relación C/N.	68
10.	Porcentaje de materia orgánica después de 30 días de incorporado el abono verde.	71
11.	Contenido de potasio (K) en kg/ha presente en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.	76
12.	Cantidad de nitrógeno (N) en kg/ha aportado por el abono verde.	78
13.	Cantidad de fósforo (P) en kg/ha aportado por el abono verde.	81
14.	Cantidad de potasio (K) en kg/ha aportado por el abono verde.	82
15.	Porcentaje de material vegetativo adicional en verde.	84

LISTA DE FIGURAS

Nº	Descripción	Pág.
1.	Altura de plantas.	53
2.	Curva de beneficio neto para los tratamientos no dominados.	86

LISTA DE ANEXOS

N°	Descripción	Pág.
1.	Distribución de los tratamientos de campo.	95
2.	Datos registrados para el porcentaje de germinación de <i>Avena sativa</i> a los 15 días después de la siembra.	96
3.	Datos registrados para el porcentaje de germinación de <i>Vicia sativa</i> a los 15 días después de la siembra.	96
4.	Datos registrados para altura de <i>Avena sativa</i> a los 30 días después de la siembra (cm).	97
5.	Datos registrados para altura de <i>Vicia sativa</i> a los 30 días después de la siembra (cm).	97
6.	Datos registrados para altura de <i>Avena sativa</i> a los 60 días después de la siembra (cm).	98
7.	Datos registrados para altura de <i>Vicia sativa</i> a los 60 días después de la siembra (cm).	98
8.	Datos registrados para altura de <i>Vicia sativa</i> a los 90 días después de la siembra (cm).	99
9.	Datos registrados para la producción de biomasa (Th/ha).	99
10.	Datos registrados para la producción de materia seca (Tn/ha).	100
11.	Datos registrados para la concentración de nitrógeno (N) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.	100

12.	Datos registrados para la concentración de fósforo (P) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.	101
13.	Datos registrados para el porcentaje de materia orgánica 30 días después de incorporado el abono verde.	101
14.	Datos registrados para el contenido de nitrógeno (N) en kg/ha presente en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.	102
15.	Datos registrados para la contenido de fósforo (P) en kg/ha presente en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.	102
16.	Datos registrados para la contenido de potasio (K) en kg/ha presente en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.	103
17.	Datos registrados para la cantidad de nitrógeno (N) en kg/ha aportado por el abono verde.	103
18.	Datos registrados para la cantidad de fósforo (P) en kg/ha aportado por el abono verde.	104
19.	Datos registrados para la cantidad de potasio (K) en kg/ha aportado por el abono verde.	104
20.	Datos registrados para análisis económico (\$).	105
21.	Resultados de análisis de suelo roturado.	106
22.	Resultados de análisis de suelo 30 días después de incorporado el abono verde.	107

23. Resultados de análisis foliares.

108

I. REHABILITACION DE SUELOS CANGAHUOSOS MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE ABONOS VERDES.

II. INTRODUCCIÓN:

En la actualidad se desarrollan grandes esfuerzos por incrementar la producción de alimentos, para una población cada vez más creciente. Sin embargo todo pedazo de tierra tiene una capacidad de producir, es decir puede nutrir a un número limitado de plantas y al exceder este mínimo, a corto y largo plazo se producirá la degradación del recurso suelo y eventualmente su desertificación al existir las causas condicionantes.

Si la conservación de suelos a de repercutir en el bienestar del hombre, toda programación debe estar fundada en una investigación, cuyas conclusiones adecuadamente llevadas a la práctica conducen a detener el avance erosivo y deterioro de los suelos, a la vez elevarán gradualmente el rendimiento de las cosechas, con el aumento de la producción de los suelos.

La rehabilitación de los suelos volcánicos erosionados y endurecidos, conocidos con el nombre de cangahua o “canchahua” en el Ecuador, es una práctica común en el país, en zonas de fuerte densidad poblacional.

La incorporación de estas formaciones a la agricultura se realiza de manera tradicional, una vez roturado manualmente el horizonte endurecido. A partir de los años 70 surgen algunos programas de reforestación de las zonas erosionadas y endurecidas así como la implementación de los abonos verdes para el mejoramiento de las propiedades químicas y físicas de este suelo recuperado.

La incorporación a la agricultura de estas zonas cangahuosas, implica la roturación del horizonte endurecido hasta la obtención de agregados lo suficientemente pequeños como para permitir una buena germinación de las plantas, así como la suplencia de carencias químicas. Sin embargo, es necesario proteger los suelos así incorporados a la agricultura, por lo que se deben tomar además medidas anti-erosivas.

Por lo que se plantearon los siguientes objetivos:

1. Objetivo general

- Rehabilitar los suelos cangahuosos mediante la incorporación de abonos verdes.

2. Objetivos específicos

- a. Determinar las principales características físico-químicas de los suelos cangahuosos roturados en estudio.
- b. Mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos cangahuosos con el establecimiento e incorporación de abonos verdes y evaluar la cantidad de biomasa incorporada.
- c. Realizar el análisis económico de los tratamientos.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

SAUER (1965) manifiesta que el suelo es el medio donde crecen las plantas, es la fuente donde recogen las sustancias nutritivas y el agua. El suelo se ha formado de materiales madres por la influencia de procesos físicos y químicos durante largos períodos, causados por diferentes agentes; entre ellos, por la acción de plantas, reacciones de las partículas sólidas con la solución del suelo, reacciones con las raíces, los mismos que pueden ser acelerados o retardados por la acción del clima.

Las plantas en sus procesos vitales, al penetrar en el material parental del suelo lo destruye, corroyéndole con los ácidos que segregan las raíces, a la par las plantas asimilan distintos elementos minerales necesarios para su nutrición. La parte mineral de los suelos derivada del material parental es la fuente principal de nutrientes propios del suelo; como son: fósforo, potasio, calcio, magnesio, etc.

Debido a condiciones naturales o creadas como la lluvia fuerte, el viento, ausencia de vegetales, sobrepastoreo, aradura inadecuada, desmonte, quema, pérdida de materia orgánica especialmente en topografía inclinada y en declive, actúa la erosión quedando el área desprotegida dando la impresión de un terreno abandonado y destruido.

Si no se realizan prácticas agrícolas para controlar la influencia negativa natural, los suelos se degradan con la siguiente pérdida de sus propiedades químicas y físicas necesarias para un buen desarrollo y rendimiento de un cultivo, convirtiéndose el suelo no apto para la agricultura como es el caso de los suelos originados de la cangahua.

En la sierra ecuatoriana entre los 2600 y 3500 msnm se tienen suelos formados a partir de cangahua, que debido al mal uso de la tierra o inadecuadas prácticas agrícolas, la erosión hídrica y eólica han actuado durante largos periodos de tiempo llegando a eliminar completamente el suelo, aflorando por lo tanto el material parental cangahua.

A. CANGAHUA

1. Origen y génesis de los suelos endurecidos (cangahua)

CEDIG. (1986), manifiesta que Cangahua es un término autóctono que abarca toda una gama de materiales de origen volcánico que se han endurecido, en primera instancia, sus principales características son su dureza y escasa cobertura vegetal, a menudo se nota en su superficie una red de malla hexagonal de costras blanquecinas que reaccionan fuertemente al ácido clorhídrico, indicando una gran cantidad de material calcáreo.

Los paleosuelos en los que están localizadas las capas endurecidas provienen de una sucesión de depósitos piroclásticos que pueden ser tobas o caídas aéreas. Estas últimas se alteran más rápidamente que las tobas y, en condiciones climáticas iguales, son menos duras que las tobas. Los paleosuelos son siempre macizos y compactos en las zonas secas, con la acumulación de carbonatos de calcio, y tanto más friables en altura.

(ZEBROWSKI, C. QUANTIN, P. TRUJILLO, G. 1996). Suelos derivados de ceniza volcánica, antigua, dura y cementada (cangahua). Son erosionados sobre una capa dura cementada de cangahua, a menos de un metro de profundidad; en las zonas secas a consecuencia de la erosión son muy poco profundas, presentan texturas arenosas, con poco contenido de materia orgánica y se observa acumulaciones de carbonatos de calcio. En las zonas húmedas los suelos se tornan más negros y aumenta el contenido de materia orgánica, la textura es más fina.

La cangahua es de origen volcánico, formada de polvos y arenas finas, depositada y endurecida en el transcurso del tiempo, formando una cubierta de espesor muy variable sobre valles y montes que se encuentran hasta los 3500 m.s.n.m.

2. Definición

(ZEBROWSKI, C. QUANTIN, P. TRUJILLO, G. 1996) Una definición diferente es “La cangahua, capa endurecida y estéril está entonces localizada en la piroclásticas antiguas.

Corresponde generalmente a la capa C que puede provenir de tobas de depósitos de piroclásticas no cementadas pero endurecidas debido a la sequía. En condiciones de perfil, Colmet-Daage llama cangahua a toda capa dura encontrada en un perfil. Aunque esas capas correspondan siempre a la piroclásticas antiguas, rara vez se especifica si se trata de capas.”

SAUER (1965) manifiesta que la cangahua siendo un producto formado por la acumulación de diferentes materiales volcánicos, desde la segunda glaciación aparece entre los sedimentos el predominante material volcánico fino, a causa del reavivamiento de la actividad volcánica explosiva de este período, material intercalado en los sedimentos fluviales forman las hoyas interandinas.

3. Propiedades físico-químicas

(ZEBROWSKI, C. QUANTIN, P. TRUJILLO, G. 1996) Los horizontes endurecidos presentan una estructura maciza y una macroporosidad tan baja (< 5), que impiden la penetración del agua y el desarrollo de las plantas; imponiéndose por lo tanto roturación y preparación de un lecho de semilla adecuada al inicio de su incorporación a la agricultura.

Además, aun cuando algunas propiedades físico-químicas son favorables para su incorporación a la agricultura (15-50% de arcilla, 35-70% de arcilla+limo fino, capacidad de intercambio catiónico > 15 meq/100g. de suelo.

Aunque el término cangahua, se ha empleado sobre todo para las capas C1, de los suelos localizados en la parte inferior de la secuencia, ciertos autores no han vacilado en englobar, bajo ese término partes de las capas B1, B2, debido a la transición del suelo superior, siempre muy friables, al suelo enterrado mucho más compacto.

En las zonas erosionadas son sin embargo las capas B y C que afloran después de la erosión de las capas superiores y son denominadas cangahua.

B. EL FENÓMENO DE LA EROSIÓN

STALLINGS, J. (1985). Nosotros sabemos ahora que la erosión es el agente más extendido y destructor de nuestro suelo. En efecto la erosión destruye la capacidad productiva del terreno cultivado más de prisa que todos los otros factores combinados, y remueve la materia orgánica, nitrógeno y las partículas de arcilla y limo, los cuales son la vida del suelo. En casos extremos, la erosión remueve incluso el cuerpo físico del suelo.

La erosión reduce también la provisión de agua utilizable en dos formas: (1) reduciendo la cantidad de espacio para almacén de agua y (2) haciendo más difícil para el suelo el absorberla. La erosión reduce la cantidad de espacio para almacén de agua por medio de la remoción de parte del suelo, y, a causa de esto, mucho de espacio de almacenaje y profundidad del suelo superficial son disminuidos.

Según ACOSTA-SOLIS (1986) la erosión es un proceso de destrucción de las capas del terreno por acción de las aguas, (en movimiento y de las lluvias) y de los vientos, esto les de la capacidad de sostener la vida biológica que dentro o sobre ella tiene lugar, podemos distinguir las siguientes clases de erosión:

La erosión normal o geológica, es debida a la acción mecánica, química o biológica de los elementos de la naturaleza el agua y el viento en movimiento sobre la superficie del terreno, llevan en suspensión partículas terrosas que juegan un papel muy importante.

La erosión normal o acelerada, es debida al descuido del hombre, por haber destruido la vegetación y luego a la consiguiente destrucción por los agentes de la naturaleza.

CRIECV (2008). La erosión es un proceso natural por el cual las corrientes de agua o el viento arrastran parte del suelo de unos puntos a otros. Es un problema cuando acelera, con lo cual los materiales perdidos no se recuperan en las zonas erosionadas y en las zonas que reciben los aportes no son aprovechados o se pierden, o cuando por causas ajenas al propio medio aparece en puntos que no deberían de erosionarse. Algunas causa de la

erosión son: la deforestación, los malos usos agrarios, las sequías, inadecuadas prácticas agrícolas y otras.

C. LA REHABILITACIÓN DEL SUELO ES UN PROCESO LENTO

HULL, W. (1988). Al estudiar las plantas que rehabilitan el suelo no basta sugerir el uso de las leguminosas. Es preciso señalar no sólo la clase de leguminosa, sino la manera de utilizarla para que contribuya a esa rehabilitación. Ese proceso es sumamente lento. No nos referimos aquí al concepto geológico de la formación del suelo que ocurre en las capas profundas de la tierra. Nos referimos al concepto agrícola del aumento permanente de su capacidad productiva. En tal sentido la rehabilitación por medio de cultivos sólo puede tener efecto con el aumento de la materia orgánica. Logrado esto, se producirán los demás efectos físicos y químicos. En realidad, el contenido mineral del suelo no aumenta con el cultivo, pero puede conservarse al impedir su desgaste. Se ha comprobado que en los terrenos arenosos de los climas cálidos la materia orgánica no aumenta en absoluto. Un cultivo abundante de leguminosas, enterrado en suelos de esa clase, se quema durante las labores de cultivo de una sola estación. En suelos más compactos de los climas más templados la materia orgánica aumenta un poco cuando las plantas se entierran, pero el aumento es muy lento.

En terrenos de 2% de materia orgánica es probable que ésta no pueda duplicarse mediante la práctica de enterrar abonos verdes todos los años, antes de que trascorra un período de 100 años.

Los abonos verdes conservan más bien que rehabilitan el suelo. Lo más que puede esperarse de los abonos verdes es que conserven la materia orgánica a un nivel adecuado para el desarrollo de los cultivos. Los abonos verdes combinados con los métodos para detener la erosión deben conservar la fecundidad del suelo. La rehabilitación a que ordinariamente se alude en agricultura es un proceso transitorio. Es cierto que cuando se entierran los abonos verdes la fertilidad del suelo aumenta temporalmente. Esto se debe en parte al nitrógeno adicional que le agregan las leguminosas al enterrarse y en parte al aumento de materia orgánica. Si más tarde el cultivo no la consumiera, el suelo se

rehabilitaría, pero las plantas la utilizan en grado considerable. La materia orgánica debe renovarse constantemente para mantener la fecundidad del suelo. Esto es más bien conservación que rehabilitación.

D. REHABILITACIÓN DE SUELOS VOLCÁNICOS

INFOINDEX (2008), manifiesta que dentro de sus perfiles, los suelos volcánicos presentan horizontes endurecidos que pueden estar situados a profundidades variables. Estos materiales afloran a la superficie por la acción de elementos naturales como son el viento y la lluvia, sin embargo, la mala gestión en su manejo ha sido tal vez uno de los factores que más ha influido en su afloramiento.

Geográficamente, estos suelos deben su presencia a factores topográficos y climáticos, y se localizan mayormente en altitudes comprendidas entre 2.400 y 2.800m.s.n.m., en climas subhúmedos y en una estación seca que dura de cinco a seis meses (Debroeucq et al., 1991).

Este tipo de suelo ha sido descrito en la mayoría de los países de América con nombres locales. En el Ecuador se le conoce con el nombre de cangahua o cangagua (Zebrowski, 1992).

Estos suelos presentan propiedades físicas, químicas y biológicas limitantes para su aprovechamiento agrícola; destacando la dureza y baja porosidad, y su bajo nivel de fertilidad (caracterizado por contener sólo trazas de nitrógeno, escasa materia orgánica y fósforo), características que a su vez limitan la actividad biológica en este sustrato. Para su aprovechamiento agrícola es necesario primeramente roturar y luego mejorar la capacidad de suministro de nutrientes, mediante la aplicación de fertilizantes químicos inorgánicos o de abonos orgánicos.

1. ¿Por qué rehabilitarlos?

La escasez de tierras de cultivo, el avance de la degradación y el crecimiento acelerado de la población, son los principales factores que han impulsado la rehabilitación de estos suelos, además de aumentar la frontera agrícola en esta región, contribuye a disminuir la presión por suelos de cultivo que ejerce la población de bajos ingresos económicos y que practica una agricultura de subsistencia (Navarro et al., 1997).

En base a lo anterior, el interés de estudiar los suelos volcánicos endurecidos se atribuye a la necesidad de conocer sus propiedades y su respuesta a diferentes modalidades de manejo, con la finalidad de generar tecnologías tendientes a su rehabilitación sustentable.

2. Tecnologías para su Rehabilitación

Con base en la experimentación generada se pueden señalar las siguientes recomendaciones para la incorporación de estos suelos a la actividad agrícola.

a. Roturación del sustrato

La roturación del sustrato puede realizarse de manera manual y mecanizada: de manera manual es recomendable realizarla durante la estación lluviosa, periodo en el cual el sustrato está húmedo y es más fácil de roturar. El material se fracciona con la ayuda de un pico a una profundidad de 20 a 30 cm. Posteriormente se agrega abono orgánico, el cual se mezcla homogéneamente con el material roturado. Este tipo de roturación es muy demandante de mano de obra y es poco propicio para un buen crecimiento del cultivo.

La roturación mecánica es realizada por subsoleo cruzado utilizando tractor buldózer equivalente a D-4, D-6, D-7 y D-8 Caterpillar. Preferentemente los dientes deben de ser de 80 cm, lo que conduce a una profundidad efectiva de subsoleo de 40 a 50cm.

Es más fácil realizar el subsoleo en estado húmedo, sin embargo, la fracturación de los horizontes endurecidos es más completa en estado seco (Zebrowski y Sánchez, 1997). Para

llevar a cabo la roturación se deben considerar como principales factores, el tamaño de los agregados y la profundidad del sustrato. Con las experiencias evaluadas, se determinó que la profundidad mínima de roturación es de 40 cm y el tamaño de los agregados o terrones debe ser de 2.5 a 3.5 mm. (LEISA 1998).

Según HORIZON (2007), los métodos utilizados para la roturación suelos endurecidos son los siguientes:

1) Métodos manuales

En el Ecuador todavía son utilizados de manera general por los campesinos de escasos recursos económicos. La roturación se practica durante la estación lluviosa, período en el cual la cangahua, húmeda, es más fácil de trabajar. Se rompe la cangahua con la ayuda de un pico, a una profundidad de 20 a 30 cm. El campesino deja luego reposar los bloques de cangahua por algunos meses, agrega generalmente pequeñas cantidades de abono proveniente de su ganado, y lo mezcla con el suelo, rompiendo los bloques de cangahua resultantes de la roturación, antes de efectuar la siembra.

Esta preparación del suelo es generalmente ruda y poco propicia para un buen crecimiento de las plantas.

2) Métodos mecanizados

En el Ecuador solo son empleados por algunos agricultores. Sin embargo, han sido aplicados en el marco de algunos proyectos gubernamentales de incorporación de la cangahua a la agricultura entre los años 1970 y 1975, y están siendo nuevamente empleados en el marco de un proyecto realizado por la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) para la incorporación a la agricultura de 600 ha de cangahua.

La roturación es realizada por subsoleo cruzado mediante un buldózer. La potencia de este último debe ser suficiente como para que el trabajo sea efectivo. En el Ecuador los trabajos actualmente en curso se realizan con buldózers de potencia por lo menos igual a la

del D6, generalmente equivalentes al D7 o D8. La longitud de los dientes es de 80 cm, lo que conduce a una profundidad efectiva de subsoleo de 40 a 50 cm. Aunque es más fácil realizar el subsoleo en estado húmedo, la fracturación de los horizontes endurecidos es más completa en estado seco.

b. Pulverización de los terrones

HORIZON (2007), manifiesta que los bloques resultantes del subsoleo son pulverizados aplicando varias veces un pulverizador de discos. El tamaño óptimo final de los agregados es en sí es difícil de definir. Debe ser tal que la retención de agua sea máxima y la erosión mínima.

Martínez y García (1990) mostraron que un tamaño promedio de agregados de cangahua de 3 a 4 mm, garantiza una buena capacidad de retención de agua, una estabilidad estructural máxima y una erodabilidad mínima. Sin embargo, Leroux y Janeau (1996) recomiendan un tamaño mayor de agregados, ya que estos se desintegran con el tiempo. Jérôme (1992) observó en efecto una fundición progresiva de los agregados de 4 mm o menos, que propicia el endurecimiento superficial, la escorrentía y la erosión. Custode et al. (1992) señalan algunas pérdidas de tierra que alcanzan hasta 92 t/ha en parcelas de cangahua subsoladas y desintegradas, con una pendiente del 20 por ciento. Es necesario entonces tomar medidas anti-erosivas.

ZEBROWSKI, C. QUANTIN, P. TRUJILLO, G. (1996). La pulverización de suelos ya roturados consiste en la aplicación de una rastra de discos con el fin de romper los bloques de cangahua resultantes. El costo de esta operación es mínimo en relación al de la roturación y al de la realización de la terraza.

c. Limpieza de material grueso y construcción de pircas

Según CIPAV (2008), La mejor barrera muerta para la conservación de agua y suelos se realiza con las fracciones más grandes de cangahua luego de la roturación. Estas se las acomoda de buena forma construyendo las denominadas pircas, que son las que evitan la

pérdida del suelo reduciendo la erosión. Estas pircas principalmente controlan el escurrimiento superficial del agua, también contribuye a la retención de humedad del suelo así como la conservación de su fertilidad, gracias a que evita que las partículas del suelo se pierdan por erosión hídrica.

1) **¿Dónde construir las barreras muertas?**

Las pircas se deben construir en:

- Los terrenos de cultivo en pendiente.
- Los terrenos amenazados por cárcavas.
- Terrenos nuevos que se habilitan para la producción.

2) **¿Cómo construir las pircas?**

Se deben seguir los siguientes lineamientos:

- Distancia entre pircas.- Se determina una línea maestra mediante el método visual, determinando la distancia entre barreras, marcando estos puntos con estacas.

La distancia entre barreras muertas depende de la pendiente: a más pendiente, menos distancia.

- Marcación de la línea guía.- Con el nivel en “A” marcamos las líneas sin caída donde queremos construir la barrera muerta.
- Construcción de la zanja base.- Se abre un pequeña zanjita sobre la curva de nivel, la cual sirve para el cimientado de las pircas de barrera muerta. De manera que puedan soportar sin problema la fuerza de las aguas de escurrimiento.
- Colocación de la pirca.- Se acomodan las piedras en la zanjita procurando dar la forma correcta a la barrera. Se debe considerar que las piedras grandes deben

colocarse abajo como cimientos y las piedras medianas y pequeñas se colocan encima para que detenga con mayor facilidad el sedimento arrastrado por el agua de escurrimiento.

- Estabilización de las barreras.- Las barreras muertas de piedra se refuerzan con la siembra de pastos, arbustos y árboles preferentemente nativos. Estas plantas hacen funcionar mucho mejor las barreras muertas de piedra o pircas; preferentemente las plantas y pastos se colocan al lado de arriba de las pircas.
- Los agentes que pueden afectar las pircas.- Los animales porque cuando pisan las piedras de la barrera muerta estas se caen y dañan la barrera, las lluvias fuertes porque la fuerza del agua de lluvia que cae en gran cantidad puede derrumbar las piedras de las barreras mal construidas o débiles.
- El mantenimiento de las barreras muertas.- Cada vez que estas en tus parcelas debes reponer las piedras caídas, arreglar derrumbes en la barrera, aumentar la altura de las pircas a medida que se vaya acumulando sedimentos en las paredes.

E. CULTIVOS QUE REHABILITAN EL SUELO

HULL, W. (1988). Los cultivos que rehabilitan el suelo rinden el mayor provecho a la agricultura, pues no sólo conservan los elementos de nutrición vegetal ya existentes, sino que mejoran el suelo. También en este caso lo esencial es la materia orgánica. Las plantas no pueden restaurar los minerales; todos los que tienen provienen del suelo. Si las plantas se entierran como abonos verdes el suelo recupera la totalidad de los minerales. La cal, fósforo, o potasio adicional que la tierra necesita, son materias que es preciso añadirle.

Sin embargo, las plantas pueden restaurar la materia orgánica y con ella el nitrógeno del suelo. Las leguminosas son las plantas que mejor acumulan el nitrógeno gran parte del cual extraen del aire. Por lo tanto, cuando se entierran estas plantas el suelo recibe más nitrógeno. Las sojas, cultivadas en hileras y cosechadas para hacer heno, son tan perjudiciales al terreno como el maíz. Dan lugar a la erosión y destrucción de materia

orgánica. Aún cuando la semilla haya sido bien inoculada, el heno de soya contiene más nitrógeno que el extraído del aire por la planta y como su sistema de raíces es comparativamente pequeño, poco es el nitrógeno que vuelve al suelo. Esto es igualmente aplicable a las demás leguminosas, como el frijol negro (*Vigna sinensis*) y el frijol de terciopelo (*Stizolobium deerigiana*) si se arranca de la tierra. Cuando estas plantas se siembran al voleo o en surcos pegados contribuyen a la erosión, pero si se cosechan, no rehabilitan el suelo. La rehabilitación sólo se obtiene cuando se entierra estas plantas. Aun así el beneficio obtenido es poco si no hay otra siembra lista para aprovechar el terreno. La práctica de enterrar en otoño las leguminosas de verano, dejando el terreno descubierto, es perjudicial. La mayor parte del nitrógeno de las leguminosas se pierde durante el invierno por efectos de la erosión o del lavado de las tierras. No es deficiencia de la planta sino de la práctica agrícola.

Casi todas las leguminosas tienen un sistema de raíces deficiente, que no excede por lo regular del 10 al 12 por ciento del peso de la planta. Sin embargo, la tercera parte del peso del trébol rojo consiste en raíces, por cuya razón, cuando se efectúa la cosecha de esta planta, quedan en el suelo grandes cantidades de materia orgánica y nitrógeno para mantener su fecundidad.

F. EL ABONO VERDE

1. Concepto

FAO (2008), manifiesta que la utilización del abono verde como práctica agrícola, conocida ya antes de la era cristiana, consistía en la incorporación al suelo de masa vegetal no descompuesta, con la finalidad de conservar y/o recuperar la productividad de las tierras agrícolas.

Actualmente se conceptúa como abono verde a la utilización de plantas en rotación, sucesión y asociación con cultivos comerciales, incorporándose al suelo o dejándose en la superficie, ofreciendo protección, ya sea como un mantenimiento y/o recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Costa *et al.*, 1992). Eventualmente,

parte de esos abonos verdes pueden ser utilizados para la alimentación animal y/o humana, producción de fibras o producción de forraje (Miyasaka, 1984). Esto es un aspecto importante para la adopción de esta práctica, puesto que cuanto mayor sea su utilidad en la propiedad, mayores serán sus beneficios potenciales. En este nuevo enfoque, además de las leguminosas que son las plantas más utilizadas para este fin, también se usan gramíneas, crucíferas y cariofiláceas, entre otras.

INFOAGRO (2008). Cuando hablamos de "abonado en verde" hacemos referencia a la utilización de cultivos de vegetación rápida, que se cortan y se entierran en el mismo lugar donde han sido sembrados y que están destinados especialmente a mejorar las propiedades físicas del suelo, a enriquecerlo con un "humus joven" de evolución rápida además de otros nutrientes minerales y sustancias fisiológicamente activas, así como a activar la población microbiana del suelo.

CEADU (2008). Los abonos verdes son cultivos que se realizan en el lugar que se quiere mejorar o proteger y en determinado estado de desarrollo se corta para dejarlo sobre la superficie de la tierra o para su incorporación en el suelo.

FAO (2007). Tradicionalmente el término «abonos verdes» se ha usado para referirse a plantas que se incorporan al suelo cuando aun están verdes, o un poco después de la floración con el objetivo de enriquecer los suelos. Pero en épocas recientes el termino abonos verdes se ha usado más ampliamente y puede referirse a plantas cuya vegetación se deja en el suelo estando verde o en estado seco con el propósito de abonar el suelo.

2. Definición

CEADU. (2008), dice que los abonos verdes se definen como cultivos de cobertura, cuya finalidad es devolverle a través de ellos sus nutrientes al suelo.

SUQUILANDA, M. (1996). El abono verde es un método natural utilizado para mantener e incrementar la fertilidad de los suelos que es aplicado por muchos agricultores y jardineros. La puesta en práctica de éste método requiere del conocimiento previo de las

condiciones climáticas y del suelo. También se requiere de un buen conocimiento del calendario estacional.

GEOCITIES. (2008). Dice que el abonamiento verde es una práctica que consiste en cultivar plantas, especialmente leguminosas (como trébol, alfalfa, frejol, alfalfa, etc.) o gramíneas (como avena, cebada, rye grass, etc.), luego son incorporados al suelo en estado verde, sin previa descomposición, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, restableciendo y mejorando su fertilidad natural. Es recomendable utilizar mezclas de cultivos para utilizar, los como abonos verdes, porque mientras las leguminosas aportan nitrógeno, las gramíneas mejoran el contenido de materia orgánica.

3. Importancia

GEOCITIES (2008). Al descomponerse, los abonos verdes dan lugar a una serie de reacciones bioquímicas que incrementan la actividad microbiana del suelo, fomentando una mayor cantidad y diversidad de microorganismos, que se encarga de la mineralización de los elementos nutritivos. También, cuando son incorporados al suelo, favorecen la actividad de los microorganismos como hongos y bacterias que descomponen la celulosa, las que a su vez refuerzan con sus secreciones la consistencia de los agregados del suelo, que son necesarios para el correcto equilibrio del agua y del aire en el suelo.

4. Generalidades:

La siembra y posterior incorporación al suelo de los abonos verdes permite adicionarle elementos química y biológicamente activos los que son fácilmente atacados por los microorganismos del suelo, para de esta manera tornar en asimilables a los elementos nutritivos presentes en la materia orgánica, que de esta manera van a estar disponibles para ser asimilados por las raíces de las plantas.

El calcio, magnesio, y potasio en residuos orgánicamente descompuestos son movilizados por los microorganismos del suelo durante la primera etapa de descomposición y se puede

dispones rápidamente de estos nutrientes para las plantas; mientras que el nitrógeno, fósforo y azufre son retenidos por los microorganismos del suelo y se puede disponer de ellos de manera más lenta, de acuerdo a como la materia orgánica continúe descomponiéndose.

En síntesis la incorporación al suelo de residuos del cultivo, hierbas, malezas, además de estiércoles, al ser atacados por los microorganismos permiten que haya más nutrientes disponibles para las plantas.

Los abonos verdes a base de leguminosas dependiendo de la calidad del suelo, temperatura e indicios de disponibilidad mineral pueden incorporar hasta 150 kilos de nitrógeno por hectárea. Del total de este nitrógeno entre el 30-40% estará disponible para el cultivo subsiguiente.

El propósito de los abonos verdes es el estimular la actividad biológica del conjunto de microorganismos, generalmente es mejor enterrar el abono verde hasta una profundidad que no exceda los 10 centímetros. El debilitamiento de la actividad biológica de la biomasa llevará de 3 a 4 semanas, por lo tanto, se debe plantar o trasplantar solamente después de que haya concluido ese período de actividad inicial intensiva. (SUQILANDA 1996).

5. Especies utilizadas como abonos verdes

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

a. Leguminosas

Son las más empleadas, dada su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico, en favor de los cultivos siguientes. Hay autores que afirman que las leguminosas además mejoran el

terreno con la penetración de sus raíces y que incluso llegan a romper los terrenos más duros (las raíces de las leguminosas tienen más de 1 m de longitud).

Se emplean principalmente las especies de trébol blanco enano (*Trifolium repens*), trébol violeta (*T. pratense*), vicia vellosa (*Vicia villosa*), habas (*Vicia faba*), altramuces (*Lupinus sp.*), meliloto amarillo (*Melilotus officinalis*), serradella (*Ornithopus sativus*), etc.; además de otras leguminosas tradicionales de interés como los yeros (*Vicia ervilia*), las algarrobas (*Vicia monanthos*) y la almorta (*Lathyrus satirum*). Es frecuente el cultivo de leguminosas mezcladas con cereales u otras gramíneas: Vicia+cebada; vicia+avena; tréboles+raygrass; guisante forrajero+vicia, etc.

b. Gramíneas

Sembradas con las leguminosas, mejoran mucho el terreno y forman humus estable. Las raíces de las gramíneas mejoran el terreno ablandándolo en la superficie. En particular el centeno (*Secale cereale*) es recomendable sembrar en asociación con algarroba o habas. La avena (*Avena sativa*) está indicada para siembra, asociada con algarroba y guisante.

c. Crucíferas

Tienen un desarrollo muy rápido proporcionando un buen abono verde cuando se dispone de poco tiempo entre cultivos. Son capaces de utilizar las reservas minerales mejor que la mayor parte de las plantas gracias a la longitud de su sistema radicular, acumulando importantes cantidades de elementos en sus partes aéreas que luego serán devueltos al suelo. Como especies más utilizadas está el nabo forrajero (*Brassica napus var. Oleífera*), la mostaza blanca (*Sinapis alba*), el rábano forrajero (*Raphanus raphanistrum*), etc. Se ha planteado también que las plantas de esta familia, con la acción de sus raíces, hacen asimilable por otras plantas el fósforo presente en el terreno en estado insoluble. (INFOAGRO 2008).

A veces pueden ser sembradas en rastros luego de una cosecha de gramíneas y papas. Normalmente el campo puede prepararse con el pase de un arado de disco o en forma

manual con palas y azadones. Las semillas deben sembrarse no muy profundamente donde germinaran muy rápidamente con las lluvias que caen. Los cultivos de leguminosas, hierbas o granos se cortaran con una segadora rotativa antes de incorporarlos al suelo. Los cultivos de abono verde también pueden crecer en el verano, siempre que se disponga del agua de riego.

El abono verde también puede ser aplicado en el pasto vivo o por debajo en el caso de siembras anuales como maíz o trigo.

El nitrógeno atmosférico se fija rápidamente cuando las semillas de las leguminosas son tratadas con inoculantes a base de *Rhizobium*. Los indicios de minerales en los se incluye el zinc, el molibdeno, son esenciales en este proceso. (SUQILANDA 1996).

6. Mezclas de cultivos para abonos verdes

Según GEOCITIES. (2008), la mezcla de cultivos para abonos verdes generalmente dan mejores resultados que un solo cultivo.

Entre las principales ventajas tenemos: mayor resistencia a plagas y enfermedades, mejor cobertura del suelo y mejor enraizamiento en diferentes capas del suelo. Se recomienda asociar especies de plantas de diferentes familias (gramíneas, leguminosas, etc.), para obtener la mayor diversidad posible, de tal manera que se genere una abundante biomasa tanto en la parte aérea como dentro del suelo.

Para una hectárea, se recomienda las siguientes mezclas:

- Para suelos con baja fertilidad: 7.5 kg de *Vicia* + 17.5 kg de avena.
- Para terrenos salinos, arcillosos y compactos: 2.5 kg de *Melilotus* + 2.0 kg de rye grass.
- Para suelos medianamente fértiles: 2.5 kg de *Melilotus* + 5.0 kg de pasto elefante ó 4.0 kg de cebada.

7. Densidad de siembra

Según HULL (1988), la proporción de la semilla de los cultivos comunes empleados como cobertura para la incorporación de abono verde:

CUADRO 01. Proporción de semilla para cultivos de cobertura y abonos verdes.

Cultivo	Cantidad de semilla por hectárea (kilos)
Trébol dulce (<i>Melilotus alba</i>)	13 a 20
Trébol encarnado (<i>Trifolium incarnatum</i>)	22 a 27
Alfalfa dentada (<i>Medicago hispida</i>)	13 a 16
Veza (<i>Vicia villosa</i>)	33 a 40
Chícharos forrajeros (<i>Pisum sativum</i> var. <i>Arvense</i>)	40 a 43
Lespedeza (de Corea) (<i>Lespedeza stipulacea</i>)	16 a 27
Centeno (<i>Secale cereale</i>)	60 a 92
Avena de invierno (<i>Avena sativa</i>)	53 a 86
Trigo (<i>Triticum</i>)	98
Avena y cebada (<i>Hordeum</i>)	86 a 108

Fuente: HULL, W. 1988

La cantidad de semilla de avena forrajera utilizada por hectárea es de 70-80 Kg.(SEMICOL 2008).

Para la siembra de abono verde se recomienda utilizar diferentes especies en las siguientes proporciones: avena 100 kg·ha⁻¹, centeno 50 kg· ha⁻¹, girasol 50 kg· ha⁻¹, maíz forrajero 30 kg· ha⁻¹, nabo forrajero 20 kg· ha⁻¹, rábano forrajero 40 kg· ha⁻¹, remolacha forrajera 20 kg· ha⁻¹, quinua 10 kg· ha⁻¹ y vicia 80 kg·ha⁻¹. (SCIELO 2008).

La cantidad de semillas, de Vicia (*Vicica sativa*), es de: a) Sola: 60kg/ha (30 a40 sem./metro lineal) b) Consorciada: 20 a 50 kg/ha. (AGRO-ARTICULOS 2008).

La cantidad de semilla empleada suele ser muy variable, se considera una dosis corriente de 80 a 100 kg/ha. La población óptima es de 250 a 300 plantas/m². Se puede asociar con leguminosas forrajeras anuales para mejorar la calidad del forraje, en cuyo caso se

disminuye la densidad de siembra a 70 a 90 kg/ha, las leguminosas compatibles con avena son *Vicia sativa* y *Vicia villosa* ssp. dasycarpa, las densidades de siembra recomendadas para las leguminosas son 20 y 15 kg/ha, respectivamente. (SUPERNET 2008).

La cantidad de semilla empleada suele ser muy variable, consideramos una dosis corriente de 100 a 150 kg/ha. (INFOAGRO, 2008). Para la siembra de abonos verdes se recomienda la siguiente dosis: Avena 80 Kg Ha + Veza 100 Kg. Ha. (CANNABICAFE, 2008).

8. Características botánicas de Avena forrajera (*Avena sativa*) y Vicia (*Vicia sativa*).

Las especies más sembradas como abono verde son:

a. Avena (*Avena sativa* L)

1) Origen e importancia

Las avenas cultivadas tienen su origen en Asia Central, la historia de su cultivo es más bien desconocida, aunque parece confirmarse que este cereal no llegó a tener importancia en épocas tan tempranas como el trigo o la cebada, ya que antes de ser cultivada la avena fue una mala hierba de estos cereales. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en Egipto, y se supone que eran semillas de malas hierbas, ya que no existen evidencias de que la avena fuese cultivada por los antiguos egipcios. Los restos más antiguos encontrados de cultivos de avena se localizan en Europa Central.

En la producción mundial de cereales la avena ocupa el quinto lugar, siendo el cereal de invierno de mayor importancia en los climas fríos. (INFOAGRO 2008).

2) Descripción Taxonómica

Familia: Gramineae.

Género: *Avena*.

Especie: *sativa*

(INFOAGRO, 2008)

3) Características botánicas

La avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas, es una planta autógama. La mayoría de las avenas cultivadas son hexaploides, siendo la especie *Avena sativa* la más cultivada. Las características botánicas del grupo de avenas hexaploides son principalmente: la articulación de la primera y segunda flor de la espiguilla, el carácter desnudo o vestido del grano y la morfología de las aristas.

- **Raíz:** posee un sistema radicular potente, con raíces más abundantes y profundas que las de los demás cereales.
- **Tallos:** los tallos son gruesos y rectos, pero con poca resistencia al vuelco; tiene, en cambio, un buen valor forrajero. La longitud de éstos puede variar de 0.5 m. hasta 1.5 m. Están formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos.
- **Hojas:** las hojas son planas y alargadas. En la unión del limbo y el tallo tienen una lígula, pero no existen estipulas. La lígula tiene forma oval y color blanquecino; su borde libre es dentado. El limbo de la hoja es estrecho y largo, de color verde más o menos oscuro; es áspero al tacto y en la base lleva numerosos pelos. Los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados.
- **Flores:** la inflorescencia es en panícula. Es un racimo de espiguillas de dos o tres flores, situadas sobre largos pedúnculos. La dehiscencia de las anteras se produce al tiempo de abrirse las flores. Sin embargo, existe cierta proporción de flores que abren sus glumas y glumillas antes de la maduración de estambres y pistilos, como consecuencia se producen degeneraciones de las variedades seleccionadas.
- **Fruto:** el fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas. (INFOAGRO, 2008)

4) **Requerimientos edafoclimáticos**

Es considerada una planta de estación fría, localizándose las mayores áreas de producción en los climas templados más fríos, aunque posee una resistencia al frío menor que la cebada y el trigo. Es una planta muy sensible a las altas temperaturas sobre todo durante la floración y la formación del grano.

La avena es muy exigente en agua por tener un coeficiente de transpiración elevado, superior incluso a la cebada, aunque le puede perjudicar un exceso de humedad. Las necesidades hídricas de la avena son las más elevadas de todos los cereales de invierno, por ello se adapta mejor a los climas frescos y húmedos, de las zonas nórdicas y marítimas. Así, la avena exige primaveras muy abundantes de agua, y cuando estas condiciones climatológicas se dan, se obtienen buenas producciones. Es muy sensible a la sequía, especialmente en el periodo de formación del grano.

Es una planta rústica, poco exigente en suelo, pues se adapta a terrenos muy diversos. Prefiere los suelos profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal pero sin exceso y que retengan humedad, pero sin que quede el agua estancada. La avena está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos, cuyo pH esté comprendido entre 5 y 7, por tanto suele sembrarse en tierras recién roturadas ricas en materias orgánicas. (INFOAGRO, 2008).

5) **Requerimientos nutricionales**

Debido a que el sistema radicular de la avena es más profundo y desarrollado que el del trigo y la cebada, le permite aprovechar mejor los nutrientes del suelo, por tanto requiere menos aportes de fertilizantes. La avena responde muy bien al abonado nitrogenado, aunque es sensible al encamado cuando se aplica a altas dosis. La extracción media de avena por hectárea y tonelada es de 27,5 kg de N, 12,5 kg de P₂O₅ y 30 kg de K₂O.

Para una producción de 3.000 kg por hectárea habría que pensar en un abonado de unas 100 unidades de N, 50 unidades de P₂O₅ y 90 unidades de K₂O.

Estas cantidades responden más o menos a un abonado de restitución. En caso de conocerse el análisis del terreno se podrán modificar estas cantidades de acuerdo con la riqueza en el suelo de los tres elementos principales.

La distribución del abonado se puede realizar en la siembra o durante la fase de crecimiento vegetativo, según el cultivo precedente y la resistencia al encamado de la variedad utilizada. (INFOAGRO, 2008).

b. Veza (*Vicia sativa*)

1) Origen

Es originaria de la región del Mar Mediterráneo, Europa, Africa y Asia Occidental (Calegari et al., 1993; Burkart, 1943). (VIRTUAL, 2008)

2) Descripción Botánica

Planta herbácea anual trepadora por medio de zarcillos, glabra.

- **Raíz:** profundas y ramificadas.
- **Tallo:** grueso o fino, angulado, flexible, más o menos prismático de 1m de altura.
- **Hojas:** compuestas pinnadas con 4 a 12 folíolos y zarcillo terminal simple o ramificado; estípulas de 2 mm de ancho, con nectarios y márgenes dentados; folíolos anchamente oblongos, lineares, obovados o subcordados de 0.3 a 4 cm de largo por 0.2 a 1.5 cm de ancho, ápice redondeado, con frecuencia emarginado y mucronado, haz glabro, envés pubescente;
- **Flores:** en pares o de 1 a 4 dispuestas en fascículos en las axilas de las hojas, cortamente pediceladas y de 1.8 a 3 cm de largo; corola violeta o morada, raramente blanca o azul.

- **Vainas:** casi cilíndricas, un poco comprimidas, de 2.5 a 8 cm de largo por 6 a 10 mm de ancho, de color castaño opaco y la superficie algo ondulada, con 4-12 semillas, globosas o subglobosas o ligeramente comprimidas de 4.5-6 mm de largo, 4.5-6 mm de ancho y de 2.7-5 mm de grosor; negruzcas o café oscuras. (VIRTUAL, 2008)

3) **Requerimientos edafoclimáticos**

Crece en áreas de climas templados cálidos y templados fríos, desde el nivel del mar hasta los 2600 m.s.n.m., con precipitaciones de 450 mm y temperaturas bajas de menos 5°C (Bertín y Gijón, 1990; Flores, 1983). Se adapta a suelos ácidos, cuyo pH oscila entre 6.0 y 6.5, y en algunos casos, en suelos con pH de 5.0-5.5 y de 7-8 (Hycka, 1965) (VIRTUAL 2008).

4) **Rendimiento y composición**

La producción varía según la región y las condiciones de cultivo; en España por ejemplo, los rendimientos en secano de materia seca varían entre 5.1 y 40 t/ha y los de regadío entre 8.9 y 50 t/ha de forraje verde (Hycka, 1965). Por otro lado, se reporta que puede proporcionar hasta 80 kg N/ha lo que equivale a 400 kg de abonos minerales en forma de sulfato de amonio o de 500 kg en forma de nitratos (Hycka, 1965).

Por su rápido crecimiento su producción importante y de calidad: 40 Tm/h. Además fija un nitrógeno estimado en 40 /50 kg/ha.(VIRTUAL, 2008).

9. **Implementación**

Según SUQUILANDA (1996), la implementación de abonos verdes se hace mediante la siembra de plantas, generalmente leguminosas solas o en asociación con cereales, las cuales son cortadas en la época de floración e incorporadas al suelo para regular principalmente su contenido de nitrógeno y carbono, al mismo tiempo que se mejoran sus propiedades químicas y biológicas.

En la actualidad en vista de la acelerada degradación de los suelos por efecto de tecnologías inadecuadas y un vez que se han comprobado que los fertilizantes sintéticos echan a perder la estructura, vida del suelo y que sus precios se han elevado considerablemente, que no son accesibles a gran parte de los agricultores, la utilización de los abonos verdes es una alternativa viable y ecológicamente racional en favor de una agricultura sana.

a. Siembra del abono verde

Una de las estrategias implementadas para la rehabilitación de estos suelos es el uso de cereales de grano pequeño como son el trigo, cebada y avena, en los dos primeros años de rehabilitación. Estos cultivos ofrecen ventajas desde el punto de vista productivo como mejoradores de las condiciones del suelo debido principalmente a su alta densidad radicular, sin embargo se presentan problemas de emergencia de la planta cuando las semillas quedan atrapadas entre partículas grandes. Se recomienda así incrementar la densidad de siembra en un 50 por ciento, con la finalidad de lograr un mejor establecimiento del cultivo para garantizar una buena densidad que permita la colonización del suelo, mejorando de esta manera la formación de agregados, la circulación de aire y agua, y el que las plantas al descomponerse sirvan como una fuente importante de materia orgánica.

Los cereales de grano pequeño combinados con el uso de leguminosas de cobertura como la vicia (*Vicia sativa L.*) es una buena opción para el manejo inicial de la cangahua. Como aporte de materia orgánica se aplica humus de lombriz a razón de 20 t/ ha.

El efecto positivo se aprecia claramente, sobre todo porque el policultivo avena-vicia ofrece rendimientos de materia seca muy cercanos al obtenido con el monocultivo de avena, aunque el primero tiene mayores ventajas agroecológicas como son la fijación de nitrógeno y la calidad del forraje. (INFOINDEX 2008).

SUQUILANDA (1996), explica que la siembra del abono verde es similar a la de cualquier otro cultivo, por lo tanto requiere un preparación del suelo en base a arada y rastra a fin de mullir el suelo y facilitar a las semillas un medio adecuado para germinar y crecer.

Es recomendable que se establezca un plan de mejoramiento de suelos que permita ir sembrando e incorporando los abonos verdes por sectores a fin de no perder toda una temporada de cosecha.

Las semillas a utilizarse para la siembra de los abonos verdes deben reunir los siguientes requisitos: tener un crecimiento rápido, tener un follaje abundante y succulento, que sea una planta rústica, que se adapte a los suelos pobres, que sea barata y no se dedique a la alimentación. Los abonos verdes se pueden sembrar como cultivo principal, cultivo de rotación o intercalado con el cultivo principal.

Con referencia a la cantidad de semilla por hectárea fluctúa entre 50 y 80 kilos, cuando se siembra leguminosas solas, pero cuando se siembra en conjunto con cereales como la avena forrajera se pueden utilizar las siguientes cantidades: avena forrajera 100 kg/ha + leguminosas 50 kg/ha.

b. Creación de una reserva de materia orgánica

HORIZON (2007), manifiesta que la desintegración de las partículas de tierra conlleva con el tiempo una compactación y por lo tanto una disminución de la porosidad y de la retención de agua creadas artificialmente por el subsoleo. Solo la creación de una estructura mediante aporte de materia orgánica permite evitar estos problemas. El aporte de elevadas dosis de materia orgánica en forma de abono es generalmente incompatible con la realidad del mundo campesino latinoamericano. El abono orgánico, disponible en cantidades reducidas, es costoso y su aplicación se realiza en dosis muy limitadas. En el Ecuador se utiliza como abono orgánico especialmente el humus de lombriz.

c. Aporte de fertilizantes

Experimentos realizados en laboratorio (Etchevers et al., 1992) mostraron que solo el nitrógeno y el fósforo son los factores que limitan la integración de la cangahua a la agricultura.

Estas carencias se confirmaron en el Ecuador (Cisneros *et al.*, 1996). Las pruebas realizadas en el campo en México por Márquez *et al.* (1992) muestran que dosis de 60 U de fósforo y 100 U de nitrógeno son generalmente suficientes para obtener rendimientos aceptables. Los agricultores, tanto en el Ecuador como en México, no toman en consideración las propiedades de la cangahua y fertilizan los cultivos en estas formaciones de la misma manera que en otros suelos agrícolas. Los aportes son a menudo suficientes, a veces demasiado elevados en México y casi siempre demasiado reducidos o inexistentes en el Ecuador.

d. Programa rotacional que incluya leguminosas y gramíneas

En el establecimiento de un programa rotacional de los cultivos, los tipos de cultivos y las condiciones ambientales son elementos de gran importancia, y se determinan en función de las necesidades de los productores y de las condiciones ambientales

Otra de las recomendaciones, dentro del manejo de las rotaciones, es que se debe fomentar el cambio espacial y temporal de los cultivos con la finalidad de mantener el reciclamiento de los nutrientes. Dadas las restricciones de fertilidad en este tipo de suelos la inclusión de cultivos de cobertura, asociaciones y leguminosas es una alternativa para garantizar que las condiciones de fertilidad se mejoren, además de ser una práctica que propicia la conservación del suelo.

Para la recuperación de suelos volcánicos endurecidos es necesario considerar que son procesos a mediano y largo plazo, a través de los cuales se pretende restablecer sus propiedades físicas, químicas y biológicas, mediante el empleo de diferentes tecnologías con una visión integral y entre las cuales destacan: la roturación, la adición de abonos

orgánicos, los cultivos múltiples, la rotación de cultivos (en la cual juegan un papel importante los cereales de grano pequeño, o de abono verde durante los primeros años), la incorporación de residuos, entre las principales. Estas tecnologías mejoran la circulación del aire y la retención de humedad, incrementan la actividad biológica y la fertilidad del sustrato, y de manera directa aumentan el potencial productivo del mismo.

9. Beneficios del abono verde

a. Aumenta la materia orgánica del suelo

Según SUQUILANDA. (1996), al descomponerse rápidamente por su alto contenido de agua y la buena proporción de carbono y nitrógeno (C/N) aproximadamente un 20 a 30% de la materia seca permanece en el suelo como materia orgánica estable, expuesta a una descomposición muy lenta, mientras que el porcentaje restante que constituye la materia orgánica nutritiva se descompone rápidamente proveyendo de nutrientes a las plantas las dos partes de materia orgánica (la nutritiva y la estable) son importantes para mantener al suelo productivo, fértil con mejor textura y estructura. Un abono verde no solo entrega materia orgánica al suelo, sino que también disminuye su pérdida, una planta cobertura, da sombra al suelo, regulando su temperatura y conservando su humus.

b. Enriquece el suelo con nutrientes disponibles

Al descomponerse el abono verde libera sus nutrientes para ponerlos a disponibilidad de los próximos cultivos. Este fenómeno se conoce como reciclaje y concentración de nutrientes.

La fijación biológica de nitrógeno atmosférico (N_2), mediante la simbiosis de las bacterias del género *Rhizobium* y las leguminosas representa, sin duda, una de las principales posibilidades para el mejoramiento de la agricultura sin recurrir al uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos cuya acción es dañina sobre la actividad biológica del suelo.

El nitrógeno se fija a través de la actividad de las bacterias *Rhizobium* sp. que viven en el suelo y forman nódulos en las raíces de las plantas leguminosas.

Hay mucha controversia sobre la cantidad de nitrógeno que puede ser fijada por las leguminosas en el suelo, pero puede decirse que el promedio anual por hectárea es de 140 kg N/ha. Los sistemas *Rhizobium*-leguminosa para grano, fijan entre 41 a 552 kg de N/ha/año; *Rhizobium*-leguminosa forrajera, fijan entre 62 y 897kg de N/ha/año.

Para cada grupo de leguminosas existe una bacteria que vive en relación simbiótica, es decir que beneficia tanto a las plantas como a las bacterias. La planta da energía a las bacterias en forma de azúcares, y las bacterias aportan nitrógeno a la planta para que crezca mejor en los suelos pobres. Así, una planta leguminosa puede crecer bien aunque haya muy poco nitrógeno en el suelo. Al incorporar el abono verde, sus hojas, tallos y nódulos se descomponen y el nitrógeno fijado vuelve a ser disponible para otros cultivos. (SUQUILANDA 1996).

c. Evita la erosión

SUQUILANDA (1996), manifiesta que la cobertura que proporcionan los abonos verdes protege a los suelos de la erosión del agua y del aire. Esta ventaja es visible cuando los abonos verdes crecen en la época en que no hay cultivos y los vientos provocan la pérdida de mucho suelo.

d. Mejora la estructura del suelo

Permitiendo la formación de agregados que son especies de bolitas que hacen que el suelo se torne poroso, facilitando así la entrada de agua y aire. La formación de agregados mejora el suelo, haciéndolo más estable y resistente a las influencias de la erosión y laboreo. La agregación de las partículas aumenta cada año conforme se van incorporando los abonos verdes.

Se estima que una hectárea de abono verde puede incorporar al suelo alrededor de 30 a 100 toneladas de material verde. (SUQUILANDA 1996).

e. Evita el crecimiento de malezas.

Según SUQUILANDA (1996), los abonos verdes al utilizar los recursos para el crecimiento de las malezas (luz solar, agua, y nutrientes), compiten con estas y las suprimen. Las malezas adaptadas a suelos pobres van desapareciendo poco a poco a medida que se mejora la tierra. Las leguminosas como la alfalfa y la vicia en la Sierra incluidas en agroecosistemas de frutales permiten controlar las malezas y mejorar la calidad de los suelos si se someten a cortes periódicos que se dejan sobre el campo para que se forme un mulch que se incorporará mas luego al suelo.

f. Disminuye el ataque de insectos-plagas y enfermedades

Al usarse el abono verde como parte de la rotación de cultivos se rompe el ciclo de vida de los insectos-plagas y enfermedades disminuyendo lógicamente su ataque. Algunas especies de abonos verdes cuyas flores tienen néctar atraen muchos insectos benéficos como crisopas, coccinélidos (mariquitas) y otros depredadores. Además contribuyen al establecimiento de la diversidad que es una de las condiciones de la agricultura orgánica. (SUQUILANDA 1996).

Los abonos verdes son capaces de agregar al suelo hasta 50 T/Ha de materia orgánica (peso fresco) en cada aplicación. Esta materia orgánica, a su vez, tiene toda una serie de efectos positivos sobre el suelo, tales como mejorar su capacidad de retención de agua, su contenido de nutrientes, su equilibrio de nutrientes, su suavidad y pH.

Esta materia orgánica también está agregando al suelo buenas cantidades de nitrógeno (N). Aunque el chocho, un lupino Andino, (*Lupinus mutabilis*) es capaz de fijar hasta 400 kg/Ha de N puro, es más común encontrar aquellos niveles de fijación de (N) cerca de 150 kg/Ha, como los del fréjol terciopelo (*Mucuna pruriens*) y canavalia (*Canavalia spp.*).

Los abonos verdes pueden, también, reducir fuertemente los gastos de tiempo y dinero invertidos en el control de malas hierbas, especialmente cuando se usan como mulch. Este factor es especialmente importante cerca de las fronteras agrícolas donde el deshierbe es, a menudo, un factor limitante para los pequeños productores. Por lo tanto, estos cultivos no solamente pueden reducir el uso de los abonos químicos, sino también pueden reducir o, en la mayoría de los casos, eliminar el uso de herbicidas. Pueden también a veces, reducir la necesidad de usar otros insumos químicos. (CEDICCO 1994).

CLADES (2008), explica que la aplicación de abonos verdes, ofrece los siguientes beneficios al suelo: aporta materia orgánica al suelo, libera nutrientes durante su mineralización, disminuye la lixiviación de nutrientes, transfiere nutrientes del subsuelo a la capa arable, aumenta el rendimiento del cultivo siguiente debido al aporte de nutrientes, mejora la estructura, capacidad de retención de humedad y la aireación del suelo, disminuye la erosión y aumenta la agregación del suelo, ayuda a corregir el pH, aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, ayuda a controlar las malezas, como plagas y enfermedades.

10. Desventajas del uso de abonos verdes

- a. No se sembrarán abonos verdes donde se puede sembrar algún cultivo que sea comercial o para su propio consumo. Es decir, el lugar donde lo van a sembrar no debe tener ningún costo-oportunidad.
- b. El mejoramiento del suelo ocurre a través de varios años. En general, el mejoramiento no empieza hasta después de la primera aplicación de la tierra, lo cual significa que los resultados concretos no se observan hasta durante el segundo ciclo agrícola después de la adopción inicial.

Esta demora de un resultado que de todos modos es difícil de creer, complica la adopción de los abonos verdes. Por esta razón, también, es preferible, en la mayoría de los casos promoverlos en base a otros factores, y no al factor de fertilidad del suelo.

Si no se tiene conciencia del valor de la materia orgánica en general, a menudo usamos una aplicación de estiércol de animal en los experimentos el primer año, para motivarles y hacerles conciencia del valor de la materia orgánica que ellos mismos están aprendiendo a producir.

- c. Con frecuencia, los abonos verdes tienen que seguir creciendo o formar una cobertura muerta (o mulch) durante la estación seca. Animales de pastoreo, las quemadas agrícolas o el calor intenso pueden prevenir que duren mucho durante este tiempo.
- d. Extremos de sequía, de infertilidad o de pH, problemas severos de drenaje, algo comunes, afectarán la productividad de los abonos verdes, igual como a los demás cultivos (aunque en menor grado), reduciendo así su impacto.

11. Principales plagas y enfermedades

CUADRO 02: Principales plagas y enfermedades de avena forrajera (*Avena sativa*) y vicia (*Vicia sativa*)

AGENTE CAUSAL	DAÑO	CONTROL
Enfermedades		
Carbón vestido (<i>Ustilago levis</i>)	Grano lleno de polvo negruzco.	Desinfección de semilla con productos mercuriales
Roya (<i>Puccinia corolifera</i>)	Pústulas anaranjadas en las hojas.	Mancozeb al 40%.
Oidio (<i>Erisiphe graminis</i>)	Manchas grises sobre hojas, vainas y tallos.	Sembrar variedades resistente, no sembrar demasiado espeso, disminuir el abonado nitrogenado.
Plagas		
Ácaros (<i>Tarsonemus apirifex</i>)	Impide la salida de la panícula.	Buena preparación del terreno.
Gorgojos (<i>Tychius sp.</i>)	Ataca al la semilla en el granero.	Previcur al 20%

Fuente: INFOAGRO (2008)

12. Producción de biomasa (materia verde)

BUCH, R. 2004, manifiesta en que “las ventajas ya comprobadas de los abonos verdes son increíblemente numerosas. Los abonos verdes son aquellas plantas que los agricultores usan para toda una cantidad de propósitos, uno de los cuales es la fertilización y

mejoramiento del suelo. Los abonos verdes son capaces de agregar al suelo hasta 50T/Ha de biomasa (peso fresco) en cada aplicación. Esta materia orgánica, a su vez, tiene toda una serie de efectos positivos sobre el suelo, tales como mejorar su capacidad de retención de agua, su contenido de nutrientes, su equilibrio de nutrientes, su suavidad y pH. Esta materia orgánica también está agregando al suelo buenas cantidades de nitrógeno (N).”

La página web www.ideaa.es/wp/archives/34 expresa que “la producción importante y de calidad de biomasa o materia verde la entrega la leguminosa *Vicia sativa*, que alcanza un valor de 40 Tn/ha”.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

El trabajo de investigación para la rehabilitación de suelos cangahuosos se realizó en la Hacienda “Pucara Alto”, Comunidad Airón, Parroquia Matriz, Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo.

2. Ubicación geográfica¹

Altitud: 2881 m.s.n.m.

Longitud: 78°35'W

Latitud: 1°42'15"S

3. Características climáticas²

Temperatura anual: 13.5°C

Precipitación anual: 400-500 mm/año

Humedad relativa: 70%

4. Características ecológicas

Según HOLDRIDGE. (1977) el lugar de estudio está situado en la zona de vida eeMB, Estepa Espinosa Montano Bajo.

5. Características físicas del suelo³

¹ Datos proporcionados por CENIG ESPOCH.2007

² Sistema de Información Geográfica. 2005.

³ Datos proporcionados por el Laboratorio de Suelos de la ESPOCH.2007

- **Textura:** Franco Arenoso
- **Estructura:** Suelta
- **Drenaje:** Medio
- **Topografía:** Inclínada
- **Rango de pendiente:** 25-30%

6. Características químicas del suelo⁴

CUADRO 03. Resultados e interpretación del análisis químico.

ELEMENTO	NIVEL
NH ₄	Bajo
P ₂ O ₅	Bajo
K ₂ O	Bajo
Materia orgánica	Bajo

B. MATERIALES

1. Materiales de campo

- Vehículo, libreta de campo, lápiz, cámara fotográfica digital, semillas de avena y vicia

2. Equipos de campo

- Tractor, subsolador (D6), azadones, palas, piolas, rastrillos, caretillas, baldes, fundas.

3. Materiales de oficina

- Computador, impresora, hojas de papel bond, calculadora, marcadores, etiquetas

⁴ Datos proporcionados por el laboratorio de Suelos de la ESPOCH.2007.

C. METODOLOGÍA

1. Diseño Experimental

Para las variables porcentaje de germinación, altura de plantas y material vegetativo adicional en fresco se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) simple con 4 repeticiones. Y para las demás variables se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo Bifactorial Combinatorio (5x2) con 4 repeticiones. (ANEXO 1. Distribución de los tratamientos a nivel de campo)

2. Especificaciones del campo experimental

- a. **Número de tratamientos:** 10+2 testigos satelitales
- b. **Número de repeticiones:** 4
- c. **Número de unidades experimentales:** 42

3. Características de la parcela

- a. **Forma de la parcela:** rectangular
- b. **Tipo de siembra:** voleo
- c. **Área de la parcela:** 40m²
- d. **Área neta de la parcela:** 28m²
- e. **Distancia entre parcelas:** 1m
- f. **Distancia entre bloques:** 1m
- g. **Área neta del ensayo:** 1120m²
- h. **Área total del ensayo:** 2461m²
- i. **Plantas a evaluar:** en base al cuadrante (1 m²)

4. Tratamientos

- a. **Factor A:** Mezclas entre Avena forrajera (*Avena sativa*) y Vicia (*Vicia sativa*)

A1: 100% avena forrajera+0% vicia

A2: 75% avena forrajera+25% vicia

A3: 50% avena forrajera+50% vicia

A4: 25% avena forrajera+75% vicia

A5: 0% avena forrajera+100% vicia

b. Factor B: porcentaje de floración para su incorporación

B₁: 25% de floración

B₂: 50% de floración

5. Cuadro de Tratamientos

Al combinar de los niveles de los dos factores se obtuvieron 10 tratamientos. Y a la vez se incluyeron 2 testigos satélites para comparar el efecto de los 2 factores en estudio.

CUADRO 04. Tratamientos en base a los factores AxB

Tratamiento	Código	Descripción
T ₁	A ₁ +B ₁	100% avena forrajera+0% vicia+25% de floración
T ₂	A ₁ +B ₂	100% avena forrajera+0% vicia+50% de floración
T ₃	A ₂ +B ₁	75% avena forrajera+25% vicia+25% de floración
T ₄	A ₂ +B ₂	75% avena forrajera+25% vicia+50% de floración
T ₅	A ₃ +B ₁	50% avena forrajera+50% vicia+25% de floración
T ₆	A ₃ +B ₂	50% avena forrajera+50% vicia+50% de floración
T ₇	A ₄ +B ₁	25% avena forrajera+75% vicia+25% de floración
T ₈	A ₄ +B ₂	25% avena forrajera+75% vicia+50% de floración
T ₉	A ₅ +B ₁	0% avena forrajera+100% vicia+25% de floración
T ₁₀	A ₅ +B ₂	0% avena forrajera+100% vicia+50% de floración

Elaboración: ROMERO, L: 2009

CUADRO 05. Cantidad de semilla por unidad experimental

Tratamiento	Código	Descripción
T ₁	A ₁ +B ₁	600g avena forrajera + 0g vicia + 25% de floración
T ₂	A ₁ +B ₂	600g avena forrajera + 0g vicia + 50% de floración
T ₃	A ₂ +B ₁	450g avena forrajera+ 100g vicia + 25% de floración
T ₄	A ₂ +B ₂	450g avena forrajera+ 100g vicia + 50% de floración
T ₅	A ₃ +B ₁	300g avena forrajera + 200g vicia + 25% de floración
T ₆	A ₃ +B ₂	300g avena forrajera + 200g vicia + 50% de floración
T ₇	A ₄ +B ₁	150g avena forrajera + 300g vicia + 25% de floración
T ₈	A ₄ +B ₂	150g avena forrajera + 300vicia + 50% de floración
T ₉	A ₅ +B ₁	0g avena forrajera + 400g vicia + 25% de floración
T ₁₀	A ₅ +B ₂	0g avena forrajera + 400g vicia + 50% de floración

Elaboración: ROMERO, L. 2009

D. UNIDADES DE OBSERVACIÓN**1. Unidades de observación**

La producción de biomasa fue medida por el método del cuadrante dentro de la parcela neta.

2. Esquema del análisis de varianza**CUADRO 06. Bloques completos al azar simple**

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Bloques	7
Tratamientos	3
A	4
Error	21
Total	32

CUADRO 07. Bloques completos al azar con arreglo Bifactorial combinatorio

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Bloques	3
Tratamientos	9
A	4
B	1
AxB	4
Error	27
Total	39

3. Análisis funcional

Se determinó el coeficiente de variación mediante la prueba de Tukey al 5% para la separación de medias entre tratamientos.

E. VARIABLES EN ESTUDIO Y DATOS A REGISTRAR

1. Porcentaje de germinación

Para este parámetro se trabajó a nivel de laboratorio y campo. En el laboratorio se colocaron cajas petri con 100 semillas de cada especie vegetativa dentro de germinadores a una temperatura de 15-16°C, obteniendo el 85% de germinación, por lo que para la siembra en el campo se incrementó la cantidad de semilla.

2. Altura de plantas

En cada tratamiento se identificaron 10 plantas de leguminosas y 10 plantas de gramíneas según corresponda, tomándose los datos de altura cada 30 días.

3. Valorar la producción de biomasa

Se cortó y se pesó todo el material vegetativo que se encontraba en el interior del cuadrante, considerando el porcentaje de floración.

4. Valoración del porcentaje de materia seca

Se obtuvieron 2 muestras de biomasa por tratamiento y se colocaron a la estufa a una temperatura promedio de 80°C durante 24 horas.

5. Análisis foliares

Se determinó el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio por tratamiento a la cosecha y se relacionó en la incorporación del elemento expresado en kg/ha y valoración sobre la relación carbono/nitrógeno.

6. Análisis químico del suelo

Para este caso se determinó antes del establecimiento del ensayo y a los 30 días de la incorporación del abono verde. Los elementos analizados fueron: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

7. Identificación de diferentes materiales vegetativos

En cada cuadrante al momento de realizar las lecturas de alturas de vicia y avena, se verificó e identificó la presencia de material vegetativo adicional considerado como malezas, quienes inciden en la aportación de biomasa.

F. MANEJO DEL ENSAYO

1. Roturación del sustrato

La roturación mecánica se realizó por subsoleo cruzado utilizando tractor buldózer equivalente a D-6, los dientes fueron de 80cm, lo que condujo a obtener una profundidad efectiva de subsoleo de 40 a 50cm.

2. Limpieza de la parcela

Este trabajo se realizó en forma manual, con la ayuda de carretillas se retiró todo el material grueso (bloques de cangahua), que quedaron en la superficie.

3. Pulverización y nivelación de terreno

Los bloques pequeños de fragmentos de cangahua resultantes del subsoleo se pulverizaron y nivelaron aplicando tres veces la rastra de discos.

4. Muestreo para análisis químico del suelo

El método que se utilizó fue el de zig-zag para tomar alrededor de 10 submuestras para obtener la muestra compuesta y enviar al laboratorio.

5. Fertilización del campo experimental

Para la fertilización química y orgánica se aplicó los fertilizantes de la siguiente manera:

CUADRO 08. Cantidad de fertilizantes para cada unidad experimental

FUENTE	Kg/unidad experimental	Unidades experimentales	TOTAL (Kg.)
18-46-0	0.43	40	17.2
Urea	0.35	40	14.0
KCl	0.56	40	22.4
Humus	2	40	80.0

6. Siembra del abono verde

La siembra se realizó al voleo, utilizando las densidades de semilla recomendadas para cada especie por tratamiento. Como en el laboratorio se obtuvo el 85% de germinación en el campo se incrementó la cantidad de semilla haciendo la relación al 100%.

CUADRO 09. Cantidad de semilla por unidad experimental

Tratamiento	Código	Descripción
T ₁	A ₁ +B ₁	706g avena forrajera+0g vicia+25% de floración
T ₂	A ₁ +B ₂	706g avena forrajera+0g vicia+50% de floración
T ₃	A ₂ +B ₁	529g avena forrajera+118g vicia+25% de floración
T ₄	A ₂ +B ₂	529g avena forrajera+118g vicia+50% de floración
T ₅	A ₃ +B ₁	353g avena forrajera+235g vicia+25% de floración
T ₆	A ₃ +B ₂	353g avena forrajera+235g vicia+50% de floración
T ₇	A ₄ +B ₁	176g avena forrajera+353g vicia+25% de floración
T ₈	A ₄ +B ₂	176g avena forrajera+353g vicia+50% de floración
T ₉	A ₅ +B ₁	0g avena forrajera+471g vicia+25% de floración
T ₁₀	A ₅ +B ₂	0g avena forrajera+471g vicia+50% de floración

Elaboración: ROMERO, L: 2009

7. Monitoreo de datos

A partir de la siembra se la tomaron datos del porcentaje de germinación, altura de las plantas, producción de biomasa, producción de materia seca, etc.

8. Riego

Se dispuso de sistemas de riego por aspersión para manejar la humedad del suelo dentro de los niveles de la capacidad de campo.

9. Controles fitosanitarios

Se realizaron aplicaciones fitosanitarias para prevenir y controlar presencia de plagas y enfermedades durante el desarrollo vegetativo.

10. Corte e incorporación del abono verde

Se cortó el material vegetativo a la base del tallo y se tomaron muestras para el análisis foliar, luego se procedió a picar para su incorporación manual a una profundidad de de 25 a 30cm aproximadamente.

11. Muestreo de suelo

Transcurridos 30 días de la incorporación se realizó el muestreo de suelos por tratamiento para su respectivo análisis químico. (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

El porcentaje de germinación en el campo, se determinó a los 15 días después de la siembra, mediante monitoreo cada 3 días hasta determinar el mayor número de semillas germinadas.

Cuadro 10. Porcentaje de germinación de *Avena sativa* a los 15 días después de la siembra

ADEVA

F. Var	Porcentaje de Germinación (%)				
	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	F. Calculado	Significancia
Total	31	3510,41			
Repeticiones	7	288,71	41,24	0,71	ns
Tratamientos	3	2005,26	668,42	11,54	**
Error	21	1216,43	57,93		
CV %			9,78		
Media			77,80		

ns: No significativo

** : Altamente significativo

*: Significativo

CV %: Coeficiente de variación

El análisis de varianza, para el porcentaje de germinación de *Avena sativa* a los 15 días después de la siembra (Cuadro 10, Anexo 02) establece que existe diferencia altamente significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 9.78% y con una media de 77.80%.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia (Cuadro 11; Gráfico 01), se observan tres tipos de rangos, con la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia (T4) y con la aplicación del 100% de avena forrajera (T1) se alcanzaron los mayores promedios de germinación 85.72% y 85.22% respectivamente, ubicándose dentro del rango “A”; mientras que al aplicar el 75% de avena forrajera más el 25% de vicia (T2) alcanzó el 72,94% de germinación, ubicándose en el rango “B” y la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia con 67.34% se ubicó en el rango “C”.

Cuadro 11. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de germinación de *Avena sativa* a los 15 días después de la siembra.

Tratamientos		Media (%)	Rango
T4	25% de avena forrajera+75% de vicia	85,72	A
T1	100% de avena forrajera+0% de vicia	85,22	A
T2	75% de avena forrajera+25% de vicia	72,94	B
T3	50% de avena forrajera+50 % de vicia	67,34	C

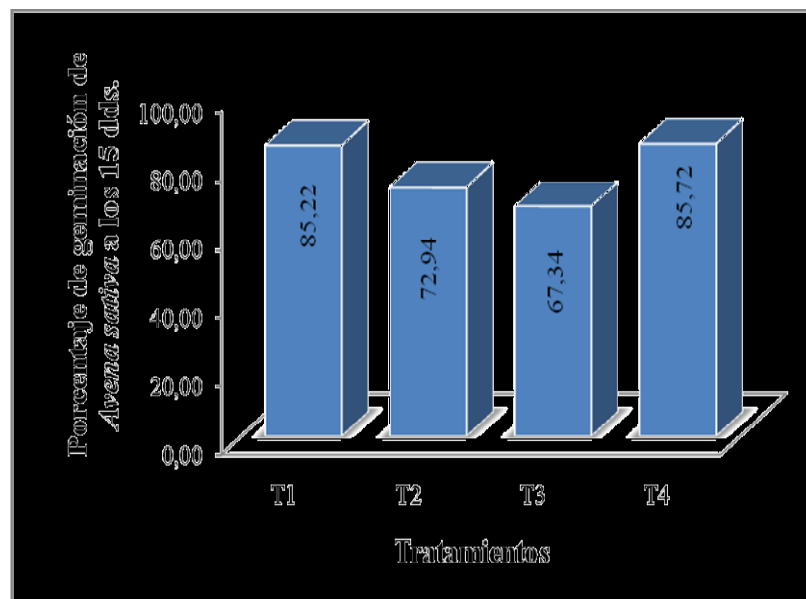


Gráfico 01. Porcentaje de germinación de *Avena sativa* a los 15 días después de la siembra.

Como observamos en el Gráfico 01, el mayor promedio de germinación se logró con la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia, con el 85.72%, este valor es menor al expresado en la página: www.supernet.com.bo/sefo/Cereales/Avena.htm, (Consultado febrero 2010), que dice: " el porcentaje de germinación de las semillas de avena forrajera, es del 90% si la temperatura sobrepasa los 7°C, siendo el rango óptimo de 10 a 25°C". Este valor es mayor debido a que las condiciones del terreno no fueron favorables por falta de mullido del suelo (por la presencia de terrones), además las aves consumieron las semillas de avena forrajera y probablemente la temperatura no fue la adecuada.

Cuadro 12. Porcentaje de germinación de *Vicia sativa* a los 15 días después de la siembra.

ADEVA

F. Var	Porcentaje de Germinación (%)				
	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	F. Calculado	Significancia
Total	31	6615,43			
Repeticiones	7	1367,67	195,38	2,13	ns
Tratamientos	3	3318,04	1106,01	12,04	**
Error	21	1929,72	91,89		
CV %			11,2		
Media			85,61		

ns: No significativo

** : Altamente significativo

*: Significativo

CV %: Coeficiente de variación

El análisis de varianza, para el porcentaje de germinación de *Vicia sativa* a los 15dds. (Cuadro12; Anexo 03) establece que existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 11,20% y la media de 85,61%.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia (Cuadro 13; Gráfico 02), se observan tres tipos de rangos, la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% vicia (T3) y con el 100% de vicia (T5), alcanzaron los mayores promedios de germinación 94,93% y 93,41% respectivamente ubicándose dentro del rango “A”; mientras que con la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia (T4) alcanzó el 84,80%, ubicándose en el rango “B” y la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia (T2) con el 69,29% se ubicó en el rango “C”.

Cuadro 13. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de germinación de *Vicia sativa* a los 15 días después de la siembra.

Tratamientos		Media (%)	Rango
T3	50% de avena forrajera+50 % de vicia	94,93	A
T5	0% de avena forrajera+100% de vicia	93,41	A
T4	25% de avena forrajera+75% de vicia	84,80	B
T2	75% de avena forrajera+25% de vicia	69,29	C

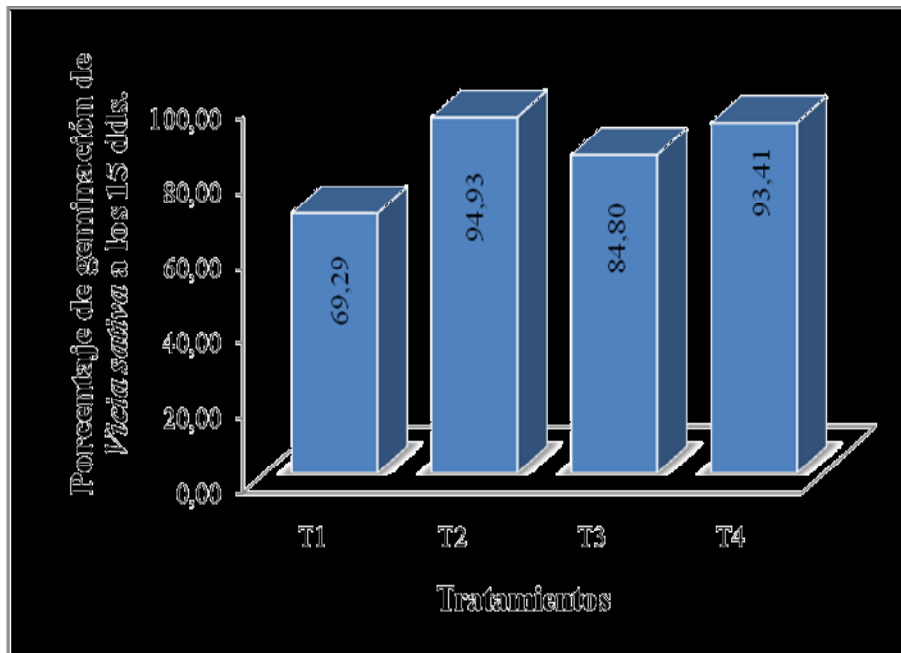


Gráfico 02: Porcentaje de germinación de *Vicia sativa* a los 15 días después de la siembra.

La mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (T3), es el que alcanzó el mayor porcentaje de germinación 94.93%. Este valor es menor al expresado; en la página web: www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/14-vicias.htm, (Consultado febrero 2010), que dice “en condiciones favorables el porcentaje de germinación de *Vicia sativa* es del 98% o más”.

El valor es menor porque las condiciones del terreno no fueron las apropiadas por falta de mullido del suelo (presencia de terrones), además otras condiciones limitantes fueron a lo mejor la temperatura, humedad, ataque de plagas y/o calidad de la semilla.

B. ALTURA DE PLANTAS

En cada tratamiento se identificaron 10 plantas de leguminosas y 10 de gramíneas según corresponda, tomándose los datos de altura cada 30 días.

Cuadro 14: Altura de *Avena sativa***ADEVA**

F. Var	Altura (cm)							
	30 dds				60 dds			
	g.l.	C. Medio	F. Calculado		g.l.	C. Medio	F. Calculado	
Total	31				31			
Repeticiones	7	23,76	1,95	ns	7	63,02	0,54	ns
Tratamientos	3	8,68	0,71	ns	3	189,61	1,62	ns
Error	21	12,20			21	116,88		
CV %		13,47				14,86		
Media		25,93				72,74		

ns: no significativo

**: Altamente significativo ($P < 0.01$),

*: significativo

CV %: Coeficiente de variación

1. Altura de *Avena sativa* a los 30 después de la siembra

El análisis de varianza para la altura de *Avena sativa* a los 30 dds. (Cuadro14; Anexo 04), establece que no existe diferencia significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 13,47% y la media es de 25,93cm.

2. Altura de *Avena sativa* a los 60 días después de la siembra

El análisis de varianza para la altura de *Avena sativa* a los 60 dds. (Cuadro14; Anexo 05), establece que no existe diferencia significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 14,86% y la media es de 72,74cm.

Cuadro 15. Altura de *Vicia sativa***ADEVA**

F. Var	Altura (cm)								
	30 dds.			60 dds.			90 dds.		
	g.l.	C. Medio		g.l.	C. Medio		g.l.	C. Medio	
Total	31			31			31		
Repeticiones	7	5,7	**	7	8,51	ns	7	85,08	ns
Tratamientos	3	1,66	ns	3	190,34	*	3	659,08	**
Error	21	0,73		21	41,28		21	67,76	
CV %		7,83			18,13			10,45	
Media		10,94			35,43			78,77	

ns: no significativo

**: Altamente significativo ($P < 0.01$),

*: significativo

CV %: Coeficiente de variación

1. Altura *Vicia sativa* a los 30 días después de la siembra

El análisis de varianza para la altura de *Vicia sativa* a los 30dds. (Cuadro 14; Anexo 06), establece que no existe una diferencia significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 7,83% y la media es de 10,94cm.

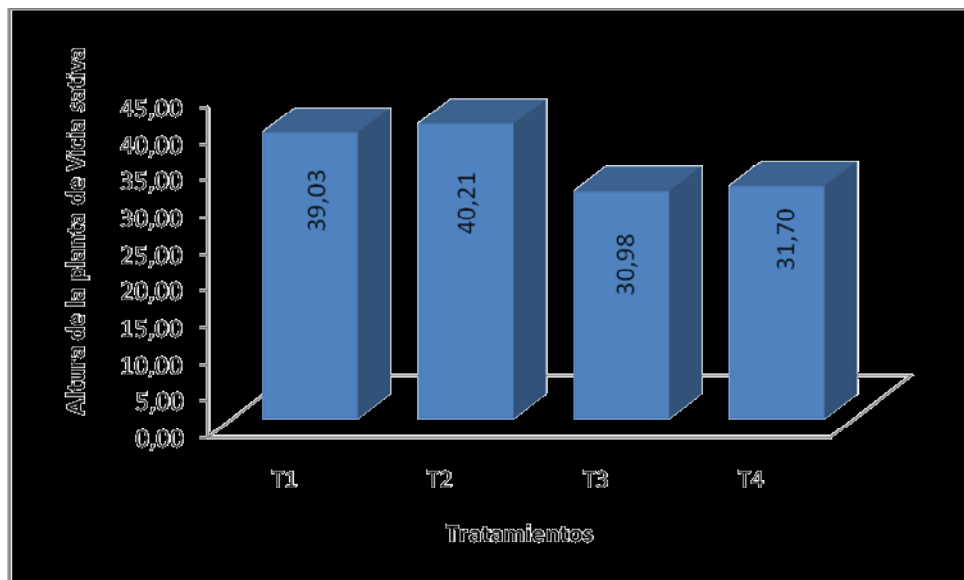
2. Altura *Vicia sativa* a los 60 días después de la siembra

El análisis de varianza para la altura de *Vicia sativa* a los 60dds. (Cuadro14; Anexo 07), establece que existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 18,13% y la media es de 35,43cm.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas de avena forrajera y vicia (Cuadro 16; Gráfico 03), podemos ver que existen dos rangos, la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (T2) con un promedio de 40.21cm y la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia con un promedio de 39.03cm se encuentran dentro del rango "A" y la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia (T3), con un promedio de 30.98cm se ubicó en el rango "B".

Cuadro 16. Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (avena forrajera + vicia)

Tratamientos	Código	Media (cm)	Rango
T2	50% de avena forrajera+50% de vicia	40.21	A
T1	75% de avena forrajera+25% de vicia	39.03	A
T4	0% de avena forrajera+100% de vicia	31.70	AB
T3	25% de avena forrajera+75% de vicia	30.98	B

**Gráfico 03.** Altura de *Vicia sativa* a los 60 días después de la siembra.

3. Altura de *Vicia sativa* a los 90 días después de la siembra

El análisis de varianza para la altura de *Vicia sativa* a los 90dds. (Cuadro15; Anexo 08), establece que existe diferencia altamente significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 10.45% y la media es de 78,77cm.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia (Cuadro 17; Gráfico 04), podemos ver que existen dos rangos, la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (T2), con un promedio de 86.99 cm y la combinación del 75% de avena forrajera y el 25% de vicia (T1), con un promedio de 84.86cm se encuentran dentro del rango “A” y con la aplicación del 100% de vicia (T4), con un promedio de 67.14 cm. se ubicó en el rango “B”.

Cuadro 17. Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (avena forrajera + vicia) a los 90 días después de la siembra.

Tratamientos	Código	Media (cm)	Rango
T2	50% de avena forrajera+50% de vicia	86.99	A
T1	75% de avena forrajera+25% de vicia	84.86	A
T3	25% de avena forrajera+75% de vicia	76.09	AB
T4	0% de avena forrajera+100% de vicia	67.14	B

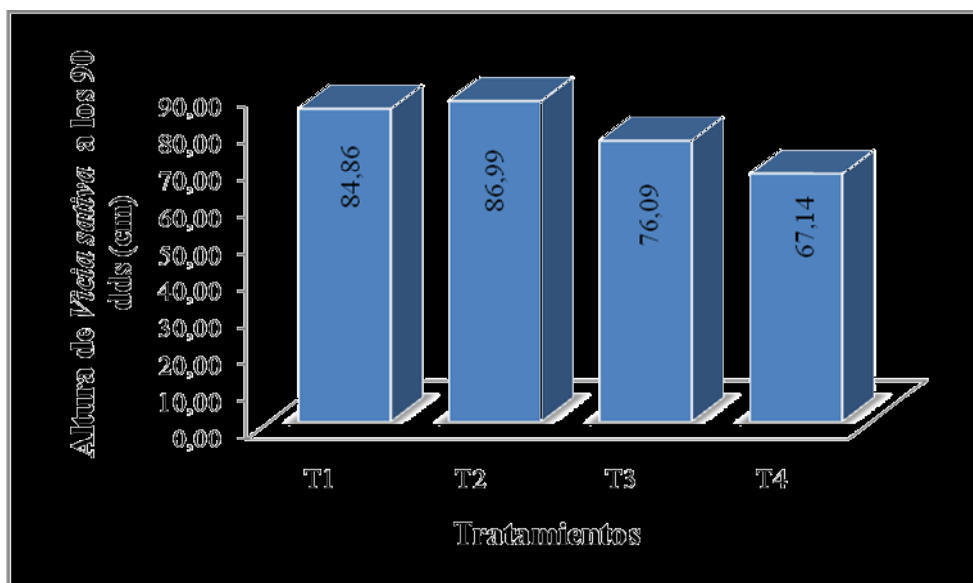


Gráfico 04: Altura de *Vicia sativa* a los 90 días después de la siembra.

Como se observa en el Gráfico 04, la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (T2), fue el que alcanzó la mayor altura con un promedio de 86.99cm, aunque este valor es el más alto no concuerda con el valor expresado por INFOAGRO, 2008 que dice: “el tallo de *Vicia sativa* alcanza una altura de 1m”, esto sucedió porque hubo la presencia de terrones que no permitieron un buen desarrollo del cultivo.

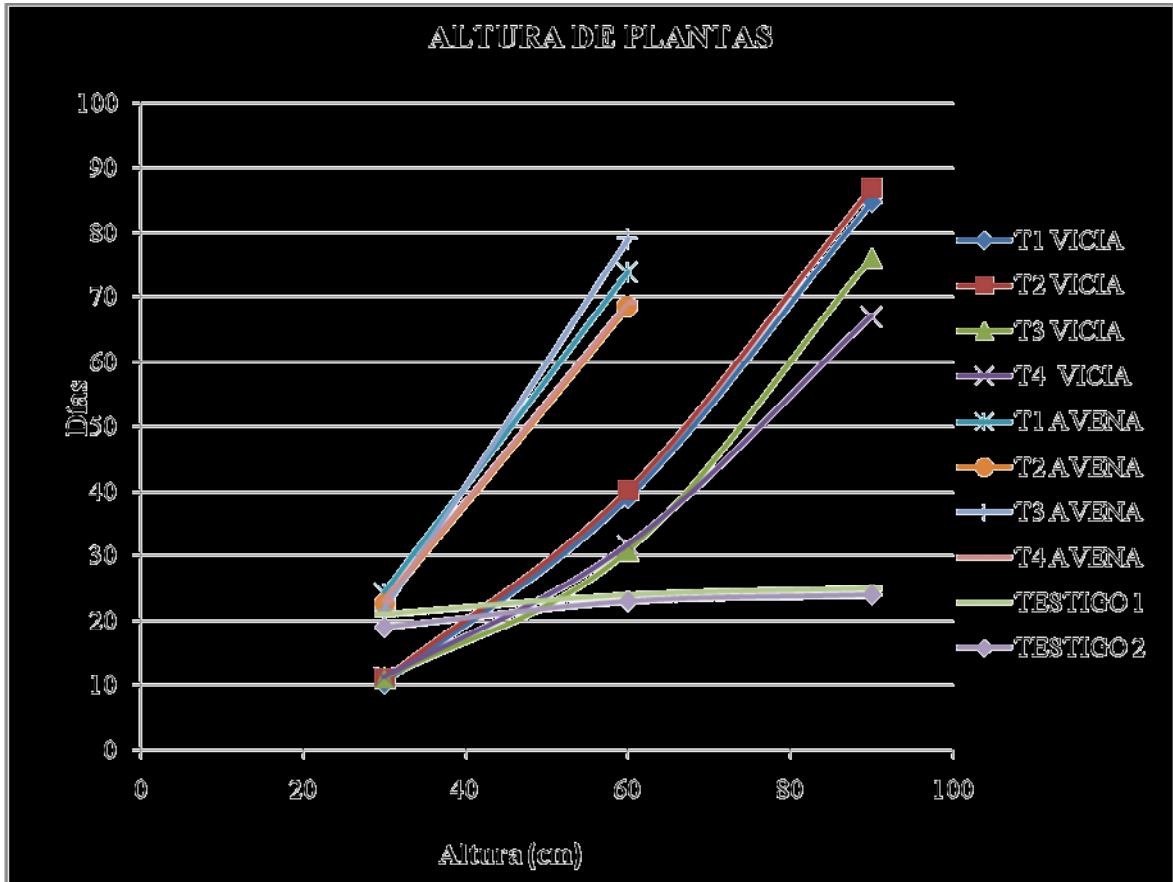


Figura 01. Altura de plantas expresada en cm.

En la Figura 01 se observa el crecimiento de vicia, avena y alfalfa que es el cultivo de los testigos satélites. El crecimiento de las plantas de alfalfa es mínimo en cambio las plantas de vicia y avena llegan a una altura aceptable. Esto se debe a que el suelo se encuentra en mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos luego de ser roturado.

C. PRODUCCIÓN DE BIOMASA

Se cortó y se pesó todo el material vegetativo que se encontraba en el interior del cuadrante, considerando el porcentaje de floración.

Cuadro 18. Producción de biomasa en Tn/ha**ADEVA**

F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Tratamientos	39	2033,73					
Repeticiones	3	67,90	22,63	1,11	2,96	4,60	ns
Factor A	4	1278,88	319,72	15,73	2,73	4,11	**
Factor B	1	108,58	108,58	5,34	4,21	7,68	*
Int. AB	4	29,75	7,44	0,37	2,73	4,11	ns
Error	27	548,62	20,32				
CV %			18,96				
Media			23,77				

ns: no significativo

**: Altamente significativo

*: significativo

CV %: Coeficiente de variación

El análisis de varianza, para la producción de biomasa (Cuadro 18; Anexo 09) establece que no existe diferencia significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 18,96% y la media de 23,77 Tn/ha.

En el análisis de factores (Cuadro 19); para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A), se observa que existen diferencias altamente significativas; el análisis estadístico para el porcentaje de floración (factor B), indica que existen diferencias significativas.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A), (Cuadro 18, Gráfico 05); se observan tres tipos de rangos, con la aportación del 100% de vicia (factor A5), se alcanzó el mayor promedio de producción de biomasa 32,86 Tn/ha, ubicándose dentro del rango "A" y con la aportación del 100% de avena forrajera (factor A1), se alcanzó el menor promedio 16,52% ubicándose en el rango "D".

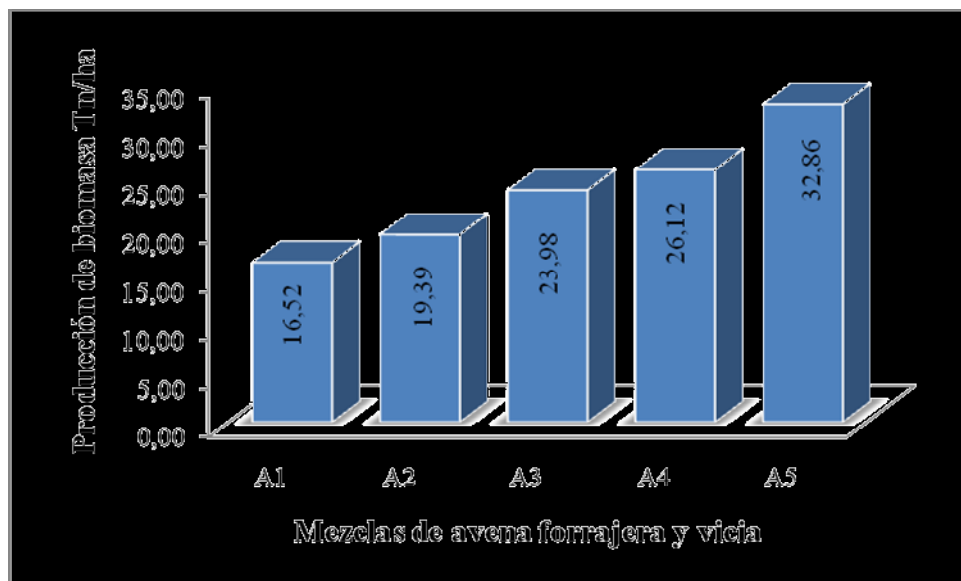
Al realizar la prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de floración (factor B), (Cuadro 20); se observan dos tipos de rangos, con el 50% de floración se alcanzó un promedio de 25.42 Tn/ha se ubica dentro del rango "A"; mientras que con el 25% de floración se alcanzó un promedio de 22.13 Tn/ha ubicándose dentro del rango "B".

Cuadro 19. Prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia.

Factor A	Código	Media (Tn/ha)	Rango
A5	0% de avena forrajera+100% de vicia	32,86	A
A4	25% de avena forrajera+75% de vicia	26,12	B
A3	50% de avena forrajera+50% de vicia	23,98	BC
A2	75% de avena forrajera+25% de vicia	19,39	CD
A1	100% de avena forrajera+0% de vicia	16,52	D

Cuadro 20. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de floración

Factor B	Código	Media (Tn/ha)	Rango
B2	50% de floración	25,42	A
B1	25% de floración	22,13	B

**Gráfico 05. Producción de biomasa en Tn/ha**

Según el Gráfico 05, la mayor producción de Biomasa se obtuvo con la aportación del 100% de vicia con un promedio de 32.86 Tn/ha, este valor es menor al expresado por la página web: www.ideaa.es/wp/archives/342 (consultado mayo 2010), “la producción importante y de calidad de biomasa o materia verde la entrega la leguminosa *Vicia sativa*, que alcanza un valor de 40 Tn/ha”. Además hubo diferencias significativas en cuanto se

refiere a la floración que en este caso fue a los 90dds. La diferencia se debe a que el porcentaje de germinación de la vicia no alcanzó los valores máximos y la altura de la misma no fue la establecida por la bibliografía. Al comparar este resultado con la producción de biomasa en los testigos satélites con un promedio de 3.1 Tn/ha es mucho mayor, esto demuestra que la incorporación del abono verde fue favorable.

D. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

Se obtuvieron 2 muestras de biomasa por tratamiento y se colocaron a la estufa a una temperatura promedio de 80°C durante 24 horas.

Cuadro 21. Producción de materia seca en Tn/ha

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	98,61					
Bloques	3	4,64	1,55	1,17	2,96	4,60	ns
Factor A	4	50,34	12,58	9,48	2,73	4,11	**
Factor B	1	5,26	5,26	3,97	4,21	7,68	ns
Int. AB	4	2,54	0,64	0,48	2,73	4,11	ns
Error	27	35,83	1,33				
CV %			18,54				
Media			6,21				

ns: no significativo

*: significativo

** : Altamente significativo (P < 0.01).

CV%: Coeficiente de variación

El análisis de varianza para la producción de materia seca en Tn/ha (Cuadro 21; Anexo 10) establece que no existen diferencias significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 18.54% y la media es de 6.21 Tn/ha.

El análisis de factores (Cuadro 22); para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A), observamos que existen diferencias altamente significativas y para el porcentaje de floración (factor B) no existen diferencias significativas.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A); (Cuadro 22, Gráfico 06); se observan dos tipos de rangos, con la aportación del 100% de vicia (factor A5), se alcanzó el mayor promedio de producción de materia seca 8.21 Tn/ha, ubicándose dentro del rango “A”; mientras que con la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (factor A3), alcanzó un promedio de 6.35 Tn/ha, la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia (factor A4) alcanzó un promedio de 6.13 Tn/ha; con la mezcla del 75% de avena forrajera y el 25% de vicia (A2), con un promedio de 5.43 Tn/ha y la aportación del 100% de avena forrajera con un promedio de 4.93 Tn/ha se ubican dentro del rango “B”.

Cuadro 22. Prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia

Factor A	Código	Media (%)	Rango
A5	0% de avena forrajera+100% de vicia	8.21	A
A3	50% de avena forrajera+50% de vicia	6.35	B
A4	25% de avena forrajera+75% de vicia	6.13	B
A2	75% de avena forrajera+25% de vicia	5.43	B
A1	100% de avena forrajera+0% de vicia	4.93	B

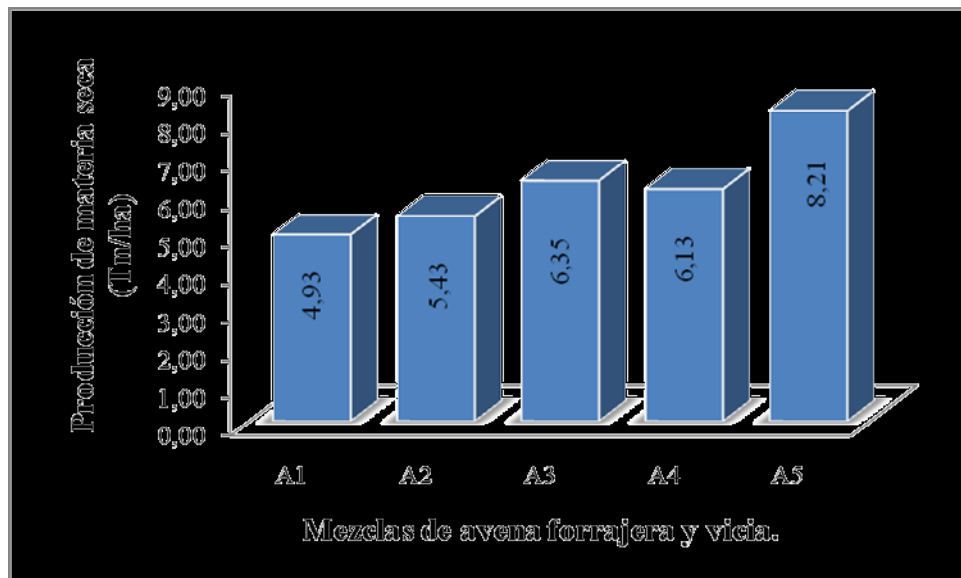


Gráfico 06. Producción de materia seca en Tn/ha

Los resultados demuestran que los forrajes verdes tienen mucha agua y poca materia seca, y la cantidad de materia seca va aumentando paulatinamente a medida que la planta va envejeciendo como se cita en www.cime.es/ca/ccea/58.pdf. y en este estudio la materia

seca fue medida cuando la planta estuvo en un estado de desarrollo vegetativo. Como se ve en el Gráfico 06, la mayor producción de materia seca sobtuvo con la aportación del 100% de vicia con un promedio de 8.21 Tn/ha, esto concuerda con lo expresado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-Uruapan, Michoacán, 2006), quien reportó, “que la producción de materia seca de veza puede alcanzar de 8.1 a 12.5 Tn/ha” en la página web: www.ideaa.es/wp/archives/342.(consultado mayo 2010). En comparación con los testigos satélites que produjeron un promedio de masa seca de 0.68 Tn/ha de esta manera hubo un incremento de 7.53 Tn/ha de materia seca.

D. ANÁLISIS FOLIAR

Se determinó la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio por tratamiento en la incorporación del abono verde y la valoración sobre la relación C/N.

a. Concentración de nitrógeno (N) presente en el abono verde según los tratamientos.

Cuadro 23. Concentración de nitrógeno (N) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	3,96					
Bloques	3	0,02	0,01	0,23	2,96	4,60	ns
Factor A	4	1,96	0,49	15,94	2,73	4,11	**
Factor B	1	0,24	0,24	7,71	4,21	7,68	**
Int. AB	4	0,90	0,23	7,35	2,73	4,11	**
Error	27	0,83	0,03				
CV %			9,25				
Media			1,90				

ns: no significativo

** : Altamente significativo

*: significativo

CV: coeficiente de variación.

El análisis de varianza para la concentración de nitrógeno (N) presente en el abono verde según los tratamientos (Cuadro 23; Anexo 11), establece que si existen diferencias

altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 9,25% y la media de 1.90%.

En el análisis de factores; podemos observar que existen diferencias altamente significativas tanto para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A), como para el porcentaje de floración (factor B).

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia, más el porcentaje de floración (Cuadro 24, Gráfico 07); observamos que la aportación del 100% avena forrajera más el 25% de floración (T1), alcanzó una concentración de nitrógeno (N) en el abono verde fue de 2,49% y la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia y el 25% de floración (T3), alcanzó un promedio de 2.24% y se ubicaron en el rango "A", la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia y el 25% de floración (T5), con un promedio de 1,61% , la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia y el 50% de floración (T4) y con la aportación del 100% de vicia y el 50% de floración (T10) con un promedio de 1.65% se ubican en el rango "C".

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A) (Cuadro 25), se observa tres tipos de rangos, siendo la aportación del 100% avena forrajera (factor A1), la que alcanzó el mayor porcentaje de nitrógeno 2,31% ubicándose dentro del rango "A"; la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia alcanzó el 1,72% ubicándose dentro del rango "C", las demás mezclas se encuentran en rangos intermedios.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% el porcentaje de floración (factor B), (Cuadro 26) se observan dos tipos de rangos, siendo el 25% de floración (factor B1) el que alcanzó un promedio de 1,97% ubicándose en el rango "A"; mientras que el 50% de floración (factor B2), con un promedio de 1,87%, se ubica dentro del rango "B".

Cuadro 24. Prueba de Tukey al 5% para la concentración de nitrógeno (N) en porcentaje presente en el abono verde para los tratamientos.

Tratamientos	Código	Media (%)	Rango
T1	100% avena forrajera+0% vicia+25% de floración	2,49	A
T3	75% avena forrajera+25% vicia+25% de floración	2,24	A
T2	100% avena forrajera+0% vicia+50% de floración	2,14	AB
T8	25% avena forrajera+75% vicia+50% de floración	1,86	BC
T9	0% avena forrajera+100% vicia+25% de floración	1,82	BC
T6	50% avena forrajera+50% vicia+50% de floración	1,82	BC
T7	25% avena forrajera+75% vicia+25% de floración	1,72	BC
T10	0% avena forrajera+100% vicia+50% de floración	1,65	C
T4	75% avena forrajera+25% vicia+50% de floración	1,65	C
T5	50% avena forrajera+50% vicia+25% de floración	1,61	C

Cuadro 25. Prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia.

Factor A	Código	Media (%)	Rango
A1	100% avena forrajera+0% vicia	2,31	A
A2	75% avena forrajera+25% vicia	1,94	B
A4	25% avena forrajera+75% vicia	1,79	BC
A5	0% avena forrajera+100% vicia	1,73	C
A3	50% avena forrajera+50% vicia	1,72	C

Cuadro 26. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de floración

Factor B	Código	Media (%)	Rango
B1	25% de floración	1,97	A
B2	50% de floración	1,82	B

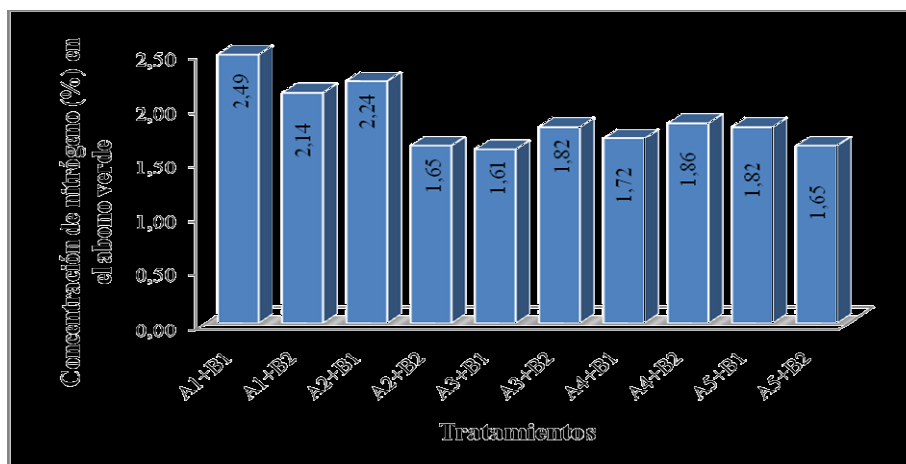


Gráfico 07. Concentración de nitrógeno (N) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.

“El contenido de nitrógeno varía entre los diferentes órganos de la planta (hojas, pecíolos, granos, tallo, raíces), con la edad del tejido (hojas jóvenes, hojas viejas) y la edad fisiológica de la planta. Por esta razón es muy importante estandarizar el muestreo de forma tal que los resultados obtenidos sean comparables con valores ya publicados o conocidos”.http://academic.uprm.edu/dsotomayor/agro4037/handouts/4037_Handouts_Xb.pdf (consultado mayo 2009).

<http://agronomia.unal.edu.co/docs/publicaciones/revista/24/v24n1a15.pdf>: “En todos los casos, la cantidad de N fijado aumenta con la cantidad de materia seca acumulada. Como esto está asociado a cambios en la composición química de los tejidos, al avanzar el estado de madurez se reduce la concentración de N, lo que condiciona el momento del aporte del N para el cultivo siguiente. En las leguminosas, aunque se reduce la concentración de N en los tejidos, su cantidad aumenta con los días de crecimiento. Por el contrario, en gramíneas, la compensación puede determinar que la cantidad de N absoluta no se modifique. (Vaughan y Evanylo, 1998).

La razón por la que la concentración de N fue menor en los tratamientos en los que se utilizó *Vicia sativa*, es que el análisis se realizó en estado de floración y según www.botanical-online.com/abonoecologicos.htm, “la riqueza de nitrógeno en leguminosas puede ser aún mayor si éstas están en plena producción de flores. De esta manera la mayor parte de N, en vez de ser consumido por la propia planta se incorpora al suelo.”

Como se observa en el Gráfico 05, la aportación del 100% de avena forrajera y el 25% de floración (T1), obtuvo la mayor concentración de nitrógeno y según www.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR291O59.pdf (consultado junio 2010), este comportamiento podría tener dos explicaciones: la primera es que, como se aplicó una cantidad mínima de nitrógeno (N) en la siembra la inoculación de la vicia no fue muy efectiva, y en consecuencia la nodulación fue pobre; y la segunda es que, la parte orgánica del nitrógeno (N) presente en la vicia se hace disponible en la temporada siguiente.”

Con un valor de 2.49% la aportación del 100% de avena forrajera y con el 25% de floración, fue el que mayor concentración de nitrógeno (N), la obtuvo a los 60 dds. La

información facilitada por www.equi.block.com- Nutrición y salud del caballo, mayo 20 de 2010, expresa en la tabla Valor Nutritivo estimado de Forraje y Avena, Comparación entre Valores Nutricionales que la concentración de nitrógeno (N) es de 3.2%.

b. Concentración de fósforo (P) presente en el abono verde según los tratamientos.

Cuadro 27. Concentración de fósforo (P) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	0,06					
Bloques	3	0,00	0,00	1,34	2,96	4,60	ns
Factor A	4	0,04	0,01	337,96	2,73	4,11	**
Factor B	1	0,00	0,00	9,12	4,21	7,68	**
Int. AB	4	0,02	0,01	226,22	2,73	4,11	**
Error	27	0,00	0,00				
CV %			3,32				
Media			0,16				

ns: no significativo

*: significativo

** : Altamente significativo

CV%: Coeficiente de variación

El análisis de varianza para la concentración de fósforo (P) en el abono verde (Cuadro 27; Anexo 12) establece que si existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 3.32% y la media es de 0.16%.

En el análisis de factores; podemos observar que existen diferencias altamente significativas para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A) y para el porcentaje de floración (factor B).

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera más vicia y con el porcentaje de floración (Cuadro 28; Gráfico 08) observamos que la aportación del 100% vicia y con el 25% de floración (T9), alcanzó una concentración de fósforo (P) presente en

el abono verde fue de 0.25% y se ubica en el rango “A” y la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% vicia y con el 50% de floración alcanzó un promedio de 0.12% ubicándose en el rango “F”; el resto de los tratamientos se encuentran en rangos intermedios.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena y vicia (factor A) (Cuadro 29), se observan tres tipos de rangos, la aportación del 100% de vicia con un promedio de 0.21% se ubica en el rango “A”; mientras que la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (factor A3), con un promedio de 0.12% se ubicó en el rango “D” y las demás mezclas se encuentran dentro de los rangos intermedios.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de floración (factor B) (Cuadro 30), se observan dos tipos de rangos, el 25% de floración (factor B1), alcanzó un promedio de 0.16% se ubica en el rango “A” y el 50% de floración (factor B2), con un promedio de 0.15%, se ubica dentro del rango “B”.

Cuadro 28. Prueba de Tukey al 5% para la concentración de P (%) en el abono verde para los tratamientos.

Tratamientos	Código	Media (%)	Rango
T9	0% avena forrajera+100% vicia+25% de floración	0.25	A
T2	100% avena forrajera+0% vicia+50% de floración	0.20	B
T10	0% avena forrajera+100% vicia+50% de floración	0.18	C
T7	25% avena forrajera+75% vicia+25% de floración	0.16	D
T4	75% avena forrajera+25% vicia+50% de floración	0.16	D
T3	75% avena forrajera+25% vicia+25% de floración	0.14	E
T1	100% avena forrajera+0% vicia+25% de floración	0.13	F
T5	50% avena forrajera+50% vicia+25% de floración	0.13	F
T6	50% avena forrajera+50% vicia+50% de floración	0.12	F
T8	25% avena forrajera+75% vicia+50% de floración	0.12	F

Cuadro 29. Prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia

Factor A	Código	Media (%)	Rango
A5	0% avena forrajera+100% vicia	0.21	A
A1	100% avena forrajera+0% vicia	0.16	B
A2	75% avena forrajera+25% vicia	0.15	C
A4	25% avena forrajera+75% vicia	0.14	C
A3	50% avena forrajera+50% vicia	0.12	D

Cuadro 30. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de floración

Factor B	Código	Media (%)	Rango
B1	25% de floración	0,16	A
B2	50% de floración	0,15	B

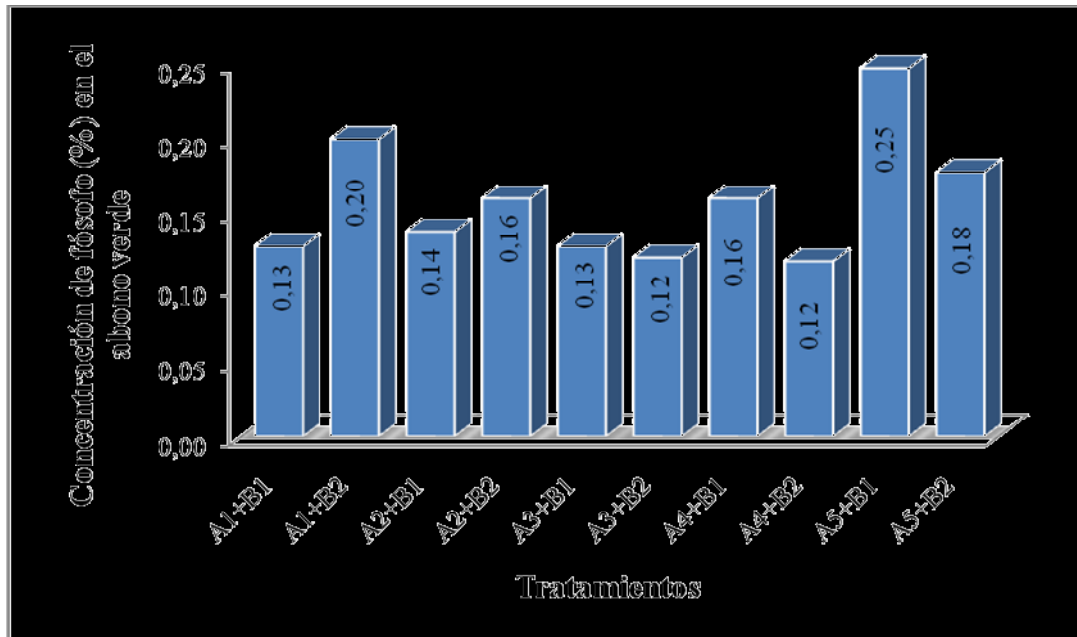


Gráfico 08. Concentración de fósforo (P) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.

Según el Gráfico 08, la concentración de fósforo (P) presente en el abono verde fue mayor en el tratamiento con la aportación del 100% vicia y con el 25% de floración con un promedio de 0.25% a los 90 dds; que es menor al expresado por la Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal FEDNA, 2203. Composición y valor nutricional de alimentos para la formulación de piensos compuestos. Segunda Edición. C de Blas.G.G. Mateos y P.G.revollar. Madrid, España. 423pp. Mayo 20 de 2010. www.etsiaupm.es/fedna/conc.prot_vegetal/veza: “En la composición química de *Vicia sativa* el porcentaje de fósforo es de 0.41”.

c. **Concentración de potasio (K) presente en el abono verde según los tratamientos.**

Cuadro 31. Concentración de potasio (K) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos.

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	0,33					
Bloques	3	0,04	0,01	1,64	2,96	4,60	ns
Factor A	4	0,03	0,01	1,04	2,73	4,11	ns
Factor B	1	0,03	0,03	3,77	4,21	7,68	ns
Int. AB	4	0,02	0,01	0,80	2,73	4,11	ns
Error	27	0,21	0,01				
CV %			13,65				
Media			0,64				

ns: no significativo

*: significativo

** : Altamente significativo

CV%: Coeficiente de variación

El análisis de varianza para la concentración de potasio (K) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos (Cuadro 30; Anexo 13) establece que no existen diferencias significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 13.65% y la media es de 0.64%.

En el análisis de factores; podemos observar que no existen diferencias significativas para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A) ni para el porcentaje de floración (factor B).

d. Relación C/N

Cuadro 32. Relación C/N

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	514,46					
Repeticiones	3	4,44	1,48	0,29	2,96	4,60	ns
Factor A	4	229,71	57,43	11,14	2,73	4,11	**
Factor B	1	80,29	80,29	15,57	4,21	7,68	**
Int. AB	4	60,80	15,20	2,95	2,73	4,11	*
Error	27	139,22	5,16				
CV %			8,29				
Media			27				

ns: no significativo

** : Altamente significativo

CV%: coeficiente de variación

*: significativo

El análisis de varianza para la relación Carbono/Nitrógeno (Cuadro 32; Anexo 14) establece que existen diferencias significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 8.29% y la media de 27:1.

En el análisis de factores; observamos que existen diferencias altamente significativas tanto para el las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A) y para el porcentaje de floración (factor B).

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera más vicia y con el porcentaje de floración (Cuadro 33 ; Gráfico 09) observamos que la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia con el 50% de floración, alcanzó una relación C/N de 31:1 y se ubicó en el rango "A" mientras que la aportación del 100% de avena forrajera con el 25% de floración (T1) alcanzó una relación de 22:1 con el menor valor se ubicó en el rango "C".

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas de avena forrajera y vicia con el porcentaje de floración (factor A) (Cuadro 34) se observan tres tipos de rangos; donde la aportación del 100% de vicia (factor A5), la mezcla del 25% de avena forrajera más el

75% de vicia (factor A4), la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia con una relación C/N de 29 se ubicaron dentro del rango “A” mientras que la aportación del 100% de avena forrajera con el menor promedio de relación C/N de 23:1 se ubicó en el rango “C”.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de floración (factor B) (Cuadro 35) se observan dos tipos de rangos, siendo el 50% de floración (factor B2) con un promedio de 29 se ubica en el rango “A”; mientras que el 25% de floración, con un promedio de 26, se ubica dentro del rango “B”.

Cuadro 33. Prueba de Tukey al 5% para la relación C/N

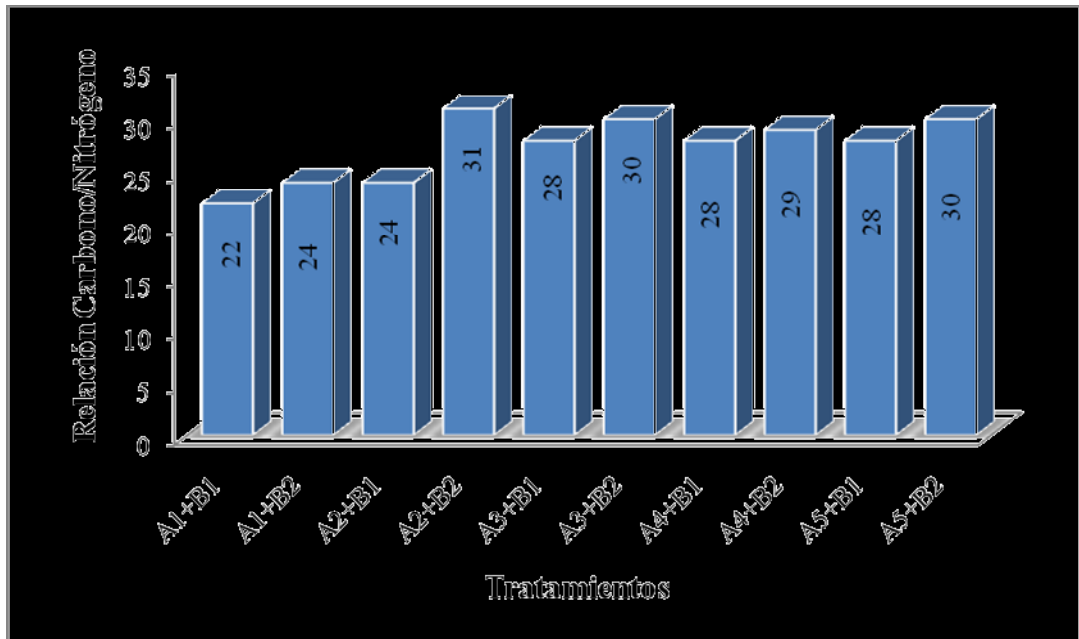
Tratamientos	Código	Media	Rango
T4	75% avena forrajera+25% vicia+50% de floración	31	A
T6	50% avena forrajera+50% vicia+50% de floración	30	AB
T10	0% avena forrajera+100% vicia+50% de floración	30	AB
T8	25% avena forrajera+75% vicia+50% de floración	29	B
T5	50% avena forrajera+50% vicia+25% de floración	28	BC
T7	25% avena forrajera+75% vicia+25% de floración	28	BC
T9	0% avena forrajera+100% vicia+25% de floración	28	BC
T2	100% avena forrajera+0% vicia+50% de floración	24	BC
T3	75% avena forrajera+25% vicia+25% de floración	24	BC
T1	100% avena forrajera+0% vicia+25% de floración	22	C

Cuadro 34. Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia

Factor A	Código	Media	Rango
A5	0% avena forrajera+100% vicia	29	A
A4	25% avena forrajera+75% vicia	29	A
A3	50% avena forrajera+50% vicia	29	A
A2	75% avena forrajera+25% vicia	27	B
A1	100% avena forrajera+0% vicia	23	C

Cuadro 35. Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de floración.

Factor B	Código	Media	Rango
B2	50% de floración	29	A
B1	25% de floración	26	B

**Gráfico 09: Relación C/N**

<http://www.asociacionht.es/abonos-verdes.html> (consultado febrero 2010): “El valor óptimo de C/N para una rápida descomposición de la materia orgánica está entre 15:1 y 25:1. Con rangos mayores a 25:1 puede resultar que el nitrógeno quede "atado" a los microorganismos del suelo, ya que los mismos necesitaran de mayores cantidades, en la prosecución de descomponer los materiales ricos en carbono, además de alejar al nitrógeno de las plantas que lo necesitan e impedir su disponibilidad.”

Lo que expresa DATTARI, El milenario abono verde en la página web <http://infororganic.com/node/106>: “La relación C/N de la avena está entre 20-25.” “La relación C/N de *Vicia sativa*, está entre 17-20”, información obtenida en la página web: <http://www.ideaa.es/wp/archives/342> (consultado junio 2010).

Se observar en el Gráfico 09 que la más alta relación C/N la obtuvo la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia y con el 50% de floración (T4) con un promedio de 31:1; a los 70 dds; y la menor relación C/N la obtuvo el tratamiento la aportación del 100% avena forrajera y con el 25% de floración) con un promedio de 22:1 siendo lo ideal o adecuado.

E. ANÁLISIS DE SUELO

Al inicio del estudio se realizó el análisis del suelo roturado, cuyos resultados son los siguientes:

Cuadro 36. Análisis de suelo roturado al inicio del estudio

ANÁLISIS DE SUELO ROTURADO			
Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Potasio (kg/ha)
1,7	26,87	22,58	39,33

Elaboración: Romero, L. (2010)

Después de 30 días de incorporado el abono verde se realizó un nuevo análisis de suelo. Los elementos que se analizaron fueron: materia orgánica, N, P y K.

a. **Porcentaje de materia orgánica a los 30 días de incorporado el abono verde.**

Cuadro 37. Porcentaje de materia orgánica a los 30 días de incorporado el abono verde.

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	7,92					
Repeticiones	3	1,41	0,47	6,32	2,96	4,60	**
Factor A	4	3,88	0,97	13,01	2,73	4,11	**
Factor B	1	0,00	0,00	0,02	4,21	7,68	ns
Int. AB	4	0,61	0,15	2,04	2,73	4,11	ns
Error	27	2,01	0,07				
CV %			8,87				
Media			3,08				

ns: no significativo

*: significativo

** : Altamente significativo

CV%: Coeficiente de variación

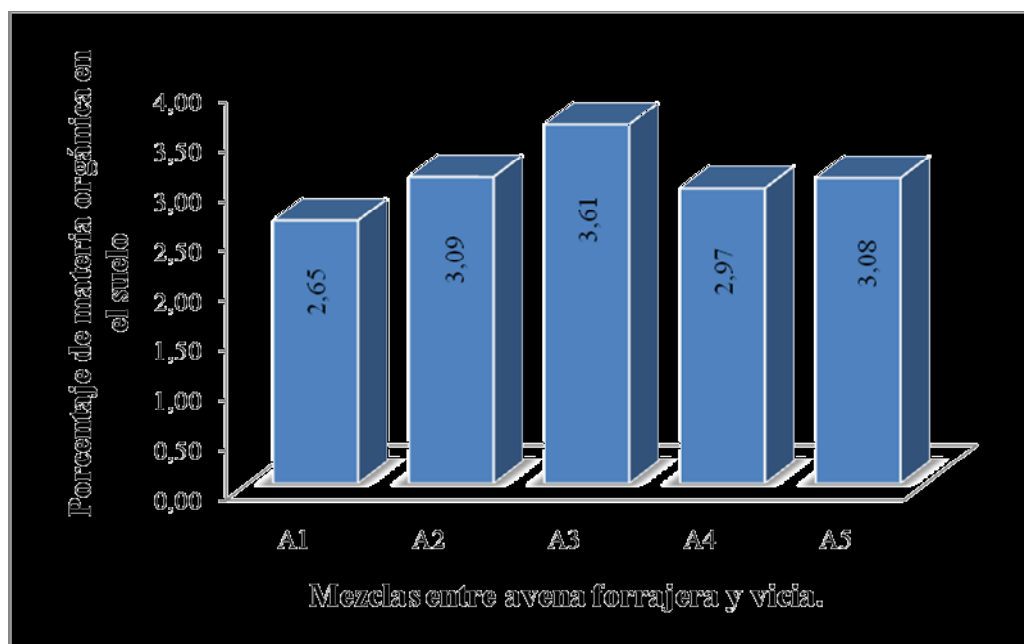
El análisis de varianza para el porcentaje de materia orgánica presente en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde (Cuadro 37; Anexo 15) establece que no existen diferencias significativas por los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 8.87% y la media de 3.08%.

En el análisis de factores; observamos que existen diferencias altamente significativas para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A) y no existen diferencias significativas para el porcentaje de floración (factor B).

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas forrajeras (factor A) (Cuadro 38, Gráfico 10), se observan dos tipos de rangos, siendo la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (factor A3) es la que alcanzó el mayor porcentaje de materia orgánica 3,61% ubicándose dentro del rango "A"; mientras que la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia (factor A4) y con la aportación del 100% avena forrajera (factor A1) alcanzaron 2,97% y 2,65% de materia orgánica respectivamente, ubicándose dentro del rango "B", mientras las demás mezclas están en rangos intermedios.

Cuadro 38. Prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia.

Factor A	Código	Media (%)	Rango
A3	50% avena forrajera+50% vicia	3,61	A
A2	75% avena forrajera+25% vicia	3,09	AB
A5	0% avena forrajera+100% vicia	3,08	AB
A4	25% avena forrajera+75% vicia	2,97	B
A1	100% avena forrajera+0% vicia	2,65	B

**Gráfico 10:** Porcentaje de materia orgánica después de 30 días de incorporado el abono verde.

En el Gráfico 10 se observa que el mayor porcentaje de materia orgánica presente en el suelo 30 días después de la incorporación del abono verde lo obtuvo la mezcla del 50 % de avena forrajera más el 50% de vicia (factor A3), con un promedio de 3.61 %, este valor es mayor al expresado en la página web: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=s0378-18442006000300014&script=sci_arttext (consultado mayo 2010); “con relación al abono verde se encontró que las parcelas con incorporación de vicia y avena, tuvieron un incremento de materia orgánica alcanzando un valor de 2.68%.”

Al inicio el contenido de materia orgánica en el suelo fue de 1.7% y después de 30 días de incorporación del abono verde el porcentaje de materia orgánica fue de 3.61%. Hubo un incremento del 1.91%, esto es equivalente a la aportación de 38.2 Tn/ha.

b. Contenido de nitrógeno (N) en el suelo después de 30 días de incorporado el abono verde.

Cuadro 39. Contenido de nitrógeno (N) expresado en kg/ha en el suelo después de 30 días de incorporado el abono verde

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	2058,74					
Repeticiones	3	232,80	77,60	1,56	2,96	4,60	ns
Factor A	4	279,47	69,87	1,41	2,73	4,11	ns
Factor B	1	38,82	38,82	0,78	4,21	7,68	ns
Int. AB	4	165,39	41,35	0,83	2,73	4,11	ns
Error	27	1342,26	49,71				
CV %			15,47				
Media			45,57				

ns: no significativo

*: significativo

** : Altamente significativo

CV%: Coeficiente de variación

El análisis de varianza para el contenido de nitrógeno (N) expresado en kg/ha en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde (Cuadro 39, Anexo 16) establece que no existen diferencias significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 15.47% y la media de 45.57 kg/ha.

El análisis de factores establece que no existen diferencias significativas para las mezclas de avena forrajera y vicia (factor A); al igual que para el porcentaje de floración (factor B).

“Uno de los beneficios del abono verde es enriquecer el suelo con nutrientes disponibles, al descomponerse el abono verde libera sus nutrientes para ponerlos a disponibilidad de los próximos cultivos. Este fenómeno se conoce como reciclaje y concentración de nutrientes.

La fijación biológica de nitrógeno atmosférico (N₂), mediante la simbiosis de las bacterias del género *Rhizobium* y las leguminosas representa, sin duda, una de las principales posibilidades para el mejoramiento de la agricultura sin recurrir al uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos cuya acción es dañina sobre la actividad biológica del suelo. Así, una planta leguminosa puede crecer bien aunque haya muy poco nitrógeno en el suelo. Al incorporar el abono verde, sus hojas, tallos y nódulos se descomponen y el nitrógeno fijado vuelve a ser disponible para otros cultivos.” (SUQUILANDA 1996).

La cantidad de N (kg/ha) en el suelo 30 días después de la incorporación no tuvo diferencias significativas, pero podemos comparar con la media general que fue de 45.57 kg/ha con lo que se expresa en el Cuadro 36, que el contenido de nitrógeno (N) en el inicio del estudio fue de 26,87 kg/ha es decir que el suelo se enriqueció con 18,70 kg/ha, esto es debido a que se encuentra en fases iniciales de la descomposición del material vegetal.

c. Contenido de fósforo (P) en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.

Cuadro 40. Contenido de fósforo (P) expresado en kg/ha en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	2340,31					
Repeticiones	3	412,19	137,40	2,24	2,96	4,60	Ns
Factor A	4	135,17	33,79	0,55	2,73	4,11	Ns
Factor B	1	0,42	0,42	0,01	4,21	7,68	Ns
Int. AB	4	135,97	33,99	0,55	2,73	4,11	Ns
Error	27	1656,56	61,35				
CV %			21,42				
Media			36,57				

ns: no significativo

** : Altamente significativo

*: significativo

CV%: Coeficiente de Variación

El análisis de varianza para el contenido de fósforo (P) expresado en kg/ha 30 días después de incorporado el abono verde (Cuadro 40; Anexo 17) establece que no existe diferencias significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 21.42% y la media de 36.57 kg/ha.

En el análisis de factores; observamos que no existen diferencias significativas tanto para las mezclas forrajeras (factor A) como para el porcentaje de floración (factor B).

“El fósforo en muchos suelos se fija en una forma no soluble o sea no disponible. Los suelos alcalinos con altas cantidades de carbonato de calcio están listos a capturar fósforo y libera muy poco para el uso de la planta. Es difícil incrementar los niveles de fósforo en el suelo, pero aplicando cierta cantidad de fósforo cada año progresivamente va aumentando la cantidad de este elemento en la tierra y poco a poco se incrementará la fertilidad del suelo.” [shttp://www.slhfarm.com/fertilidad.html](http://www.slhfarm.com/fertilidad.html). La cantidad de fósforo en el suelo roturado fue de 22.58 kg/ha y aunque no existieron diferencias significativas la media según el cuadro 38 fue de 36.57 kg/ha, existiendo un incremento de 13.99 kg/ha.

d. Contenido de potasio (K) en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.

Cuadro 41. Contenido de potasio (K) expresado en Tn/ha en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	382280,63					
Repeticiones	3	8025,33	2675,11	1,71	2,96	4,60	ns
Factor A	4	119891,96	29972,99	19,14	2,73	4,11	**
Factor B	1	4470,62	4470,62	2,86	4,21	7,68	ns
Int. AB	4	207616,11	51904,03	33,15	2,73	4,11	**
Error	27	42276,62	1565,80				
CV %			11,68				
Media			338,81				

ns: no significativo

*: significativo

** : Altamente significativo

C.V: Coeficiente de variación

El análisis de varianza para contenido de potasio (K) expresado en kg/ha presente en el suelo días después de incorporado el abono verde (Cuadro 41; Anexo 18) establece que existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 11.68% y la media de 338.81 kg/ha.

En el análisis de factores; observamos que existen diferencias altamente significativas para las mezclas forrajeras (factor A) y no existen diferencias significativas para el porcentaje de germinación (factor B).

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia con el porcentaje de germinación (Cuadro 42; Gráfico 11) podemos observar que la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia y con el 25% de floración (T7) alcanzó el mayor promedio para el contenido de potasio (K) presente en el suelo siendo este de 435.90 kg/ha, ubicándose dentro del rango “A” mientras que la aportación del 100% de vicia y con el 50% de floración con el menor promedio de 159.76 kg/ha se ubicó en el rango “D”; los demás tratamientos están en rangos intermedios.

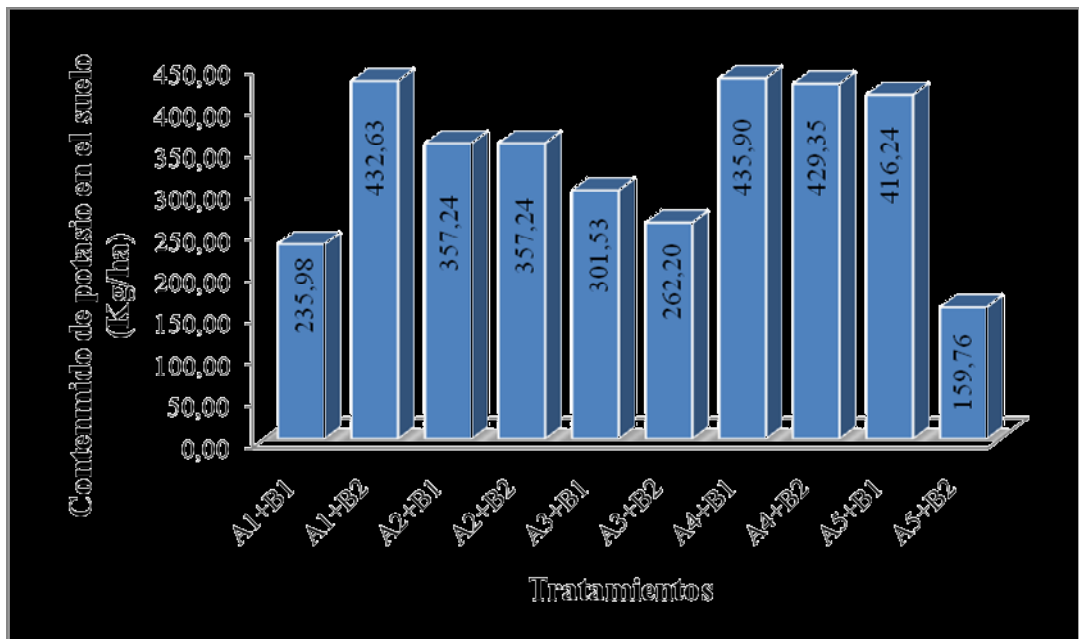
Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A) (Cuadro 43; Gráfico 11) se observan dos tipos de rangos, siendo la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia (factor A4), alcanzó el mayor promedio para el contenido de potasio (K) presente en el suelo siendo este de 432.63 kg/ha se encuentra dentro del rango “A” y la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (factor A3) con un promedio de 281.86 kg/ha se encuentra dentro del rango “D”; las demás mezclas se encuentran dentro de rangos intermedios.

Cuadro 42. Prueba de Tukey al 5% para el contenido de potasio (K) expresado en kg/ha en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.

Tratamientos	Código	Media (kg/ha)	Rango
T7	25% avena forrajera+75% vicia+25% de floración	435,9	A
T2	100% avena forrajera+0% vicia+50% de floración	432.63	B
T8	25% avena forrajera+75% vicia+50% de floración	429.35	BC
T9	0% avena forrajera+100% vicia+25% de floración	416.24	BC
T3	75% avena forrajera+25% vicia+25% de floración	357.24	BC
T4	75% avena forrajera+25% vicia+50% de floración	357.24	BC
T5	50% avena forrajera+50% vicia+25% de floración	301.53	C
T1	100% avena forrajera+0% vicia+25% de floración	235.98	CD
T6	50% avena forrajera+50% vicia+50% de floración	262.20	CD
T10	0% avena forrajera+100% vicia+50% de floración	159.76	D

Cuadro 43. Prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia.

Factor A	Código	Media (kg/ha)	Rango
A4	25% avena forrajera+75% vicia	432.63	A
A2	75% avena forrajera+25% vicia	357.24	B
A1	100% avena forrajera+0% vicia	334.30	BC
A5	0% avena forrajera+100% vicia	288.00	CD
A3	50% avena forrajera+50% vicia	281.86	D

**Gráfico 11:** Contenido de potasio (K) expresado en kg/ha en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde.

<http://www.elsitioagricola.com/articulos/conti/Liberacion%20y%20Fijacion%20Potasio.as>
 “El potasio (K) de la solución de suelo está inmediatamente disponible y puede ser absorbido por las plantas en forma inmediata, varias investigaciones confirmaron que el sistema agrícola no tiene otra vía de ingreso natural para el balance de K que la reposición primaria proveniente de la liberación de los minerales primarios y secundarios por parte de los abonos verdes”.

En el Gráfico 11 se observa que la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia y con el 25% de floración (T7) obtuvo el mayor contenido de potasio (K) en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde con un promedio de 435.9 kg/ha., valor que es mayor al expresado por DOMINGUEZ, A. en la página:

http://www.uib.es/catedra_iberamericana/publicaciones/seae/mesa6/abonos_otonyo.htm (consultado junio 2010): “El contenido en potasio encontrado en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde es significativamente superior al de las plantas adventicias, entre 200 y 600 kg.ha⁻¹ de potasio, si bien, la disposición de este elemento para el siguiente cultivo, estará en función de las variaciones de potasio en el suelo.”

El primer análisis de suelo que se realizó dio como resultado que la cantidad de potasio (K) fue de 39.33 kg/ha y después de 30 días de haber incorporado el abono verde observamos que la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia y con el 25% de floración, a los 70 días después de la siembra; es el de mayor contenido de potasio con 435.9kg/ha, y se produjo un incremento de 396.57 kg/ha.

F. CANTIDAD DE NITRÓGENO APORTADO POR EL ABONO VERDE

Cuadro 44. Cantidad de nitrógeno (N) expresado en kg/ha aportado por el abono verde.

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	20425,56					
Repeticiones	3	2092,30	697,43	2,07	2,96	4,60	ns
Factor A	4	6986,23	1746,56	5,18	2,73	4,11	**
Factor B	1	346,67	346,67	1,03	4,21	7,68	ns
Int. AB	4	1895,09	473,77	1,40	2,73	4,11	ns
Error	27	9105,28	337,23				
CV %			15,98				
Media			114,93				

ns: no significativo

*: significativo

** : Altamente significativo

C.V: Coeficiente de variación.

El análisis de varianza para la cantidad de nitrógeno (N) expresado en kg/ha aportado por el abono verde (Cuadro 44, Anexo 19) establece que no existe diferencias significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 15.98% y la media de 114.93 kg/ha.

En el análisis de factores; podemos observar que existen diferencias altamente significativas para las mezclas forrajeras (factor A) y que no existen diferencias significativas para el porcentaje de floración (factor B).

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas de avena forrajera y vicia (Cuadro 45; Grafico 12) se observan dos tipos de rangos, siendo la aportación del 100% de vicia (factor A5), con un promedio de 140.94 kg/ha se ubicó en el rango “A”, la aportación del 100% de avena forrajera (factor A1), la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (factor A3), la mezcla del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia (factor A4) y la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia (factor A2) con promedios de 11.89 kg/ha, 108.84 kg/ha, 108,46 kg/ha y 104.51kg/ha respectivamente se ubicaron en el rango “B”.

Cuadro 45. Prueba de Tukey al 5% para las mezclas entre avena forrajera y vicia.

Factor A	Código	Media (kg/ha)	Rango
A5	0% avena forrajera+100% vicia	140.94	A
A1	100% avena forrajera+0% vicia	111.89	B
A3	50% avena forrajera+50% vicia	108.84	B
A4	25% avena forrajera+75% vicia	108.46	B
A2	75% avena forrajera+25% vicia	104.51	B

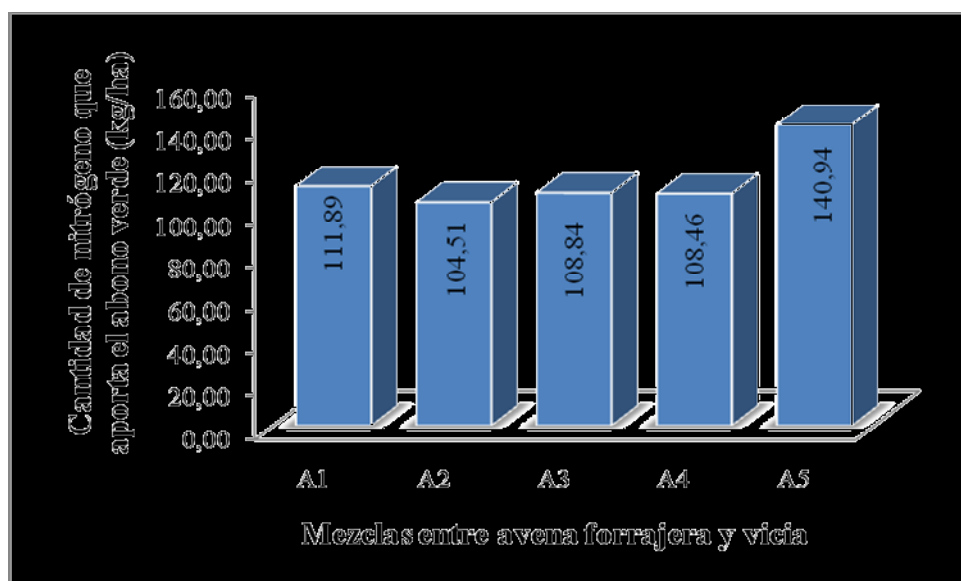


Gráfico 12: Cantidad de nitrógeno (N) expresado en kg/ha aportado por el abono verde

Se observa en el Gráfico 12, que el nitrógeno (N) aportado por el abono verde es mayor con la aportación del 100% de vicia con un promedio de 140.94 kg/ha dato mayor a lo que expresado en la página web: <http://www.mailxmail.com/curso-uso-abonos-verdes/efectos-abonos-verdes-2> (consultado junio 2010), dice: “Hay mucha controversia sobre la cantidad de nitrógeno que puede ser aportado por las leguminosas, pero puede decirse que el promedio por hectárea es de 140 kg”.

G. CANTIDAD DE FÓSFORO (P) APORTADO POR EL ABONO VERDE

Cuadro 46. Cantidad de fósforo (P) expresado en kg/ha aportado por el abono verde.

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad.	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	769,41					
Repeticiones	3	20,87	6,96	1,56	2,96	4,60	ns
Factor A	4	526,72	131,68	29,54	2,73	4,11	**
Factor B	1	2,25	2,25	0,51	4,21	7,68	ns
Int. AB	4	99,21	24,80	5,56	2,73	4,11	**
Error	27	120,36	4,46				
CV %			21,13				
Media			9,99				

ns: no significativo

** : Altamente significativo

*: significativo

C.V: Coeficiente de variación

El análisis de varianza para la cantidad de fósforo (P) expresado en kg/ha aportado por el abono verde (Cuadro 46; Anexo 20) establece que existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 21.13% y la media de 9.99 kg/ha.

En el análisis de factores; podemos observar que existen diferencias altamente significativas tanto para las mezclas de avena forrajera y vicia (factor A) y que no existen diferencias significativas para el porcentaje de floración (factor B).

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas de avena forrajera y vicia con el porcentaje de floración (Cuadro 47; Gráfico 13) se observa que la aportación del 100% de vicia y con el 25% de floración (T9) alcanzó un promedio de 18.66 kg/ha se ubicó en el rango “A” mientras que la aportación del 100% de avena forrajera con el 25% de floración (T1) alcanzó el menor promedio de 5.48 kg/ha ubicándose en el rango “E”, los demás tratamientos se encuentran en rangos intermedios.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas de avena forrajera y vicia (Cuadro 48) se observa dos tipos de rangos; donde la aportación del 100% de vicia alcanzó el mayor promedio de 17.24 kg/ha ubicándose en el rango “A” y las mezclas del 25% de avena forrajera más el 75% de vicia (factor A4); la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia (factor A3); la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia y la aportación del 100% de avena forrajera (factor A1); alcanzaron los siguientes promedios 8.50kg/ha, 8.31 kg/ha, 8.09 kg/ha y 7.84 kg/ha respectivamente ubicándose en el rango “B”.

Cuadro 47. Prueba de Tukey al 5% para la cantidad de P (kg/ha) aportado por el abono verde.

Tratamientos	Código	Media (kg/ha)	Rango
T9	0% avena forrajera+100% vicia+25% de floración	18.66	A
T10	0% avena forrajera+100% vicia+50% de floración	15.81	AB
T2	100% avena forrajera+0% vicia+50% de floración	11.14	BC
T7	25% avena forrajera+75% vicia+25% de floración	9.76	CD
T4	75% avena forrajera+25% vicia+50% de floración	9.12	CD
T6	50% avena forrajera+50% vicia+50% de floración	7.85	CD
T5	50% avena forrajera+50% vicia+25% de floración	7.83	CD
T8	25% avena forrajera+75% vicia+50% de floración	7.24	D
T3	75% avena forrajera+25% vicia+25% de floración	7.05	D
T1	100% avena forrajera+0% vicia+25% de floración	5.48	E

Cuadro 48. Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia.

Factor A	Código	Media (kg/ha)	Rango
A5	0% avena forrajera+100% vicia	17.24	A
A4	25% avena forrajera+75% vicia	8.50	B
A1	100% avena forrajera+0% vicia	8.31	B
A2	75% avena forrajera+25% vicia	8.09	B
A3	50% avena forrajera+50% vicia	7.84	B

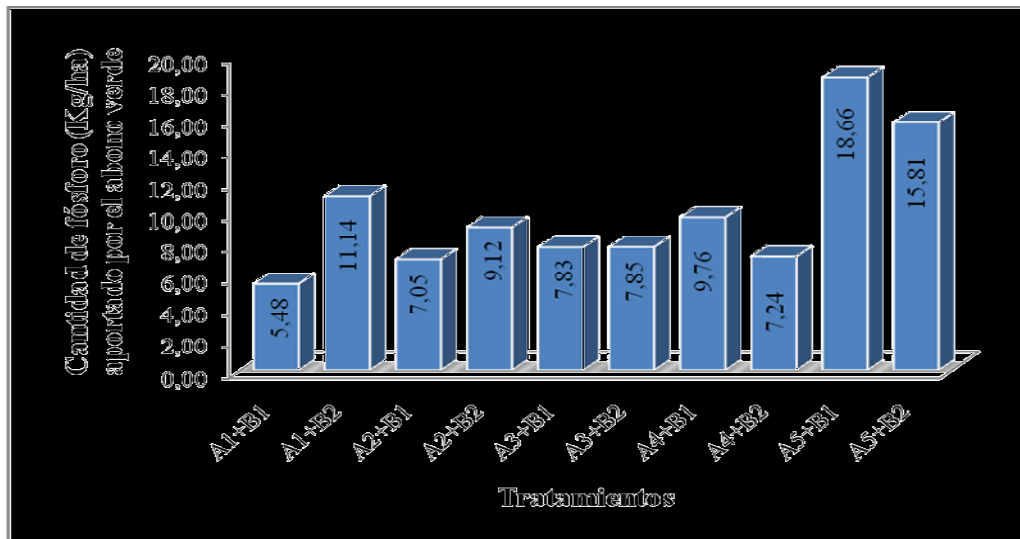


Gráfico 13: Cantidad de fósforo P expresado en kg/ha aportado por el abono verde

En el Gráfico 13 se observa que la aplicación del 100% de vicia con el 25% de floración es el que aportó la mayor cantidad de fósforo (P), a los 75dds; con un promedio de 18.66 kg/ha, es un valor mayor ya que en la página web: www.inta.gov.ar/oliveros/info/.../11_evaluacion_especies.pdf (consultado junio 2010), dice que “se encontró 14 kg/ha de P, aportado por el abono verde más utilizado que es la combinación de vicia y avena.”

H. CANTIDAD DE K (kg/ha) APORTADO POR EL ABONO VERDE

Cuadro 49. Cantidad de potasio (K) expresado en kg/ha aportado por el abono verde.

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	4199,13					
Repeticiones	3	184,51	61,50	0,81	2,96	4,60	ns
Factor A	4	1511,74	377,93	4,98	2,73	4,11	**
Factor B	1	18,96	18,96	0,25	4,21	7,68	ns
Int. AB	4	436,36	109,09	1,44	2,73	4,11	ns
Error	27	2047,58	75,84				
CV %			21,96				
Media			39,66				

ns: no significativo

** : Altamente significativo

*: significativo

C.V: Coeficiente de variación

El análisis de varianza para la cantidad de potasio (K) expresado en kg/ha aportado por el abono verde (Cuadro 49; Anexo 21) establece que no existe diferencias significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 21.96% y la media de 39.66 kg/ha.

En el análisis de factores se observa que existen diferencias altamente significativas tanto para las mezclas entre avena forrajera y vicia (factor A) y que no existen diferencias significativas para el porcentaje de floración (factor B).

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas de avena forrajera y vicia (factor A), (cuadro 50, gráfico 14) se observa dos tipos de rangos; el 100% de vicia (factor A5), alcanzó el mayor promedio de 48.99 kg/ha ubicándose en el rango “A” y con la aportación del 100% de avena forrajera se alcanzó un promedio de 30.30 kg/ha ubicándose en el rango “C”.

Cuadro 50. Prueba de Tukey al 5% mezclas entre avena forrajera y vicia

Factor A	Código	Media	Rango
A5	0% avena forrajera+100% vicia	48.99	A
A3	50% avena forrajera+50% vicia	41.38	AB
A4	25% avena forrajera+75% vicia	41.06	AB
A2	75% avena forrajera+25% vicia	36.59	B
A1	100% avena forrajera+0% vicia	30.30	C

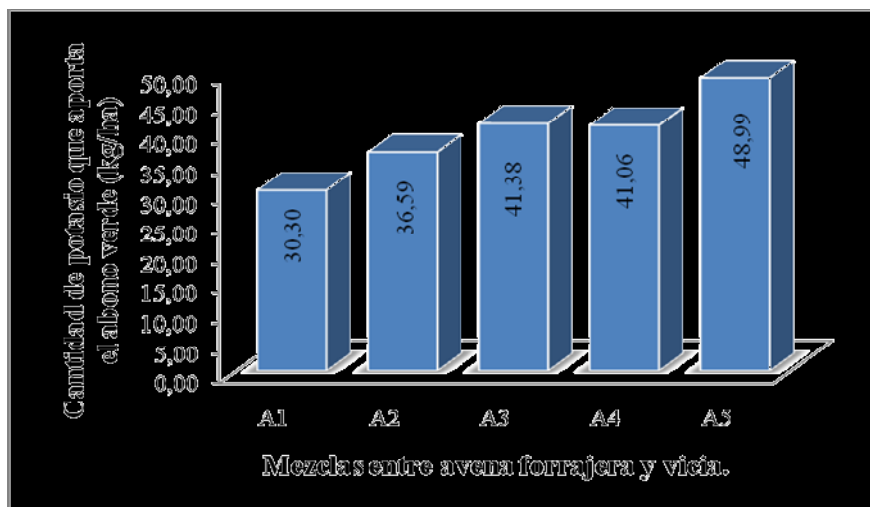


Gráfico 14: Cantidad de K (kg/ha) aportado por el abono verde

La aportación del 100% de vicia, con un promedio de 48.99 kg/ha es el que obtuvo el mayor promedio de la cantidad de potasio (K) aportado por el abono verde. Según la página www.agrobit.com/Info.../AG_000004sg.htm (consultado junio 2010), “con la utilización de abonos verdes hubo un aporte importante de potasio, de 66 kg/ha.”

I. PORCENTAJE DE MATERIAL VEGETATIVO ADICIONAL EN VERDE

Cuadro 51. Porcentaje de material vegetativo adicional en verde

ADEVA

F. Var	g.l.	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Significancia
				Cal	0,05	0,01	
Total	39	183,98					
Repeticiones	7	9,58	1,37	0,23	2,36	3,36	ns
Tratamientos	4	125,60	31,40	5,33	2,71	4,07	**
Error	28	164,83	5,89				
CV %			45,85				
Media			5,29				

ns: no significativo
*: significativo

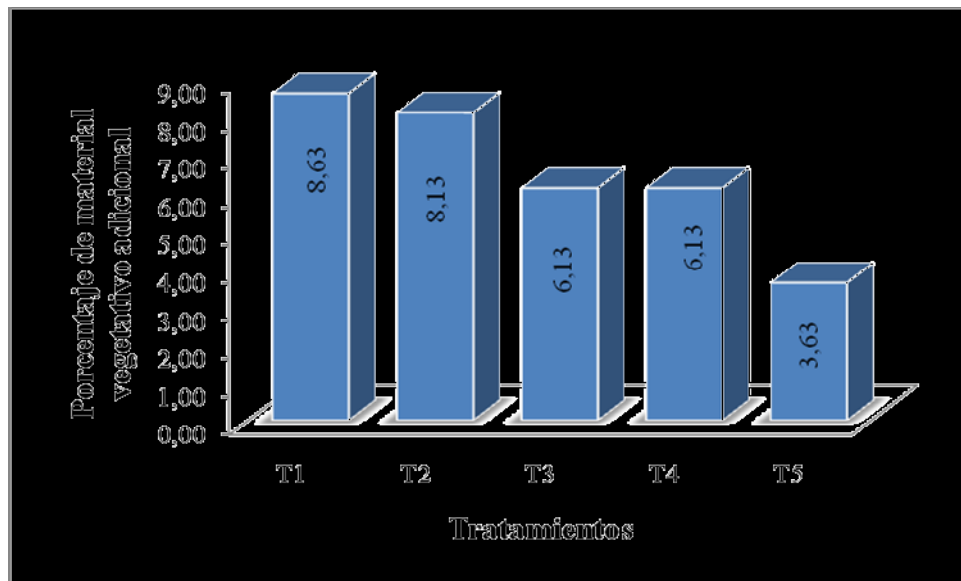
** : Altamente significativo
C.V: Coeficiente de variación

El análisis de varianza para el porcentaje de material vegetativo adicional en verde (Cuadro 51; Anexo 22) establece que existen diferencias altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 45.85% y la media de 5.29%.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para las mezclas de avena forrajera y vicia (Cuadro 52, Gráfico 15) se observa dos tipos de rangos; la aplicación del 100% avena forrajera alcanzó un promedio de 8.63% (T1) y la mezcla del 75% de avena forrajera con el 25% de vicia (T2), con un promedio de 8.13% los dos se ubicaron dentro del rango “A” y la aportación del 100% de vicia (T5), con el menor promedio de 3.63% se ubicó en el rango “B”.

Cuadro 52. Prueba de Tukey al 5% para los tratamientos

Tratamientos		Media (%)	Rango
T1	100% de avena forrajera + 0% de vicia	8.63	A
T2	75% de avena forrajera+25% de vicia	8.13	A
T3	50% de avena forrajera+50 % de vicia	6.13	AB
T4	25% de avena forrajera+75% de vicia	6.13	AB
T5	0% de avena forrajera+100% de vicia	3.63	B

**Gráfico 15:** Porcentaje de material vegetativo adicional en verde

Según el Grafico 15 la aportación del 100% de avena forrajera, obtuvo la mayor presencia de material vegetativo adicional con un 8.63%, según www.docstoc.com/.../Cultivos-de-Cobertura-para-Sistemas-de-Cultivos-perennes-Por-un (consultado junio 2010): “el crecimiento de *Vicia sativa* es rastroero por lo que no permite el desarrollo de plantas consideradas como mala hierba, en el estudio realizado hubo la presencia del 12% de este material.”

Este valor es menor porque al igual que el desarrollo de la vicia se vio afectado por la presencia de terrones lo mismo sucedió con el material vegetativo adicional.

J. ANÁLISIS ECONÓMICO

Cuadro 53. Presupuesto parcial y beneficio neto como efecto de la incorporación de bonos verdes para la rehabilitación de suelos cangahuosos.

Tratamiento	Rendimiento Tn/ha	Ajustado al 10%	Beneficio de campo \$/ha	Costos variables/ha	Beneficio neto \$/ha
T1	13,84	12,46	973,3	24,38	948,9
T2	19,2	17,28	1350,1	24,38	1325,7
T3	18,41	16,57	1294,3	26,25	1268,1
T4	20,38	18,34	1432,7	26,25	1406,4
T5	22,83	20,54	1604,9	28,75	1576,2
T6	25,14	22,63	1767,6	28,75	1738,8
T7	25,4	22,86	1785,8	30,63	1755,2
T8	26,83	24,15	1886,8	30,63	1856,2
T9	30,16	27,14	2120,5	32,5	2088
T10	35,56	32	2500,3	32,5	2467,8

Elaboración: ROMERO, L.2010

El presupuesto parcial y beneficios netos (Cuadro 53, Anexo 23) indica que el mayor beneficio neto presentó la aportación del 100% vicia con el 50% de floración (T10), con un valor de 2467,8 USD. Y la aplicación del 100% de avena forrajera con el 25% de floración (T1), fue la que presentó el menor beneficio con 948,9 USD.

Cuadro 54. Análisis de dominancia para el efecto de la incorporación de abonos verdes para la rehabilitación de suelos cangahuosos.

Tratamiento	Costos variables/ha	Beneficio neto \$/ha	Análisis de dominancia
T1	24,38	948,9	ND
T2	24,38	1325,7	ND
T3	26,25	1268,1	D
T4	26,25	1406,4	ND
T5	28,75	1576,2	ND
T6	28,75	1738,8	ND
T7	30,63	1755,2	ND
T8	30,63	1856,2	ND
T9	32,50	2088,0	ND
T10	32,50	2467,8	ND

Al realizar el análisis de dominancia (Cuadro 54), la aportación del 100% avena forrajera con el 25% de floración con 948,9 USD; la aportación del 100% avena forrajera con el 50% de floración (T2), con 1325,7 USD; la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia con el 50% de floración (T4), con 1406,4 USD; la mezcla del 50% avena forrajera más el 50% de vicia con el 25% de floración (T5), con 1576,2 USD; con la mezcla del 50% de avena forrajera más el 50% de vicia con el 50% de floración (T6), con 1738,8 USD; la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia con el 25% de floración (T7), con 1755,2 USD; la mezcla del 75% de avena forrajera más el 25% de vicia y con el 50% de floración (T8), con 1856,2 USD; con la aportación del 100% vicia con el 25% de floración (T9), con 2088,0 USD y la aportación del 100% vicia con el 50% de de floración (T10), con 2467,8 USD de beneficio neto, son los tratamientos no dominados.

Cuadro 55. Tasa de retorno marginal para los tratamientos no dominados para el efecto la incorporación de abonos verdes para la rehabilitación de suelos cangahuosos.

Tratamiento	Costos Variables	Beneficio Neto (\$)	TRM (%)
T2	24,38	1325,68	
T4	26,25	1406,43	43,06
T6	28,75	1738,85	132,97
T8	30,63	1856,15	62,56
T10	32,50	2467,75	326,19

La aportación del 100% de vicia con el 50% de floración (T10), (Cuadro 54), es el que obtuvo el mayor beneficio neto con 2467.75 USD/ha y también obtuvo la mayor tasa de retorno marginal forrajera con el 326.19%.

VI. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en que se desarrolló el experimento podemos concluir que:

- 1.** Roturado el suelo cangahuoso las características químicas mejoraron y con la incorporación de los abonos verdes se enriqueció al suelo con 1.91% de materia orgánica, 18,70 kg/ha de nitrógeno (N), 13.99 kg/ha de fósforo (P) y 396.57 kg/ha de potasio (K), a los 90 días después de la incorporación de abonos verdes.
- 2.** Con la aportación del 100% del 100% de vicia sativa con el 50% de floración (T10) se obtuvo 32,86 Tn/ha de biomasa y los mejores promedios de aporte nitrógeno, fósforo y potasio con 140.94 kg/ha; 18.66 kg/ha y 48.99 kg/ha, respectivamente.
- 3.** Al realizar el análisis económico al aportar el 100% de vicia con el 50% de floración (T10), con una cantidad de semilla de 471 g/unidad experimental incorporada a los 90 días después de la siembra, obtuvo el mayor beneficio neto y la mayor tasa de retorno marginal.

VII. RECOMENDACIONES:

1. Aplicar como tratamiento prominente el 100% de vicia, para que los suelos cangahuosos se rehabiliten con un aumento en los macroelementos importantes nitrógeno, fósforo y potasio y así disminuir el uso de fertilizantes químicos.
2. Realizar el análisis químico del suelo a los 45, 60 y 90 días luego de la incorporación los abonos verdes para determinar la mineralización de los elementos.
3. Realizar el análisis químico del suelo con la siembra de otro cultivo de producción y así valorar el nivel de fertilidad de los suelos (sustentabilidad).
4. Plantear investigaciones similares a la realizada con las mismas o con diferentes mezclas utilizadas, y en zonas con características climáticas diferentes o similares a la zona en que se realizó la investigación, a fin de comparar resultados que nos permitan confirmar o rectificar nuestra información.

VIII. RESUMEN:

REHABILITACIÓN DE SUELOS CANGAHUOSOS MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE ABONOS VERDES.

El trabajo de investigación para la rehabilitación de suelos cangahuosos se realizó en la Hacienda “Pucará Alto”, Comunidad Airón, Parroquia Matriz, Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo. Proponiendo la incorporación de abono verde siendo este la mezcla de *Avena sativa* más *Vicia sativa*. Utilizando un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo Bifactorial Combinatorio (5x2) con 4 repeticiones. Evaluando los siguientes parámetros: porcentaje de plantas a los 15 días después de la siembra; porcentaje de material vegetativo adicional; altura de plantas a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, producción de biomasa, producción de materia seca, análisis foliar, análisis de suelo 30 días después de incorporado el abono verde y determinar la cantidad de N-P-K aportado por el abono verde. Para las variables de producción de biomasa y materia seca los mejores promedios los obtuvo la mezcla (0% avena+100% vicia) con 32,86 Tn/ha y 8,21 Tn/ha respectivamente. En los análisis foliares la concentración de N más alta la obtuvo el tratamiento T1 (100% avena+0% vicia+25% de floración) con 2,49%; la concentración de P el tratamiento T9 (0% avena+100% vicia+25% de floración); la concentración de K tuvo una media de 0.64%. La relación C/N más alta la presentó el tratamiento T4 (75% avena+25% vicia+50% de floración) con una relación 31:1. Para el análisis de suelo; el mejor promedio para materia orgánica lo obtuvo la mezcla (50% avena+50% vicia) con 3,61%; para N y P que registran valores similares en los diez tratamientos en los que se probaron los factores: mezclas de avena forrajera y vicia y porcentaje de floración, los promedios fueron de 45.57 kg/ha y 36.57 kg/ha respectivamente; para la cantidad de K el mejor promedio lo obtuvo el tratamiento T7 (25% avena+50% vicia+25% de floración) con 435,9 kg/ha. Los mejores promedios para la cantidad de N-P-K aportados por el abono verde los alcanzó la mezcla (0% avena+100% vicia) con 140.94 kg/ha, 18.66 kg/ha y 48.99 kg/ha respectivamente.

IX. SUMMARY

CANGAHUOSO SOIL REHABILITATION BY ADDITION OF GREEN FERTILIZERS.

The research project aimed to restore cangahuosos soils was developed in “PUCARÁ ALTO” farm located in Chambo, Chimborazo province. The proposal was to incorporate green fertilizer which consisted on a mixture of *Avena stiva* plus *Vicia Sativa*. The investigation was done using a randomly whole blocks design (BCA) with a combinatory bifactorial pattern (5*2) using four repetitions. The following parameters were evaluate material; plants height 30, 60, 90 days after sowing, biomass production, dry substance production, foliar analysis and soil analysis 30 days after incorporation the green fertilizer to determine the amount If N-P-K provided by the green compost.

For the first two parameters as biomass production and dry substance the best averages were obtain by the mixture (05oat+100%vicia) 32.86 Tn/ha and 8.21 Tn/ha correspondingly. In foliar analysis the highest nitrogen concentration was reached by means of T1(100%oat+0%vicia+25%bloom) that corresponded to a 2.49%; phosphorus concentration using the T9(0% oat+25%vicia+25%bloom), potassium allotment reported a mean of 0.64%, the highest C/N rate corresponded to the T4(75% oat +25% vicia+50%bloom) with a 31:1. For the soil analysis the best mean for organic substance was obtained by the mixture (50%oat+50%vicia) with a 3.61% for nitrogen and phosphorus that restored similar rates in the other ten different treatments where the following factors were tested: forage oats and vicia mixture and bloom percentage, the potassium amount the best average was 36.57kg/ha correspondingly, for the potassium amount the best average was obtained by the T7(25% oat+75%vicia+25%bloom) with 435.9 kg/ha. The best averages for the amount of N-P-K provided by the green fertilizer was for the mixture (0%oat+100% vicia) with 140.94; 18.66 y 48.99 kg/ha correspondingly.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA-SOLIS. 1986. La tierra agrícola Nuestro Recurso Básico. Publicaciones científicas más. Ecuador. 211pp.
2. ARTICULOS. 2008. Abono verde: VICIA (*Vicia sativa* L.)
<http://www.arp.org.py/articulo.php?ID=2832>
3. AVENA SEFO-SAM. www.supernet.com.bo/sefo/Cereales/Avena.htm,
(Consultado febrero 2010)
4. CANNABISCAFE. 2008. Avena sativa L.
<http://www.cannabiscafe.net/foros/showthread.php?t=15890&page=2>
5. CEADU. 2008. Abonos Verdes. <http://www.ceadu.org.uy/abonosverdes.htm>
6. CEDICCO. 1994. El uso de Abonos Verdes por agricultores campesinos.
<http://www.cedicco.hn/archivospdf/Inftecnico3.pdf>.
7. CLADES. 2008. Abonos verdes.
<http://www.clades.cl/revistas/5/rev5agro2.html>
8. CIPAV. 2008. Barreras Muertas.
<http://cipav.org.co/redagrofor/memorias99/IbrahimM.htm>
9. CRIECV. 2007. Erosión.
http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosión.html.
10. DOMINGUEZ, A. en El Comportamiento de Abonos Verdes
http://www.uib.es/catedra_iberamericana/publicaciones/seae/mesa6/abonos_otonyo.htm (consultado junio 2010):

11. FAO. 2007. http://www.cidicco.hn/especies_av_cc.htm
12. FAO. 2008. Abono Verde.
<http://www.fao.org/ag/ags/AGSe/agses/7mo/iita/C12.htm>
13. Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal FEDNA, 2203.
Composición y valor nutricional de alimentos para la formulación de piensos compuestos. Segunda Edición. C de Blas.G.G. Mateos y P.G.revollar. Madrid, España. 423pp. Mayo 20 de 2010.
www.etsiaupm.es/fedna/conc.prot_vegetal/veza
14. GEOCITIES. 2008. Abonos orgánicos.
<http://www.geocities.com/raaaperu/ao.html>
15. HORIZON. 2007. Rehabilitación de Suelos volcánicos endurecidos.
http://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010
16. HULL, W. 1988. Manual de Conservación de Suelos. Editorial Limusa. México. 184-188pp.
17. INFOAGRO. 2008. Abonos Verdes. http://www.abcargo.com.fertilizantes/abonos_verdes.asp
18. INFOAGRO. 2008. Cultivo de Avena Forrajera.
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm>
19. INFOINDEX. 2008. Abonos Verdes.
http://latinoamerica.leisa.info/index.php?url=show-blob-html.tpl&p%5Bo_id%5D=71862&p%5Ba_id%5D=211&p%5Ba_seq%5D=
20. LEISA. 1998. Abonos Verdes.

<http://latinoamericana.leisa/index.php?url=show-blob-012927.pdf>

21. MADDALONI, J. 2003; en la página web:
www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/14-vicias.htm, (Consultado febrero 2010)

22. SAUER, W. 1965. Geología del Ecuador. Quito-Ecuador. 390pp.

23. SCIELO. 2008. Selección de abonos verdes para el manejo y rehabilitación de los suelos sulfatados ácidos de Boyacá (Colombia).
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012099652006000100015&lng=es&nrm=iso

24. SEMICOL. 2008. Cultivo de Avena Forrajera.
http://www.semicol.com.co/index.php?page=shop.product_details&flypage=shop.flypage&product_id=290&category_id=6&manufacturer_id=0&option=com_virtuemart&Itemid=27

25. STALLINGS, J. 1985. El Suelo su Uso y Mejoramiento. Editorial Compañía Continental. México. 183pp.

26. VIRTUAL. 2008. Vicia Sativa L.
<http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/abonoverde2.pdf>

27. ZEBROWSKI, C. QUANTIN, P. TRUJILLO, G. 1996. Memorias del III Simposio Internacional sobre suelos volcánicos endurecidos. Quito-Ecuador. 510-513pp

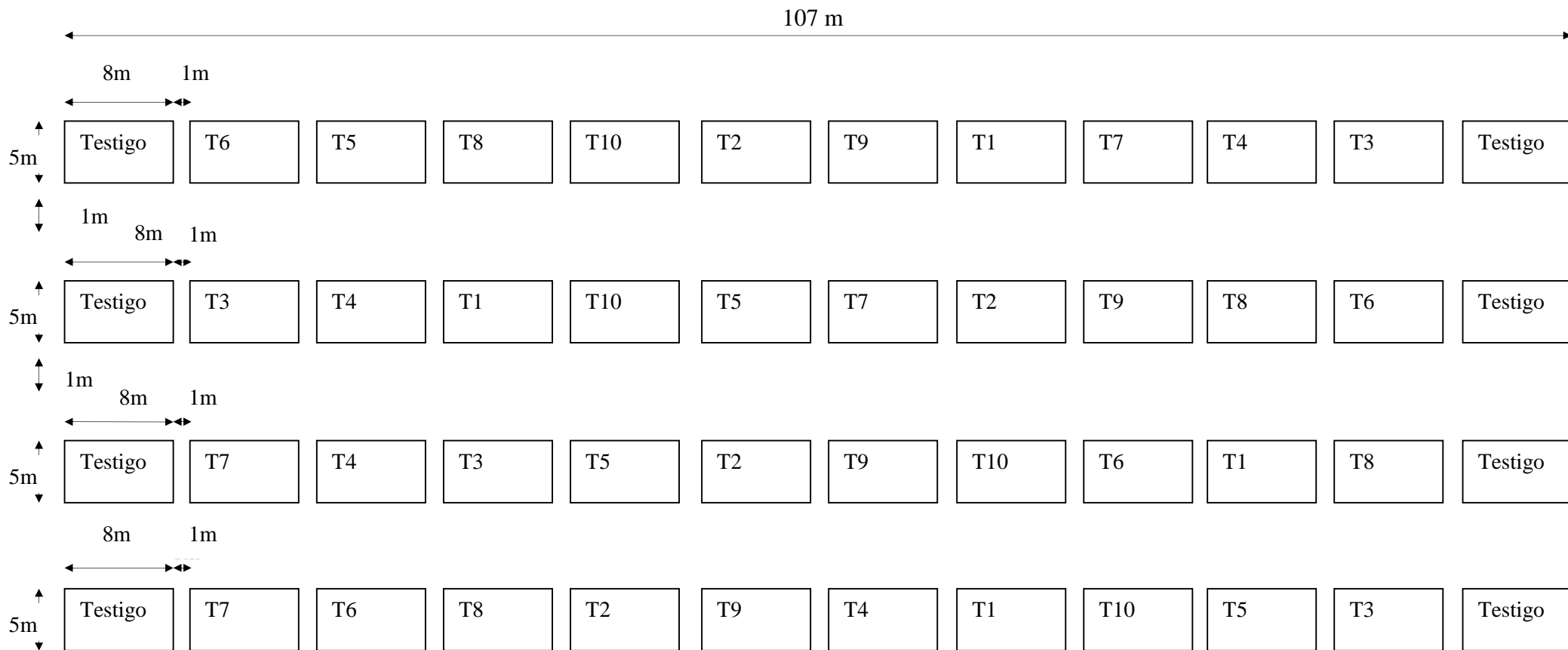
28. <http://www.asociacionht.es/abonos-verdes.html> (consultado febrero 2010)

29. <http://www.ideaa.es/wp/archives/342> (consultado junio 2010).

30. http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/.../11_evaluacion_especies.pdf (consultado junio 2010)
31. <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR291O59.pdf> (consultado junio 2010),
32. <http://www.equi.block.com>- Nutrición y salud del caballo, mayo 20 de 2010.
33. http://www.agrobit.com/Info.../AG_000004sg.htm (consultado junio 2010)
34. <http://www.docstoc.com/.../Cultivos-de-Cobertura-para-Sistemas-de-Cultivos-perennes->

ANEXOS:

Anexo 01. Distribución de los tratamientos a nivel de campo



Anexo 02. Datos registrados para el porcentaje de Germinación de *Avena sativa* a los 15dds.

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REPETICIONES								SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
T1	A1	87,49	88,58	88,69	89,34	86,16	82,45	81,73	83,43	600,39	75,05
T2	A2	64,39	64,06	64,42	64,14	64,41	64,51	64,41	62,70	448,65	56,08
T3	A3	56,52	53,09	58,80	54,63	55,26	55,27	55,80	55,28	388,13	48,52
T4	A4	32,79	32,60	32,62	33,52	30,90	32,33	34,34	33,41	229,72	28,72

Anexo 03. Datos registrados para el porcentaje de Germinación de *Vicia sativa* a los 15dds.

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REPETICIONES								SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
T1	A1	13,51	14,86	13,66	14,55	14,19	16,87	16,22	15,25	119,11	14,89
T2	A2	43,24	40,54	50,68	47,97	49,32	50,94	47,97	49,30	379,97	47,50
T3	A3	52,03	52,56	53,38	52,46	54,15	52,51	54,68	56,25	428,02	53,50
T4	A4	96,53	95,99	96,21	94,09	98,89	96,62	95,44	96,84	770,61	96,33

Anexo 04. Datos registrados para altura de *Avena sativa* a los 30dds. (cm)

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REPETICIONES								SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
T1	A1	38,40	33,30	21,90	27,80	25,00	21,00	26,90	24,30	194,30	24,29
T2	A2	27,60	27,80	22,40	25,30	28,80	26,40	22,90	22,80	181,20	22,65
T3	A3	27,30	25,30	22,50	23,70	26,10	28,80	20,10	25,20	173,80	21,73
T4	A4	25,80	27,70	24,00	25,60	29,90	20,60	31,00	23,70	184,60	23,08

Anexo 05. Datos registrados para altura de *Vicia sativa* a los 30dds. (cm)

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REPETICIONES								SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
T1	A1	13,40	10,60	9,30	9,60	12,20	9,70	8,50	8,90	82,20	10,28
T2	A2	13,10	10,40	9,70	10,70	11,30	11,60	11,30	10,30	88,40	11,05
T3	A3	11,90	10,00	10,70	10,70	13,70	10,20	10,80	11,10	89,10	11,14
T4	A4	13,50	11,60	11,40	10,00	13,70	10,10	9,50	10,60	90,40	11,30

Anexo 06. Datos registrados para altura de *Avena sativa* a los 60dds. (cm)

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REPETICIONES								SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
T1	A1	65,20	88,00	74,40	76,60	76,50	71,70	72,00	67,50	591,90	73,99
T2	A2	61,30	66,70	74,90	76,40	58,60	60,80	73,40	77,00	549,10	68,64
T3	A3	77,30	81,80	68,10	73,70	59,90	84,50	77,90	109,60	632,80	79,10
T4	A4	68,60	59,20	59,80	74,90	84,90	79,40	60,40	66,70	553,90	69,24

Anexo 07. Datos registrados para altura de *Vicia sativa* a los 60dds. (cm)

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REPETICIONES								SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
T1	A1	32,40	37,70	38,40	44,10	48,90	29,00	42,00	39,70	312,20	39,03
T2	A2	36,90	42,80	33,00	37,90	42,10	49,70	41,90	37,40	321,70	40,21
T3	A3	28,30	33,40	28,50	34,00	22,10	37,30	28,60	34,00	246,20	30,78
T4	A4	38,50	27,70	37,00	19,00	37,70	32,50	27,80	33,40	253,60	31,70

Anexo 08. Datos registrados para altura de *Vicia sativa* a los 90dds. (cm)

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REPETICIONES								SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
T1	A1	83,40	74,40	86,20	84,50	90,10	84,10	90,50	85,70	678,90	84,86
T2	A2	90,60	85,90	83,40	77,50	79,90	93,70	91,50	93,40	695,90	86,99
T3	A3	90,40	69,90	70,90	78,60	89,30	67,10	76,90	65,60	608,70	76,09
T4	A4	57,50	43,60	76,50	69,20	66,80	70,40	77,40	75,70	537,10	67,14

Anexo 09. Datos registrados para la producción de biomasa (Tn/ha)

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	11,34	11,80	13,60	18,63	55,37	13,84
T2	A1+B2	16,67	17,90	25,30	16,93	76,80	19,20
T3	A2+B1	17,00	19,97	19,40	17,27	73,63	18,41
T4	A2+B2	18,90	19,40	19,87	23,33	76,60	19,15
T5	A3+B1	27,00	19,77	24,83	19,70	91,30	22,83
T6	A3+B2	26,99	19,37	28,47	25,73	100,56	25,14
T7	A4+B1	35,00	24,20	15,73	26,66	101,59	25,40
T8	A4+B2	29,50	23,67	24,20	29,97	107,34	26,83
T9	A5+B1	24,00	24,83	32,67	39,13	120,63	30,16
T10	A5+B2	30,00	38,43	35,07	38,73	142,24	35,56

Anexo 10. Datos registrados para la producción de materia seca (Tn/ha)

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	3,52	3,66	4,22	5,78	17,16	4,29
T2	A1+B2	4,83	5,19	7,34	4,91	22,27	5,57
T3	A2+B1	4,76	5,59	5,43	4,83	20,62	5,15
T4	A2+B2	5,29	5,43	5,56	6,53	21,45	5,36
T5	A3+B1	7,29	5,34	6,71	5,32	24,65	6,16
T6	A3+B2	7,02	5,04	7,40	6,69	26,14	6,54
T7	A4+B1	8,40	5,81	3,78	6,40	24,38	6,10
T8	A4+B2	6,79	5,44	5,57	6,89	24,69	6,17
T9	A5+B1	6,00	6,21	8,17	9,78	30,16	7,54
T10	A5+B2	7,50	9,61	8,77	9,68	35,56	8,89

Anexo 11. Datos registrados para la concentración de nitrógeno (N) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	2,80	2,38	2,38	2,38	9,94	2,49
T2	A1+B2	2,24	2,24	1,96	2,10	8,54	2,14
T3	A2+B1	2,38	2,24	1,96	2,38	8,96	2,24
T4	A2+B2	1,40	1,68	1,82	1,68	6,58	1,65
T5	A3+B1	1,54	1,54	1,82	1,54	6,44	1,61
T6	A3+B2	1,68	1,96	1,68	1,96	7,28	1,82
T7	A4+B1	1,68	1,54	1,96	1,68	6,86	1,72
T8	A4+B2	1,68	1,82	2,10	1,82	7,42	1,86
T9	A5+B1	1,96	1,68	1,96	1,68	7,28	1,82
T10	A5+B2	1,82	1,54	1,54	1,68	6,58	1,65

Anexo 12. Datos registrados para la concentración de fósforo (P) en porcentaje presente en el abono verde según los tratamientos

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	0,13	0,13	0,12	0,13	0,51	0,13
T2	A1+B2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,80	0,20
T3	A2+B1	0,14	0,12	0,14	0,15	0,55	0,14
T4	A2+B2	0,16	0,16	0,16	0,16	0,64	0,16
T5	A3+B1	0,12	0,13	0,13	0,13	0,51	0,13
T6	A3+B2	0,12	0,12	0,12	0,12	0,48	0,12
T7	A4+B1	0,16	0,16	0,16	0,16	0,64	0,16
T8	A4+B2	0,11	0,12	0,12	0,12	0,47	0,12
T9	A5+B1	0,25	0,24	0,25	0,25	0,99	0,25
T10	A5+B2	0,17	0,18	0,18	0,18	0,71	0,18

Anexo 13. Datos registrados para el porcentaje de materia orgánica 30 días después de incorporado el abono verde

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	2,67	2,62	2,44	2,53	10,26	2,57
T2	A1+B2	2,76	2,82	2,75	2,58	10,91	2,73
T3	A2+B1	2,71	3,55	2,97	2,88	12,11	3,03
T4	A2+B2	3,33	3,24	3,01	2,99	12,57	3,14
T5	A3+B1	2,62	4,11	3,61	3,51	13,85	3,46
T6	A3+B2	3,12	4,15	3,82	3,97	14,73	3,68
T7	A4+B1	3,41	3,27	3,00	3,01	12,69	3,17
T8	A4+B2	2,65	2,86	2,74	2,83	11,08	2,77
T9	A5+B1	2,53	3,63	3,24	3,12	12,52	3,13
T10	A5+B2	2,58	3,40	3,10	3,00	12,08	3,02

Anexo 14. Datos registrados para el contenido de nitrógeno (N) expresado en kg/ha en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	32,18	56,38	34,89	37,05	123,45	30,86
T2	A1+B2	41,33	44,82	45,92	53,08	132,06	33,02
T3	A2+B1	47,55	50,32	67,41	34,89	165,28	41,32
T4	A2+B2	49,75	47,55	47,55	86,74	144,85	36,21
T5	A3+B1	50,63	59,15	37,62	42,05	147,40	36,85
T6	A3+B2	32,12	40,38	42,05	42,58	114,56	28,64
T7	A4+B1	40,86	50,32	43,15	45,92	134,32	33,58
T8	A4+B2	31,46	44,82	42,58	34,32	118,86	29,72
T9	A5+B1	32,34	52,52	92,24	34,32	177,10	44,27
T10	A5+B2	36,52	47,02	47,02	43,68	130,55	32,64

Anexo 15. Datos registrados para el contenido de fósforo (P) expresado en kg/ha en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	58,81	30,40	30,40	24,06	143,66	35,92
T2	A1+B2	44,09	54,24	35,73	33,43	167,49	41,87
T3	A2+B1	29,39	39,03	43,84	35,46	147,71	36,93
T4	A2+B2	43,84	33,95	30,40	33,70	141,88	35,47
T5	A3+B1	35,73	45,87	29,12	44,09	154,80	38,70
T6	A3+B2	38,58	29,63	35,21	29,39	132,81	33,20
T7	A4+B1	33,43	33,43	34,96	33,70	135,52	33,88
T8	A4+B2	29,39	40,54	39,52	24,31	133,76	33,44
T9	A5+B1	39,03	38,76	34,96	39,03	151,77	37,94
T10	A5+B2	54,49	40,04	29,80	29,12	153,45	38,36

Anexo 16. Datos registrados para el contenido de potasio (K) expresado en kg/ha en el suelo 30 días después de incorporado el abono verde

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	235,98	222,87	235,98	249,09	943,91	235,98
T2	A1+B2	498,17	353,97	458,84	419,52	1730,50	432,63
T3	A2+B1	288,42	340,86	367,08	432,63	1428,97	357,24
T4	A2+B2	314,64	367,08	340,86	406,41	1428,97	357,24
T5	A3+B1	275,31	288,42	301,53	340,86	1206,11	301,53
T6	A3+B2	222,87	275,31	249,09	301,53	1048,79	262,20
T7	A4+B1	471,95	380,19	458,84	432,63	1743,61	435,90
T8	A4+B2	367,08	471,95	419,52	458,84	1717,39	429,35
T9	A5+B1	406,41	471,95	367,08	419,52	1664,95	416,24
T10	A5+B2	153,96	157,32	170,43	157,32	639,02	159,76

Anexo 17. Datos registrados para la cantidad de nitrógeno (N) en kg/ha aportado por el abono verde

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	98,56	87,11	100,44	137,56	423,67	105,92
T2	A1+B2	108,19	116,26	143,86	103,11	471,42	117,86
T3	A2+B1	113,29	125,22	106,43	114,95	459,89	114,97
T4	A2+B2	74,06	91,22	101,19	109,70	376,18	94,05
T5	A3+B1	112,27	82,24	122,12	81,93	398,55	99,64
T6	A3+B2	117,94	98,78	124,32	131,12	472,16	118,04
T7	A4+B1	141,12	89,47	74,09	107,52	412,20	103,05
T8	A4+B2	114,07	99,01	116,97	125,40	455,45	113,86
T9	A5+B1	117,60	104,33	159,09	164,30	545,33	136,33
T10	A5+B2	136,50	147,99	135,06	162,62	582,18	145,54

Anexo 18. Datos registrados para la cantidad de fósforo (P) en kg/ha aportado por el abono verde.

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	4,58	4,76	5,06	7,51	21,91	5,48
T2	A1+B2	9,66	10,38	14,68	9,82	44,54	11,14
T3	A2+B1	6,66	6,71	7,60	7,25	28,22	7,05
T4	A2+B2	8,46	8,69	8,90	10,45	36,50	9,12
T5	A3+B1	8,75	6,94	8,72	6,92	31,33	7,83
T6	A3+B2	8,42	6,05	8,88	8,03	31,38	7,85
T7	A4+B1	13,44	9,30	6,05	10,24	39,02	9,76
T8	A4+B2	7,47	6,53	6,68	8,27	28,95	7,24
T9	A5+B1	15,00	14,90	20,29	24,45	74,65	18,66
T10	A5+B2	12,75	17,30	15,79	17,42	63,26	15,81

Anexo 19. Datos registrados para la cantidad de potasio (K) en kg/ha aportado por el abono verde.

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1	A1+B1	34,85	19,40	25,32	28,90	108,47	27,12
T2	A1+B2	30,43	27,51	42,57	33,39	133,90	33,47
T3	A2+B1	34,75	40,81	34,21	32,84	142,61	35,65
T4	A2+B2	38,62	32,58	37,81	41,14	150,14	37,54
T5	A3+B1	56,86	36,31	50,33	34,58	178,08	44,52
T6	A3+B2	38,61	34,27	46,62	33,45	152,95	38,24
T7	A4+B1	65,52	40,67	24,57	44,80	175,56	43,89
T8	A4+B2	37,35	34,27	37,88	43,41	152,90	38,23
T9	A5+B1	39,00	36,02	43,02	56,72	174,76	43,69
T10	A5+B2	43,50	62,47	48,24	62,92	217,12	54,28

Anexo 20. Datos registrados para análisis económico (\$)

Tratamientos	Costos				Total
	Tractor	Mano de Obra	Semilla	Fertilización	
T1	343,75	3125	24,38	625	4118,13
T2	343,75	3125	24,38	625	4118,13
T3	343,75	3125	26,25	625	4120,00
T4	343,75	3125	26,25	625	4120,00
T5	343,75	3125	28,75	625	4122,50
T6	343,75	3125	28,75	625	4122,50
T7	343,75	3125	30,63	625	4124,38
T8	343,75	3125	30,63	625	4124,38
T9	343,75	3125	32,5	625	4126,25
T10	343,75	3125	32,5	625	4126,25

Anexo 21. Resultados de análisis de suelo roturado

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES DEPARTAMENTO DE SUELOS

Propietario: MARÍA LORENA ROMERO **Fecha de ingreso:** 27/10/2008
Remitente: MARÍA LORENA ROMERO **Fecha de salida:** 15/11/2008

Localización: PUCARÁ ALTO AIRÓN CHAMBO CHIMBORAZO
Nombre de la granja Parroquia Cantón Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE SUELOS

No.	Ident.	pH	C.E (mmhos/cm)	M.O (%)	ppm		meq/100g
					NH4	P2O5	K2O
271	suelo roturado	7.9		1,7	11.01	12,98	0,12

Ing. Mario Onate A.
DIRECTOR DTO. SUELOS

Egdo. Wilson Andino
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 22. Resultados de análisis de suelo 30 días después de incorporado el abono verde

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE RECURSOS NATURALES DEPARTAMENTO DE SUELOS

Propietario: MARÍA LORENA ROMERO
Remitente: MARÍA LORENA ROMERO

Fecha de ingreso: 01/03/2009
Fecha de salida: 01/07/2009

Localización
PUCARÁ ALTO
Nombre de la granja

MATRIZ
Parroquia

CHAMBO
Cantón

CHIMBORAZO
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE SUELOS

No.	Ident.	pH	C.E (mmhos/cm)	M.O (%)	NH4 (ppm)	P2O5 (ppm)	K2O (meq/100g)
R1T1	Suelo	7,6 L. Al	< 0,2	2,67B	8,24B	33,0A	0,18B
R1T2	Suelo	7,96 L. Al	< 0,2	1,85B	5,13B	24,74M	0,38M
R1T3	Suelo	7,52 L. Al	< 0,2	2,71B	5,13B	16,49M	0,22M
R1T4	Suelo	7,44 N	< 0,2	3,33M	5,83B	24,6M	0,24M
R1T5	Suelo	7,98 L. Al	< 0,2	2,62B	6,0B	20,05M	0,21M
R1T6	Suelo	7,85 L. Al	< 0,2	2,79B	10,22B	21,65M	0,17B
R1T7	Suelo	7,41 N	< 0,2	3,41M	3,72B	18,76M	0,36M
R1T8	Suelo	7,49 N	< 0,2	2,65B	6,0B	16,49M	0,28M
R1T9	Suelo	7,64 L. Al	< 0,2	2,53B	8,29B	21,90M	0,31M
R1T10	Suelo	7,17 N	< 0,2	2,29B	11,62B	30,58A	0,06B
R2T1	Suelo	7,45 N	< 0,2	2,62B	17,94B	17,06M	0,17B
R2T2	Suelo	7,98 L. Al	< 0,2	2,82B	14,26B	30,44A	0,27M
R2T3	Suelo	7,91 L. Al	< 0,2	3,55M	16,01B	21,90M	0,26M
R2T4	Suelo	7,78 L. Al	< 0,2	3,24M	15,13B	19,05M	0,28M
R2T5	Suelo	7,81 L. Al	< 0,2	4,11M	18,82B	25,74M	0,22M
R2T6	Suelo	7,24 N	< 0,2	4,15M	12,85B	16,63M	0,21M
R2T7	Suelo	7,88 L. Al	< 0,2	3,27M	16,01B	18,76M	0,29M
R2T8	Suelo	7,64 L. Al	< 0,2	2,86B	14,26B	22,75M	0,36M
R2T9	Suelo	7,92 L. Al	< 0,2	3,63M	16,71B	21,75M	0,36M
R2T10	Suelo	7,72 L. Al	< 0,2	3,40M	14,96B	22,47M	0,12B
R3T1	Suelo	7,57 L. Al	< 0,2	2,10B	11,10B	17,06M	0,18B
R3T2	Suelo	7,95 L. Al	< 0,2	2,75B	14,61B	20,05M	0,35M
R3T3	Suelo	7,3 N	< 0,2	2,97B	21,45M	24,60M	0,28M
R3T4	Suelo	7,37 N	< 0,2	3,01M	15,13	17,06M	0,26M
R3T5	Suelo	7,53 L. Al	< 0,2	3,61M	11,97B	16,34M	0,23M
R3T6	Suelo	7,33 N	< 0,2	3,82M	13,38B	19,76M	0,19B
R3T7	Suelo	7,84 L. Al	< 0,2	3,00M	13,73B	19,62M	0,35M
R3T8	Suelo	7,78 L. Al	< 0,2	2,74B	13,55B	22,18M	0,32M
R3T9	Suelo	7,27 N	< 0,2	3,24M	29,35M	19,62M	0,28M
R3T10	Suelo	7,2 N	< 0,2	3,10M	14,96B	16,72M	0,13B
R4T1	Suelo	7,4 N	< 0,2	1,91B	11,79B	13,50B	0,19B
R4T2	Suelo	7,8 L. Al	< 0,2	2,58B	16,89B	18,76M	0,32M
R4T3	Suelo	7,48 N	< 0,2	2,88B	11,10B	19,90M	0,33M
R4T4	Suelo	7,49 N	< 0,2	2,99B	27,60M	18,91M	0,31M
R4T5	Suelo	7,48 N	< 0,2	3,51M	13,38B	24,74M	0,26M
R4T6	Suelo	7,28 N	< 0,2	3,97M	13,55B	16,49M	0,23M
R4T7	Suelo	7,39 N	< 0,2	3,01M	14,61B	18,91M	0,33M
R4T8	Suelo	7,78 L. Al	< 0,2	2,83B	10,92B	13,64B	0,35M
R4T9	Suelo	7,25 N	< 0,2	3,12M	10,92B	21,90M	0,32M
R4T10	Suelo	7,19 N	< 0,2	3,0M	13,90B	16,34M	0,12B

Ing. Mario Onate A.
DIRECTOR DTO. SUELOS

Egdo. Wilson Andino
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 23. Resultados de análisis foliares

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE RECURSOS NATURALES DEPARTAMENTO DE SUELOS

Propietario: MARÍA LORENA ROMERO Fecha de ingreso: 01/03/2009
Remitente: MARÍA LORENA ROMERO Fecha de salida: 01/08/2009

Localización

PUCARÁ ALTO Matriz Chambo Chimborazo
Nombre de la granja Parroquia Cantón Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANALISIS FOLIAR

No.	Ident.	%		
		N	P	K
R1T1	Foliar	2,8B	0,13B	1,05A
R1T2	Foliar	2,24B	0,20B	0,63M
R1T3	Foliar	2,38B	0,14B	0,73M
R1T4	Foliar	1,40B	0,16B	0,73M
R1T5	Foliar	1,54B	0,12B	0,78M
R1T6	Foliar	1,68B	0,12B	0,55M
R1T7	Foliar	1,68B	0,16B	0,78M
R1T8	Foliar	1,68B	0,11B	0,55M
R1T9	Foliar	1,96B	0,25B	0,65M
R1T10	Foliar	1,82B	0,17B	0,58M
R2T1	Foliar	2,38B	0,13B	0,53M
R2T2	Foliar	2,24B	0,20B	0,53M
R2T3	Foliar	2,24B	0,12B	0,73M
R2T4	Foliar	1,68B	0,16B	0,60M
R2T5	Foliar	1,54B	0,13B	0,68M
R2T6	Foliar	1,96B	0,12B	0,68M
R2T7	Foliar	1,54B	0,16B	0,70M
R2T8	Foliar	1,82B	0,12B	0,63M
R2T9	Foliar	1,68B	0,24B	0,58M
R2T10	Foliar	1,54B	0,18B	0,65M
R3T1	Foliar	2,38B	0,12B	0,60M
R3T2	Foliar	1,96B	0,20B	0,58M
R3T3	Foliar	1,96B	0,14B	0,63M
R3T4	Foliar	1,82B	0,16B	0,68M
R3T5	Foliar	1,82B	0,13B	0,75M
R3T6	Foliar	1,68B	0,12B	0,63M
R3T7	Foliar	1,96B	0,16B	0,65M
R3T8	Foliar	2,10B	0,12B	0,68M
R3T9	Foliar	1,96B	0,25B	0,53M
R3T10	Foliar	1,54B	0,18B	0,55M
R4T1	Foliar	2,38B	0,13B	0,50M
R4T2	Foliar	2,10B	0,20B	0,68M
R4T3	Foliar	2,38B	0,15B	0,68M
R4T4	Foliar	1,68B	0,16B	0,63M
R4T5	Foliar	1,54B	0,13B	0,65M
R4T6	Foliar	1,96B	0,12B	0,50M
R4T7	Foliar	1,68B	0,16B	0,70M
R4T8	Foliar	1,82B	0,12B	0,63M
R4T9	Foliar	1,68B	0,25B	0,58M
R4T10	Foliar	1,68B	0,18B	0,65M

Ing. Mario Onate A.
DIRECTOR DTO. SUELOS

Egdo. Wilson Andino
TECNICO DE LABORATORIO