

EFFECTO DE LA APLICACION DE RESIDUOS SOLIDOS DE ALTO IMPACTO EN LA ACTIVIDAD BIOLOGICA DE SUELOS DE USO FORESTAL

Gonzalo Santander H.¹, Gilda V. Borie B.¹, Iván Grez², S. María Aguilera S.¹
¹Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, ²Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Olivos 1007. Casilla 233 Santiago .Chile.
e-mail: gborie@ciq.uchile.cl

RESUMEN

La determinación de la actividad biológica es un mecanismo útil para establecer un seguimiento de la calidad del suelo y ver los posibles efectos de la manipulación de este. Se ha demostrado que la intervención del suelo afecta a los microorganismos presentes lo que conlleva una variación de la bioactividad. Los últimos estudios utilizan la actividad enzimática y determinación de biomasa como principales indicadores de la actividad biológica debido a la correlación existente con la materia orgánica presente. Investigadores de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas y de la Facultad de Ciencias Forestales de la U. de Chile han comenzado a estudiar el efecto de los residuos sólidos de alto impacto (lodo y lodo compostado con aserrín) en suelos de uso forestal (Proyecto FONDEF D0111034) utilizando la actividad biológica como principal indicador de calidad de suelo con el fin de determinar la viabilidad de utilizar los residuos en este y el efecto que estos producirían en el entorno. En este trabajo se presentan evaluaciones de la línea base de los parámetros biológicos, actividad dehidrogenasa (DH), carbono biomásico (C-biomásico), en suelos forestales de 3 regiones: V, VI y VII. En primer lugar, se analizaron los parámetros biológicos en mezclas representativas de suelo, las que se incubaron por 30 días con dosis de lodos equivalentes a lo que es la aplicación en los predios forestales (400 ppm de N). Así se determinó el efecto de residuos en el corto plazo. Además, se evaluó el efecto de residuos, comparando la línea base con un año de aplicación, en la actividad DH en los suelos estudiados. Al observar los resultados de la aplicación de lodo a los suelos se puede concluir que este tiene un efecto sobre el suelo, el cual en ningún caso es perjudicial, ya que aumenta la actividad DH de manera variable. Con respecto a las aplicaciones en terreno los resultados son menos concluyentes que en las incubaciones en laboratorio, de todas maneras en ningún caso se produjo una pérdida de actividad biológica en comparación con los testigos, además hay que tomar en cuenta lo diferente que puede resultar un suelo de una parcela con respecto a otras en ubicaciones alejadas del mismo predio.

INTRODUCCION

El suelo es un sistema complejo, en el cual la materia orgánica juega un rol importante en el ecosistema por ser determinante en la productividad y calidad del sistema edáfico. Dentro de la materia orgánica, la fracción biótica es fundamental, la cual está constituida por los microorganismos (biomasa) que son responsables de las reacciones bioquímicas que permiten la obtención de C, N, P y N libre, fuente de energía y nutrientes indispensables para el desarrollo de la vida.

La determinación de la actividad biológica es un mecanismo útil para establecer un seguimiento de la calidad del suelo y ver los posibles efectos de la manipulación de este (Aguilera et al., 1998; García y Hernández, 2000; Zagal et al., 2002). Se ha demostrado que la intervención del suelo afecta a los microorganismos presentes en este lo que conlleva una variación de la actividad biológica (Aguilera et al., 1998; García y Hernández, 2000; Zagal et al., 2002), por lo que manejar las técnicas para determinar estos parámetros, especialmente biomasa y actividad enzimática, son de gran utilidad en el análisis del suelo.

Los últimos estudios utilizan la actividad enzimática y determinación de biomasa como principales indicadores de la actividad biológica debido a la correlación existente entre ellas y la materia orgánica viva presente, por lo tanto estos parámetros pueden ser utilizados como indicadores de la calidad del suelo (Peirano et al., 1987; Aguilera et al, 1988; Peirano et al, 1992; Dalal, 1998; García y Hernández, 2000).

La aplicación de biosólidos, llamados así los residuos sólidos de plantas de tratamiento de aguas, son de gran utilidad tanto en terrenos agrícolas como forestales. El principal aporte de estos residuos es su contenido de macro y micro nutrientes esenciales, lo que los convierte en un buen fertilizante además de mejorar la calidad de la materia orgánica debido al aporte que entrega a la estructura y estabilidad del suelo, de este modo ayuda a recuperarlos del uso intensivo dado por el hombre. Su uso es una práctica que se lleva a cabo en países desarrollados bajo estrictas normas ambientales que incluyen: control de nutrientes y patógenos, niveles de metales pesados, contenido de nitrógeno, entre otros (García y Hernández, 2000).

En Chile, desde hace unos años el grupo de Química y Bioquímica de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas junto a Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile han comenzado a estudiar el efecto de los residuos sólidos de alto impacto (lodo y lodo compostado con aserrín) en suelos de uso forestal utilizando la actividad biológica como principal indicador de calidad de suelo con el fin de determinar la viabilidad de utilizar los residuos en este y el efecto que estos producirían en el entorno.

Para ese fin se diseñaron varias experiencias de evaluación de actividad biológica en suelos forestales y suelos adicionados de residuos.

En este trabajo se presentan 3 experiencias de Análisis de Actividad Biológica en los suelos.

- Medición en suelos representativos de los predios en estudio.
- Determinación de actividad en suelos incubados en laboratorio con residuos en dosis equivalente a 400ppm de N.
- Determinación de actividad en la línea base de los suelos y la evaluación luego de un año de la aplicación de residuos en las parcelas forestales.

MATERIALES Y METODOS

1ª etapa. Análisis en mezclas

Los suelos analizados corresponden a 3 predios ubicados en la V, VI y VII regiones.

Cada predio está dividido en parcelas de la siguiente forma:

V región: 9 parcelas, VI región: 24 parcelas, VII región: 24 parcelas

A partir de estas parcelas se decidió hacer las siguientes mezclas:

V región: 1 mezcla con las 9 parcelas (M7)

VI región: 3 mezclas {M1(parcelas 1-8), M2(p 9-16), M3(p 17-24)}

VII región: 3 mezclas {M4(parcelas 1-8), M5(p 9-16), M6(p 17-24)}

2ª etapa. Aplicación de Lodo Sanitario en laboratorio.

Como una segunda parte de la unidad de investigación se introdujeron nuevas variables a las mezclas que hasta el momento se mantenían inalterables.

La principal modificación será la aplicación de lodo sanitario y la estandarización al 60% de la C.R.A.

Metodología

-Para este experimento se utilizaron las mezclas M2, M4, M5, M6 y M7.

-Lodos de plantas de tratamiento de la V, VI y VII regiones, esterilizados en el laboratorio.

-A 500g de mezcla se agregan 5g de lodo de la respectiva región y el agua al 60% CRA

3ª etapa. Efectos en terreno

Los suelos a estudiar corresponden a predios forestales ubicados en tres regiones del país:

VII región, Forestal Bosques Chile predio San Pedro: Rodal adulto y Rodal juvenil

VI región, CONAF predio Tanumé: Rodal adulto y Rodal juvenil.

V región, predio Jaururo: Rodal adulto

Los lodos y lodos compostados provienen de plantas de tratamientos de aguas servidas ubicadas en: Curicó VII región, sanitaria ESSBIO., Rancagua VI región, sanitaria ESSEL. y Ligua V región, sanitaria ESVAL.

Las actividades biológicas se determinarán como:

1. Actividad de dehidrogenasas según metodología propuesta por Aguilera et al., (1988).
2. Actividad respiratoria por medio del equipo automático Bio-Oximax.
3. Carbono biomásico por el método de fumigación e incubación de Jenkinson y Powlson (Jenkinson y Powlson, 1976; Borie et al., 1992).

RESULTADOS Y DISCUSION

Como resultado de los análisis realizados en las mezclas mencionadas en materiales y métodos en la 1ª etapa se obtuvieron los siguientes resultados de actividad biológica.

Tabla 1. Análisis de Mezclas de Suelo.

VII región	humedad %	W.H.C. (g H ₂ O/100g ss)	D.H. (ppm ss)	C %	C biomásico (mg)
M1(1-8)	15,9	63,4(+/-3,3)	830(+/-16)	4,57	13,9
M2(9-16)	14,44	62,9(+/-2,45)	705(+/-44)	4,11	7,9
M3(17-24)	17,79	60,6(+/-0,97)	996(+/-74)	3,72	9,74(+/-0,04)
VI región					
M4(1-8)	7,77	43,7(+/-1,66)	205(+/-1)	1,55	9,7(+/-0,3)
M5(9-16)	7,65	42,3(+/-1,51)	66(+/-2)	1,85	10,47(+/-0,05)
M6(17-24)	10,94	53,7(+/-1,89)	491(+/-48)	2,56	9,07(+/-0,51)
V región					
M7(1-9)	2,74	34,5(+/-2,34)	84(+/-4)	1,3	3,3(+/-1,14)

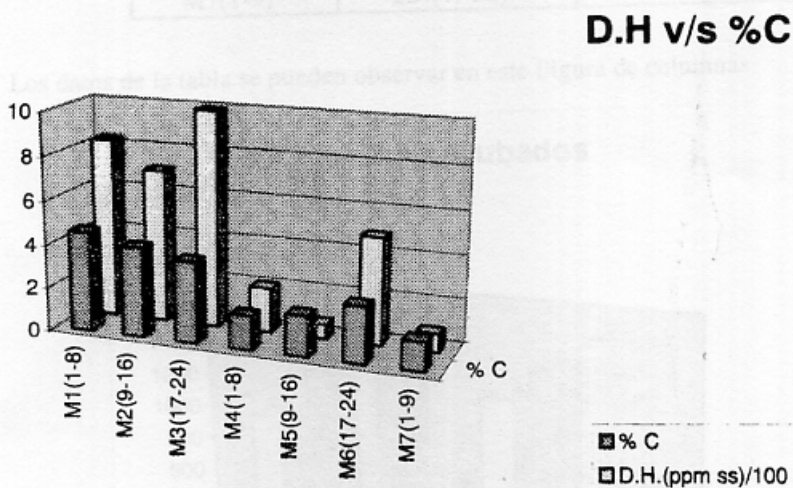


Figura 1. Actividad de hidrogenasa y % carbono en suelos incubados con lodos.

Resultados 2ª etapa. Incubación de suelo con lodo sanitario en laboratorio.

A los 30 días de comenzada la incubación se determinó dehidrogenasa dando los siguientes resultados.

Tabla 2. Dehidrogenasas Incubadas

	Día1	Día 30
VII región	D.H control	D.H incubado
M2(9-16)	931(+/-110)	1147(+/-21)
VI región		
M4(1-8)	216(+/-30)	1524(+/-90)
M5(9-16)	280(+/-3)	526(+/-23)
M6(17-24)	1224(+/-182)	1291(+/-37)
V región		
M7(1-9)	224(+/-22)	401(+/-15)

Los datos de la tabla se pueden observar en este Figura de columnas

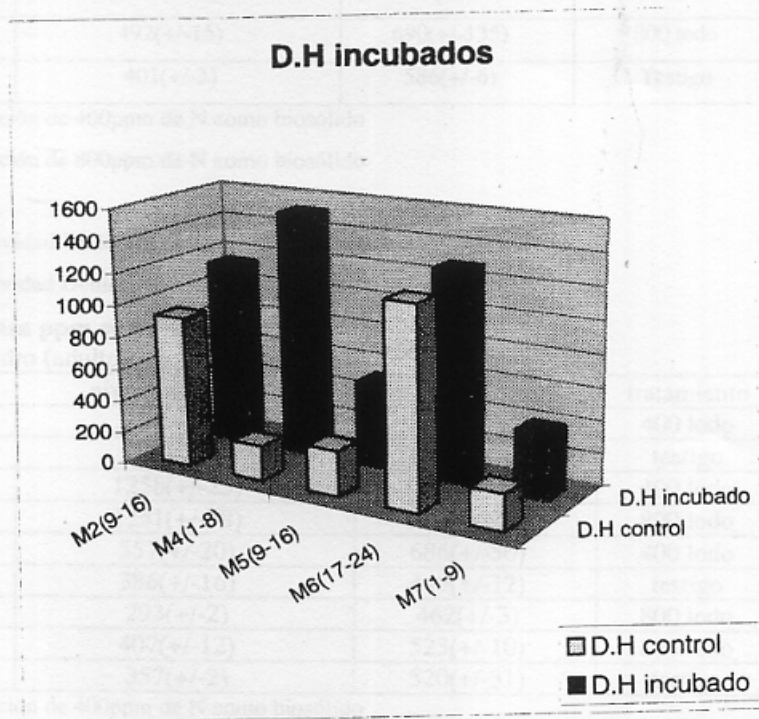


Figura 2. Dehidrogenasa incubados

Tabla 3. Actividad Biológica en Suelo San Pedro (juvenil)

Actividad Dehidrogenasas (μg formazán / g suelo seco)

Dehidrogenasa ppm suelo seco

Suelo San pedro (juvenil)

Parcela	nivel basal año 1	año 2	tratamiento
1	452(+/-57)	527(+/-79)	400 lodo
2	938(+/-65)	995(+/-128)	Testigo
6	581(+/-22)	793(+/-69)	Testigo
7	1042(+/-27)	994(+/-6)	800 lodo
9	1097(+/-50)	671(+/-22)	400 lodo
10	842(+/-57)	772(+/-43)	400 lodo
12	521(+/-6)	385(+/-14)	800 lodo
13	492(+/-15)	690(+/-135)	800 lodo
14	401(+/-3)	586(+/-6)	Testigo

Lodo 400 : adición de 400ppm de N como biosólido

Lodo 800 : adición de 800ppm de N como biosólido

Tabla 4. Actividad Biológica en Suelo San Pedro (adulto)

Actividad Dehidrogenasa (μg formazán / g suelo seco)

Dehidrogenasa ppm suelo seco

Suelo San pedro (adulto)

parcela	nivel basal año 1	año 2	tratamiento
16	528(+/-20)	749(+/-67)	400 lodo
17	551(+/-74)	669(+/-49)	testigo
18	1258(+/-23)	1370(+/-72)	400 lodo
19	1251(+/-78)	1326(+/-28)	800 lodo
20	557(+/-20)	686(+/-50)	400 lodo
21	386(+/-16)	449(+/-12)	testigo
22	293(+/-2)	462(+/-3)	800 lodo
23	407(+/-12)	523(+/-10)	800 lodo
24	357(+/-2)	520(+/-31)	testigo

Lodo 400 : adición de 400ppm de N como biosólido

Lodo 800 : adición de 800ppm de N como biosólido

Tabla 5. Actividad Biológica en Suelo JaururoActividad Dehidrogenasas (μg formazán / g suelo seco)**Dehidrogenasa ppm suelo seco**

Suelo Jaururo (adulto)

parcela	nivel basal año 1	año 2	tratamiento
1	132(+/-5)	11(+/-1)	400 lodo
2	184(+/-5)	220(+/-1)	testigo
3	198(+/-5)	247(+/-6)	800 lodo
4	150(+/-8)	342(+/-18)	400 lodo
5	279(+/-13)	97(+/-29)	400 lodo
6	237(+/-3)	216(+/-11)	testigo
7	95(+/-4)	307(+/-1)	800 lodo
8	201(+/-9)	89(+/-3)	testigo
9	190(+/-2)	462(+/-87)	800 lodo

Lodo 400 : adición de 400ppm de N como biosólido

Lodo 800 : adición de 800ppm de N como biosólido

Tabla 6. Actividad Biológica en Suelo Tanume (juvenil)Actividad Dehidrogenasa (μg formazán / g suelo seco)**Dehidrogenasa ppm suelo seco**

Suelo Tanumé (juvenil)

parcela	nivel basal año 1	año 2	tratamiento
4	18(+/-1)	184(+/-2)	800 lodo
5	49(+/-1)	477(+/-33)	400 lodo
8	242(+/-3)	484(+/-35)	800 lodo
9	154(+/-6)	881(+/-8)	400 lodo
10	118(+/-1)	394(+/-68)	800 lodo
13	273(+/-1)	992(+/-5)	400 lodo

Lodo 400 : adición de 400ppm de N como biosólido

Lodo 800 : adición de 800ppm de N como biosólido

Tabla 7. Actividad Biológica en Suelo Tanume (adulto)Actividad Dehidrogenasa (μg formazán / g suelo seco)**Dehidrogenasa ppm suelo seco**

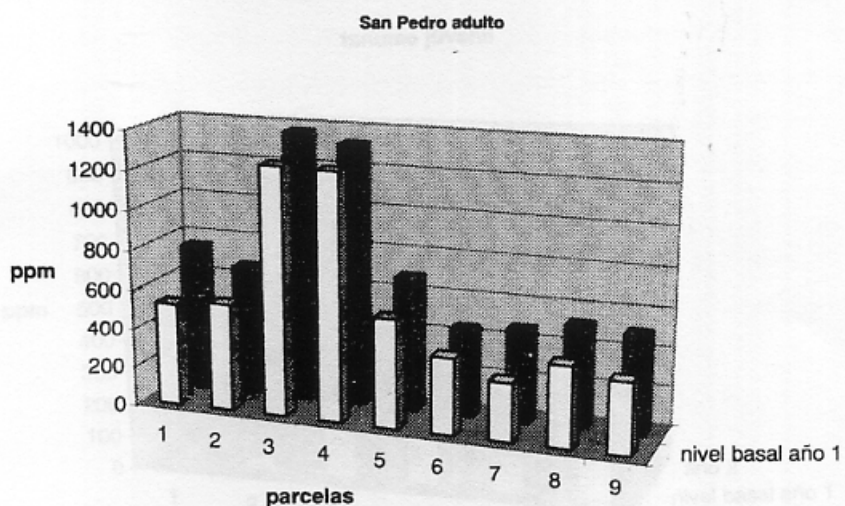
Suelo Tanumé (adulto)

parcela	nivel basal año 1	año 2	Tratamiento
16	287(+/-1)	166(+/-6)	800 lodo
17	568(+/-1)	390(+/-23)	400 lodo
18	415(+/-3)	555(+/-3)	800 lodo
21	568(+/-2)	606(+/-54)	400 lodo
23	486(+/-9)	738(+/-37)	400 lodo
24	775(+/-2)	693(+/-20)	800 lodo

Lodo 400 : adición de 400ppm de N como biosólido

Lodo 800 : adición de 800ppm de N como biosólido

Los resultados presentados en las tablas se pueden visualizar de manera gráfica.

**Figura 3.** Actividad Dehidrogenasa San Pedro (adulto)

jaururo adulto

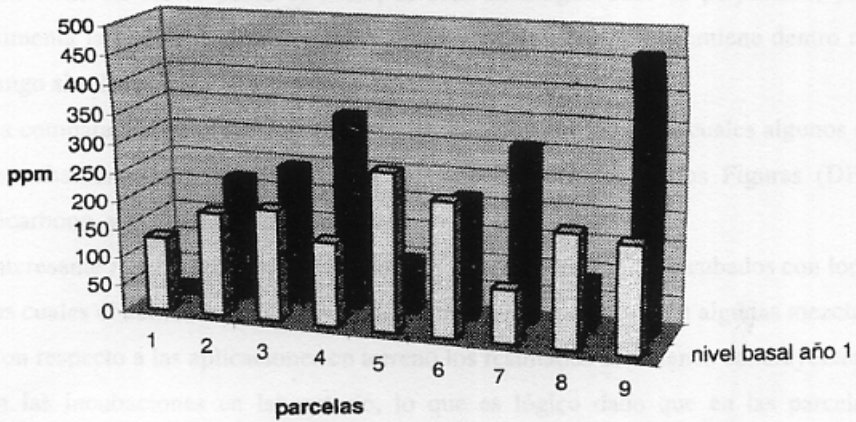


Figura 4. Actividad Dehidrogenasa Jaururo (adulto)

tanume juvenil

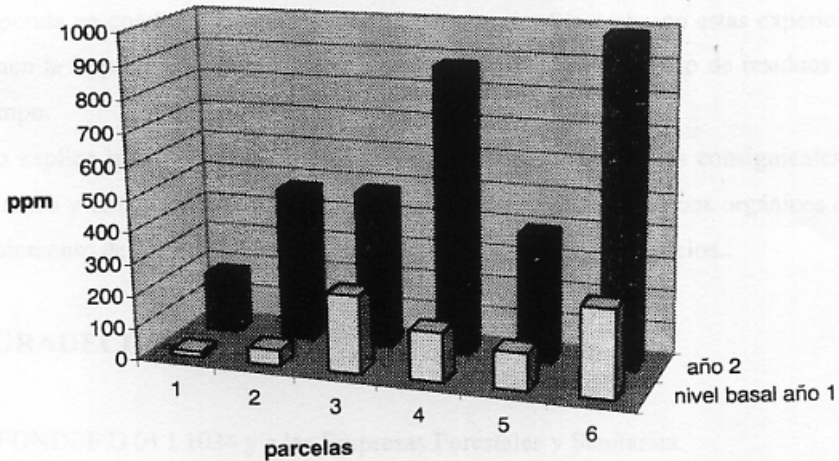


Figura 5. Actividad Dehidrogenasa Tanumé (juvenil)

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Al observar los resultados de la aplicación de lodo a los suelos se puede concluir que este tiene un efecto sobre el suelo, el cual en ningún caso es perjudicial, ya que aumenta la actividad de hidrogenasa de manera variable o se mantiene dentro de un rango similar al basal.

La comparación es posible de hacer entre varios parámetros, los cuales algunos están estrechamente relacionados lo que se pudo observar en varias Figuras (DH v/s %carbono y DH v/s C-biomásico).

Interesante resulta notar los resultados obtenidos de los suelos incubados con lodo en los cuales el aumento de la actividad de hidrogenasa es notorio en algunas mezclas.

Con respecto a las aplicaciones en terreno los resultados son menos concluyentes que en las incubaciones en laboratorio, lo que es lógico dado que en las parcelas la aplicación de residuos es en superficie a diferencia de las mezclas de laboratorio. De todas maneras la tendencia es positiva o estable y en ningún caso se produjo una pérdida considerable de actividad biológica en comparación con el año anterior.

Además, hay que tomar en cuenta lo diferente que puede resultar un suelo de un predio forestal en sus propias condiciones edafoclimáticas y lo que el mismo suelo responda en condiciones controladas en laboratorio. Sin embargo estas experiencias tienen la importancia de medir las proyecciones que tendrá el uso de residuos en el tiempo.

Eso explica la importancia de estudiar distintas regiones con sus consiguientes tipos de suelo y clima y de este modo clarificar el aporte de los residuos orgánicos como suplemento de materia orgánica y nutrientes en su reciclaje en suelos..

AGRADECIMIENTOS

A FONDEF D 01 I 1034 y a las Empresas Forestales y Sanitarias.

REFERENCIAS

- Aguilera S.M., Borie G., Rouanet J.L. y Peirano P. **1998**. Evaluación del carbono orgánico y bioactividad en un andisol sometido a distintos manejos agronómicos. *Agricultura Técnica*, **58**:32-46.
- Zagal E., Rodríguez N., Vidal I. Y Quezada L. **2002** Actividad microbiana en un suelo volcánico bajo distinto manejo agronómico. *Agricultura Técnica*. **62**:297-309.
- García C. y Hernández M. T. **2000**. Investigación y Perspectivas de la enzimología de Suelos en España. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología aplicada del Segura (CSIC). pp 301-316.
- Dalal, R.C. **1998**. Soil microbial biomass- what do the numbers really means?. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **38**:649-665.
- Aguilera S.M., Borie G., Rokov P. y Peirano P. **1988**. Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas VII Determinación de dehidrogenasas. *Agricultura Técnica*. **48**:147-159.
- Peirano P., Aguilera S.M., Borie G. y Caiozzi M. **1992**. Actividad biológica en suelos volcánicos y su relación con la dinámica de la materia orgánica. *Agricultura Técnica*. **52**:367-371.
- Peirano P., Borie G. y Aguilera S.M. **1987**. Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas V Determinación de polifenoloxidasas. *Agricultura Técnica*. **47**:235-239.
- Jenkinson D.S. y Powlson D.S. **1976**. The effects of biocidal treatments metabolism in soil I Fumigation with chloroform. *Soil Biol. Biochem.* **8**:166-167.
- Borie G., Peirano A., Aguilera S.M. y Peirano P. **1992**. Biomasa de suelos derivados de cenizas volcánicas. Determinación del factor biomásico. *Agricultura Técnica*. **52**:372-375.