

**Efecto de bioabono sobre el área fotosintéticamente activa,  
producción de cladodios y eficiencia de recuperación  
de N en un cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.)  
en el primer año post-plantación**

**Effect of Biofertilizer Over Photosynthetically Active Area,  
Cladode Production, and Nitrogen Recovery Efficiency  
in a Cactus-Pear Crop (*Opuntia ficus-indica* L.)  
on the First Year After Plantation**

Víctor García de Cortázar, María Teresa Varnero, and Mauricio Espinosa  
Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas  
Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile

e-mail: [vgarcia@uchile.cl](mailto:vgarcia@uchile.cl)

Received September 2000

**RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue de evaluar la respuesta del cultivo de tuna a 5 dosis de bioabono obtenido de la fermentación anaeróbica de una mezcla homogénea de guano y cladodios picados de tuna provenientes de desecho de poda. El ensayo se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile en la temporada 1995-1996. Se plantaron cladodios uniformes de 1-2 años de edad en otoño de 1995 y los tratamientos de biofertilización se aplicaron en la primavera de 1995. El diseño fue de bloques al azar con 5 tratamientos (aplicaciones de 0, 15, 30, 45 y 60  $\text{ton}_{\text{bioabono}} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) con 5 repeticiones. Se evaluó el número de cladodios por planta, área fotosintéticamente activa ( $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}_{\text{suelo}}$ ), producción de biomasa ( $\text{tonMS} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) y eficiencia de recuperación de nitrógeno ( $\text{kg N}_{\text{absorbido}} / \text{kg N}_{\text{aplicado}} \times 100$ ). A pesar de no obtener diferencias significativas para los parámetros evaluados, se observó un incremento de 13% en el número de cladodios por planta y de 30% en el área fotosintéticamente activa al comparar los tratamientos con bioabono respecto del testigo sin bioabono. En términos de materia seca no hubo diferencias. La baja respuesta obtenida se explica por la inmovilización transitoria del nitrógeno aplicado, en conjunto con lo tardío de la fecha de aplicación del bioabono. Sin embargo, se observaron fuertes incrementos (50% a 100% con respecto al testigo) en la cantidad de nitrógeno absorbido por los tratamientos de 45 y 60  $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ , junto con eficiencias de recuperación de nitrógeno del 43%.

**Palabras clave:** Fertilizante orgánico, Plantas CAM, Nitrógeno, Crecimiento

**ABSTRACT**

To evaluate the response of a cactus-pear crop to five doses of biofertilizer (obtained from anaerobic fermentation of a mixture of cattle manure and pruning residues of cactus pear), a trial was established at the Facultad de Ciencias Agronómicas of the University of Chile in the season 1995-1996. Uniform cladodes 1 to 2-years-old were planted in autumn 1995 and the biofertilizer application was done in spring 1995. The statistical design was randomized block with five treatments (0, 15, 30, 45 and 60  $\text{ton}_{\text{biofertilizer}} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) and five replications. Measurements made were: number of cladodes per plant, photosynthetically active area ( $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}_{\text{soil}}$ ), dry matter production ( $\text{ton DM} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) and nitrogen recovery

efficiency ( $\text{kg N}_{\text{absorbed}}/\text{kg N}_{\text{applied}} \times 100$ ). Although no significant differences were found for the parameters measured, an increase of 13% in number of cladodes per plant, and 30% in photosynthetically active area was found when comparing biofertilizer treated plots with the control treatment with no biofertilization. In terms of dry matter production, there were no differences. The low response to biofertilizers is explained by the transitory immobilization of the applied nitrogen and the lateness of the biofertilizer application. However, 50% to 100% increments in nitrogen absorption, compared with the control, were found for 45 and 60  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ , with a nitrogen recovery efficiency of 43%.

**Keywords:** Organic fertilizer, CAM plants, nitrogen, growth

## INTRODUCCIÓN

Los bioabonos son fertilizantes obtenidos de la fermentación anaeróbica de sustancias orgánicas, generalmente desechos de sistemas agropecuarios o de otras fuentes. Estas fermentaciones realizadas principalmente para la obtención de biogas, dejan como subproducto una materia orgánica estabilizada, rica en elementos minerales que puede ser usada como fertilizante y acondicionador de suelo. García de Cortázar y Varnero (1995) propusieron un sistema sustentable para zona árida en el que la tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) podía participar como productora de forraje, fruta y, los desechos de producción mezclados con guanos de la producción pecuaria, generar un biabono que permitiera reciclaje de nutrientes. Aunque se conocen las buenas propiedades de los bioabonos como fertilizantes y mejoradores de características físicas del suelo en otros cultivos (García, 1994; Contreras, 1993; Chamy, 1993; Herrera, 1990; Perez, 1989), no se tenía experiencia con respecto al cultivo de la tuna. Por estas razones se estableció un cultivo de tuna que fue fertilizado con diferentes niveles de bioabono de tuna-guano, en el que se evaluaron en el primer año: el número de cladodios producidos, el área fotosintéticamente activa, producción de materia seca y eficiencia de recuperación de nitrógeno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Antumapu, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (33° 40' de Lat.S y 70° 38' Long. O aproximadamente), en un suelo clasificado como Mollisol, miembro de la familia Franca gruesa sobre arenosa esquelética, mixta, térmica, Entic Haploxeroll.

El clima es de tipo templado mesotermal estenotérmico mediterráneo semiárido. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima media de enero de 28,7°C y una mínima media de julio de 3,4°C. El período libre de heladas es de 217 días con un promedio de 17 heladas por año. Registra anualmente 1754 días-grado y 1250 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 330 mm, un déficit hídrico de 1.030 mm y un período seco de 8 meses. Por la ubicación del distrito, el régimen térmico se caracteriza por veranos calurosos y secos e inviernos fríos, correspondiendo al clima tipo Valle Central (Santibáñez y Uribe, 1990).

El terreno de plantación estaba en barbecho desde el otoño de 1994 en que se había efectuado una aradura con arado de disco y un rastraje. A la fecha de plantación se realizó desmalezado manual y el surco de plantación se hizo a pala.

Se usaron cladodios de tuna provenientes de la Estación Experimental de Rinconada de Maipú de la Universidad de Chile, de 1 a 2 años de edad. El ensayo comenzó con la plantación de los cladodios, entre el 6 y 8 de Febrero de 1995, en parcelas experimentales de 2,0 por 3,0 metros. En cada una se plantó 3 hileras de cladodios madres, separados 25 cm sobre la hilera y 15 cm entre ellas. Se plantaron 36

cladodios por parcela, dispuestos de modo que sus caras tuviesen una orientación este-oeste y enterrados un 50% en suelo seco.

Se utilizó bioabono obtenido de una mezcla guano y tuna, proveniente del digestor tipo batch de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. El período de digestión fue de 5 meses. El 10 de Oct de 1995 (8 meses después de la plantación) se aplicó el bioabono en dos surcos de 20 cm de profundidad y a 30 cm de las plantas.

Los tratamientos fueron  
T0: testigo (sin bioabono)  
T1: 15 ton bioabono ha<sup>-1</sup>  
T2: 30 ton bioabono ha<sup>-1</sup>  
T3: 45 ton bioabono ha<sup>-1</sup>  
T4: 60 ton bioabono ha<sup>-1</sup>

Se regó 3 veces en Febrero-Marzo del 95 y 4 veces entre Octubre 95 y Febrero 96. Se hicieron dos controles de maleza manual en Febrero-Marzo 95 y 2 controles en Septiembre-Octubre 95.

Al inicio del ensayo se realizó un análisis de fertilidad de suelo en la capa arable (Tabla 1) así como un análisis químico del bioabono utilizado (Tabla 2). Se realizó periódicamente conteo de brotes, midiendo el largo y ancho de ellos. También, se determinó el área fotosintéticamente activa como el producto del Largo x Ancho x 1,42 (García de Cortázar y Nobel, 1991).

El 15 de Abril de 1996 se cosecharon los cladodios de las cuatro plantas centrales de cada parcela, exceptuando el cladodio madre y uno de los cladodios hijos. Se colocaron en estufa a 60°C hasta obtener peso constante y se determinó su peso. Además en la parte aérea cosechada se midió N foliar, según método de Lachica *et al.*, 1965, en una muestra compuesta para cada tratamiento.

Se calculó para cada tratamiento la cantidad equivalente de N aplicado (kgN·ha<sup>-1</sup>), como el producto de la masa de biofertilizante aplicada (ton·ha<sup>-1</sup>) por la concentración de N total (kgN·ton<sup>-1</sup>). En forma similar la cantidad de nitrógeno absorbida (kgN·ha<sup>-1</sup>) se calculó como el producto de la biomasa cosechada (ton·ha<sup>-1</sup>) por la concentración de nitrógeno medida en los cladodios (kgN·ton<sup>-1</sup>).

El diseño estadístico del ensayo fue de bloques al azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones. La unidad experimental fue la parcela de 2,0 m x 3,0 m.

## RESULTADOS

La figura 1 muestra la evolución en el tiempo del número de cladodios por planta. Se aprecia una gran variabilidad inicial ya que en la brotación de otoño-invierno (abril-agosto), época en que no se había aplicado aún el bioabono, existen diferencias de brotación. Incluso, las parcelas que luego recibieron la dosis T3 no tuvieron brotación. Esta diferencia entre las parcelas desapareció luego de la brotación de primavera ya que las parcelas deficitarias en número de cladodios por planta presentaron mayor brotación. Por lo tanto al momento de la aplicación de biofertilizante (10 de Octubre), no existieron diferencias entre parcelas. Al cabo de 4 meses post aplicación se observó un incremento de 13% en el número de cladodios por planta en todos los tratamientos que recibieron bioabono respecto del testigo. Este incremento no es significativo estadísticamente, sin embargo hay consistencia en la respuesta ya que todos los tratamientos con bioabono superaron al testigo.

El área fotosintéticamente activa mostró una tendencia similar a la del número de cladodios (tabla 3). Las diferencias entre tratamientos con bioabono y testigo fueron en promedio un 30% mayores al momento de

la cosecha, a pesar de que al momento de aplicación del biofertilizante, los tratamientos con bioabono tenían un 18% menos de área fotosintéticamente activa que el testigo. Al igual que en el número de cladodios por planta, las diferencias de áreas fotosintéticamente activas no fueron significativas pero existe consistencia en la respuesta ya que todos los tratamientos con bioabono presentaron áreas mayores que el testigo.

En cuanto a producción de materia seca total (tabla 4) no hubo diferencias entre tratamientos y tampoco hubo tendencias a incremento de producción en los tratamientos con bioabono. Por el contrario el testigo superó a tres de los cuatro niveles de bioabono. Sin embargo, al analizar los resultados en términos de nitrógeno absorbido (Figura 2), se aprecia una relación lineal entre la producción de materia seca y la cantidad de nitrógeno absorbido, con una eficiencia de 43,6 kg de materia seca producidos por cada kg de nitrógeno absorbido. Al analizar los datos de N absorbido versus N aplicado, se aprecia que los tratamientos T1 y T2 extrajeron aproximadamente la misma cantidad de N que el testigo. Por otra parte los tratamientos T3 y T4 presentaron incrementos en absorción en forma lineal con la cantidad de N aplicado. Considerando los puntos correspondientes a los tratamientos T2, T3 y T4, la eficiencia de recuperación del fertilizante ( $\text{kgN}_{\text{absorbidos}} / \text{kgN}_{\text{aplicados}} \cdot 100$ ) fue de 43%.

## DISCUSIÓN

El análisis de fertilidad inicial del suelo (Tabla 1) muestra una alta disponibilidad de macronutrientes (Echevers, 1980) lo que restringió probablemente la amplitud de la respuesta de los tratamientos. El análisis químico del bioabono (Tabla 2), presenta mayor contenido de materia orgánica y menor aporte de nutrientes en comparación con otros bioabonos utilizados en ensayos de este tipo (García, 1994; Contreras, 1993; Chamy, 1993; Herrera, 1990; Perez, 1989). En comparación a la relación C/N establecida como óptima, aproximadamente 30 (Thompson y Troeh, 1982; Peixoto, 1988; Varnero, 1991), el valor de este bioabono es alto, por lo cual el proceso dominante esperado en las primeras semanas desde su incorporación al suelo, debe haber sido la inmovilización. Este factor en combinación con la alta fertilidad del suelo podrían explicar la baja respuesta de las plantas a las dosis de fertilizante aplicadas. En efecto, durante la fase más intensa de crecimiento de cladodios (octubre a diciembre), el nitrógeno aplicado al no estar disponible para las plantas produjo pocas diferencias de crecimiento. Sin embargo, como el proceso de inmovilización es transitorio (2 meses aproximadamente), lo esperable es que hacia Enero esté nuevamente disponible, momento en que los cladodios de la brotación de primavera ya habían alcanzado el tamaño máximo y no se ha producido todavía la brotación de otoño. En ese caso lo esperable es un incremento en la concentración de N en los tejidos, lo que se observa plenamente en la cantidad de nitrógeno absorbido por los tratamientos T3 y T4. Este valor supera en 50 y 100% respectivamente al testigo (Fig. 2). Por lo tanto es muy probable que el efecto significativo en términos de biomasa habría ocurrido en la brotación y credimiento del otoño y primavera siguientes. Una forma de evitar este retardo en la disponibilidad del N habría sido el aplicar la fertilización junto a la plantación de los cladodios con lo que el crecimiento primaveral ya tendría todo el N disponible. En efecto, Seguel (1997) obtuvo diferencias significativas en producción de biomasa de cladodios en el primer año post-aplicación del biofertilizante cuando la aplicación se hizo en el momento de la plantación.

El número de cladodios producido por planta en el año que duró el experimento es similar a los obtenidos en ensayos anteriores (García de Cortázar y Nobel, 1991). Es destacable la gran superficie fotosintéticamente activa alcanzada ya que valores superiores a  $4 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}_{\text{suelo}}$  permiten asegurar altas productividades de materia seca (García de Cortázar *et al*, 1985, García de Cortázar y Nobel, 1991). Al comparar los valores de rendimiento obtenidos en todos los tratamientos se aprecian valores similares o superiores a los que se pueden obtener por cultivos más tradicionales. En una lista de producciones record (Evans, 1993), cultivos de metabolismo C3 tienen rendimientos promedio de 20,7 toneladas de materia seca por hectárea, muy similares a este cultivo de tuna que tuvo un promedio de  $17,2 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ , aunque

menor a producciones de 30-40 ton·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> en ensayos anteriores con tuna en plantas de más de 1 año de edad (García de Cortázar y Nobel, 1991).

Los tratamientos con bioabono produjeron incrementos en la absorción de N a partir de 200 kgN·ha<sup>-1</sup> (Fig. 2, tratamiento T2). La no sensibilidad a dosis inferiores a 200 kgN·ha<sup>-1</sup> es similar a lo observado por García, 1994 quién obtuvo descensos en la absorción de N con dosis de bioabono equivalentes a 100 kg N·ha<sup>-1</sup> y sólo obtuvo incrementos de absorción con dosis equivalentes a 300 kgN·ha<sup>-1</sup>. La alta eficiencia de recuperación del fertilizante en las dosis altas (43%, Fig. 2) es similar a la que se puede encontrar en cultivos tradicionales en óptimas condiciones de manejo. van Keulen, 1986, indica eficiencias de recuperación de 45% para cultivos de arroz y 48% para trigo. De este modo, aunque en este ensayo no se pudo observar diferencias significativas de producción en respuesta al fertilizante, se puede demostrar que el biofertilizante es una alternativa con eficiencias similares a los fertilizantes químicos.

Tabla 1. Análisis de fertilidad de la capa arable del suelo utilizado en el ensayo. Los datos provienen de una muestra compuesta de toda la superficie del potrero y están expresados en base a suelo seco a 105°C.

Table 1. Fertility Analysis of the Plow Layer. Data were measured on a composite sample of the whole field and are expressed on dry-weight basis (105°C).

Nitrógeno total <sup>1</sup>	1,26	g Kg <sup>-1</sup>
Fósforo total <sup>1</sup>	2,35	g Kg <sup>-1</sup>
Potasio total <sup>1</sup>	8,21	g Kg <sup>-1</sup>
pH <sup>2</sup>	7,90	
Conductividad eléctrica <sup>2</sup>	1,05	dS m <sup>-1</sup>
Materia orgánica estabilizada <sup>2</sup>	21,50	g Kg <sup>-1</sup>
Nitrógeno disponible <sup>2</sup>	70,00	mg Kg <sup>-1</sup>
Fósforo disponible <sup>2</sup>	24,00	mg Kg <sup>-1</sup>
Potasio disponible <sup>2</sup>	179,00	mg Kg <sup>-1</sup>
Carbonatos de calcio <sup>2</sup> (CaCO <sub>3</sub> )	6,00	%
<sup>1</sup> métodos descritos en Lachica <i>et al.</i> , 1965		
<sup>2</sup> métodos descritos en Page, 1982		

Tabla 2. Análisis químico del bioabono utilizado en el ensayo.  
Valores expresados en base a materia seca a 105°C

Table 2. Chemical Analysis of the Biofertilizer Used in the Experiment.  
Values expressed on a dry-weight basis (105°C)

Nitrógeno total <sup>1</sup>	5,20	g Kg <sup>-1</sup>
Fósforo total <sup>1</sup>	3,90	g Kg <sup>-1</sup>
Potasio total <sup>1</sup>	3,60	g Kg <sup>-1</sup>
pH <sup>2</sup>	8,00	
Nitrógeno disponible <sup>2</sup>	119,00	mg Kg <sup>-1</sup>
Fósforo disponible <sup>2</sup>	1070,50	mg Kg <sup>-1</sup>
Potasio disponible <sup>2</sup>	604,00	mg Kg <sup>-1</sup>
Materia orgánica estabilizada <sup>2</sup>	561,00	g·Kg <sup>-1</sup>
Materia orgánica total <sup>2</sup>	638,00	g Kg <sup>-1</sup>
Relación C/N	63,00	
<sup>1</sup> métodos descritos en Lachica <i>et al</i> , 1965		
<sup>2</sup> metodos descritos en Page, 1982		

Tabla 3. Evolución de la superficie fotosintéticamente activa ( $m^2 \cdot m^{-2}_{\text{suelo}}$ )  
entre la fecha de aplicación del fertilizante (área inicial, 10 oct 95)  
y la fecha de término del ensayo (área final, 16 abr 96)

Table 3. Change in Photosynthetically Active Area ( $m^2 \cdot m^{-2}_{\text{soil}}$ )  
Between the Fertilizer Application Date (October 10, 1995)  
and the Harvest Date (April 16, 1996)

Tratamientos	Área inicial $m^2_{\text{activos}} \cdot m^{-2}_{\text{suelo}}$	Área final $m^2_{\text{activos}} \cdot m^{-2}_{\text{suelo}}$
T0	1,42 a	4,68 a
T1	1,10 a	4,76 a
T2	1,10 a	6,70 a
T3	1,11 a	5,30 a
T4	1,36 a	7,42 a
Letras distintas en una misma columna, indican diferencias significativas al 5% ( $p < 0,05$ )		

Tabla 4. Materia seca aérea cosechada el 16 de Abril de 1996  
Se cosecharon todos los cladodios de las plantas  
excepto el cladodio madre y uno de los cladodios hijos

Table 4. Dry Matter Harvested on April 16, 1996  
All but one of the daughter cladodes were harvested.

<b>Tratamiento</b>	<b>MS (ton·ha<sup>-1</sup>)</b>
T0	18,05 a
T1	15,46 a
T2	15,94 a
T3	16,56 a
T4	19,90 a

Letras distintas en una misma columna, indican diferencias significativas al 5% ( $p < 0,05$ )

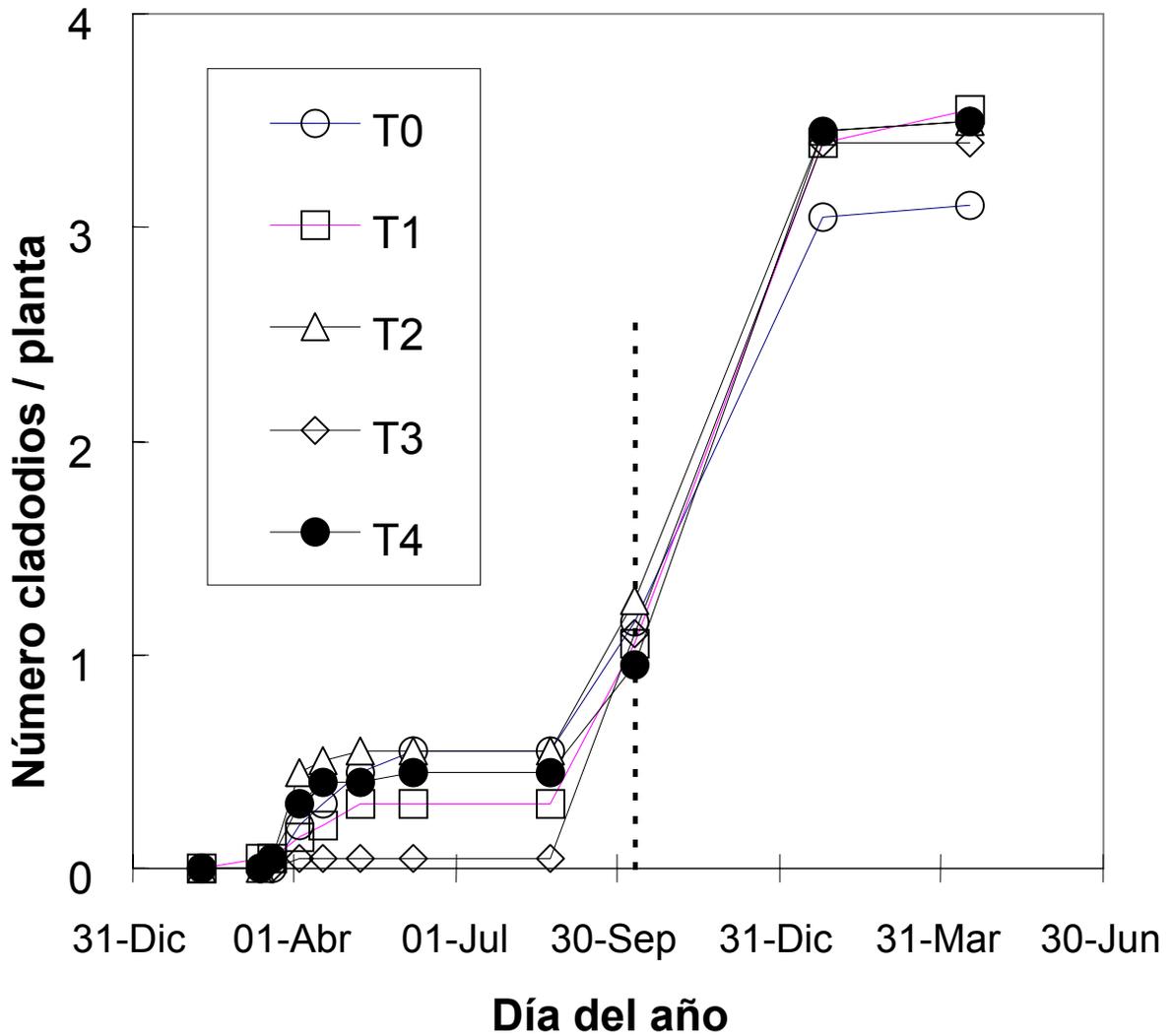


Figura 1. Evolución en el tiempo del número promedio de cladodios por planta. La fecha de aplicación del bioabono fue el 10 de octubre (línea punteada vertical). El error estándar promedio fue 0,16 antes de la aplicación y 0,36 después.

Figure 1. Changes in Time of Average Cladode Number per Plant. The fertilizer was applied on October 10 (dotted vertical line). The average standard error was 0.16 before and 0.36 after application of biofertilizer.

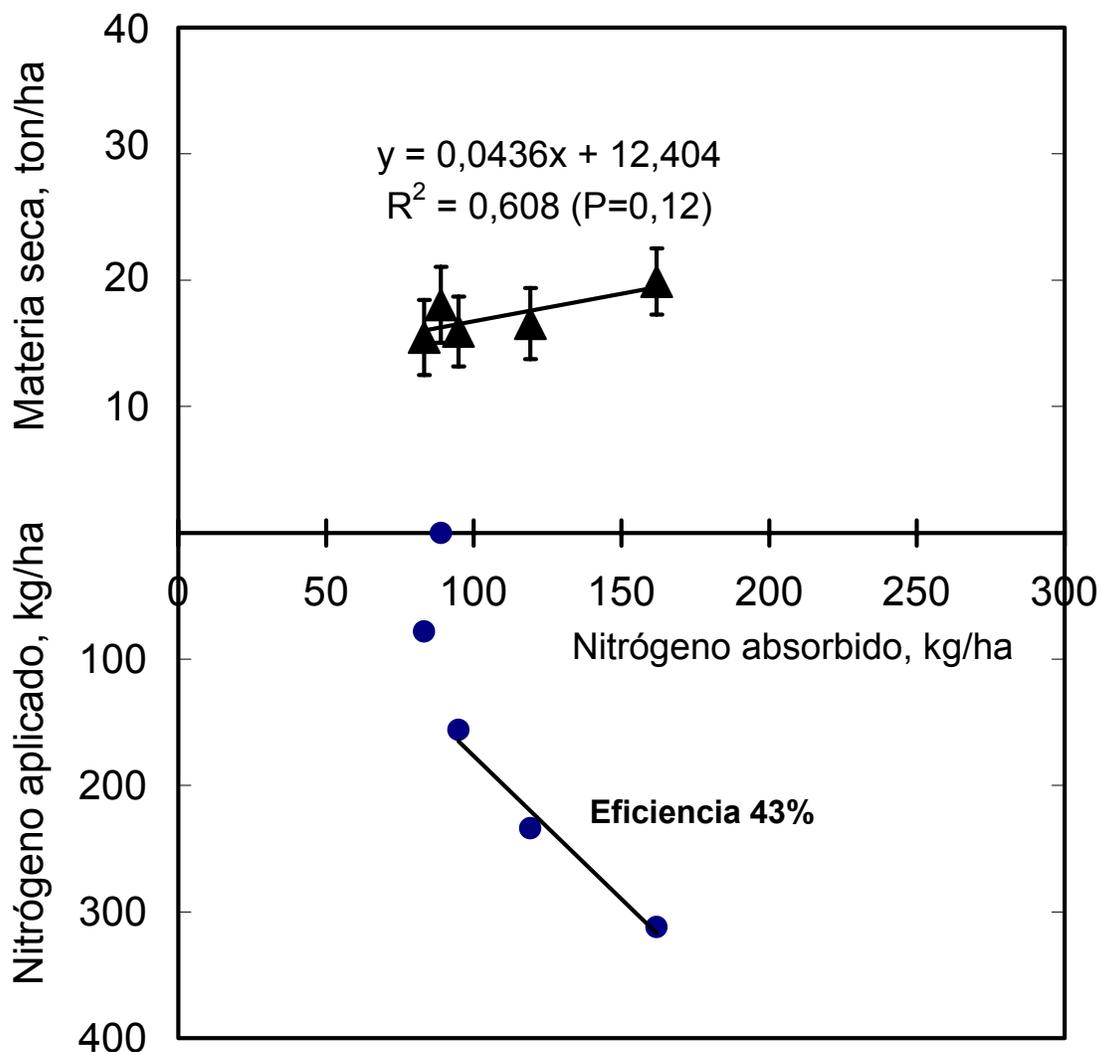


Figura 2. Relaciones entre materia seca producida y nitrógeno absorbido (panel superior, triángulos) y entre nitrógeno absorbido y nitrógeno aplicado (panel inferior, círculos).

Las barras verticales indican  $\pm 1$  error estándar. La ecuación de regresión en el panel inferior es  $Y$  ( $\text{kgN}_{\text{absorbidos}} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) =  $0,43 \cdot X$  ( $\text{kgN}_{\text{aplicados}} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) +  $24,8$ ;  $r^2=0,95$ .

Figure 2. Relationships Between Dry Matter Produced and Absorbed Nitrogen (top, triangles) and Between Absorbed Nitrogen and Applied Nitrogen (bottom, circles).

Vertical bars indicate  $\pm 1$  standard error. The regression equation on the bottom panel is  $Y$  ( $\text{kgN}_{\text{absorbed}} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) =  $0.43 \cdot X$  ( $\text{kgN}_{\text{applied}} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) +  $24.8$ ;  $r^2=0.95$ .

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por FONDECYT a través del proyecto 1940390.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

CHAMY, J.A. 1993. Efecto de sustratos acondicionados con bioabono sobre la morfología de las raíces y parte aérea del kiwi. Memoria de título, Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 86 p.

CONTRERAS, U.J. 1993. Efectos del acondicionamiento del suelo con bioabono sobre el crecimiento y producción de plantas de kiwi. Memoria de título, Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 72 p.

ETCHEVERS, J. 1980. Manual de referencia para métodos rutinarios de análisis de suelo. Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía, Departamento de Suelos. Boletín técnico N° 65. 30 p.

EVANS, L.T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press. 500p.

GARCÍA, J.R. 1994. Utilización de residuos orgánicos en agricultura de alternativa: determinación de las necesidades de nitrógeno exógeno en maíz. Memoria de título, Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 69p.

GARCIA DE CORTAZAR, V., ACEVEDO, E., NOBEL, P.S. 1985. Modeling of PAR interception and productivity by *Opuntia ficus-indica*. Agricultural and Forest Meteorology 34:145-162.

GARCIA DE CORTAZAR, V., NOBEL, P.S., 1991. Prediction and measurement of high annual productivity for *Opuntia ficus-indica*. Agricultural and Forest Meteorology 56:261-272.

GARCIA DE CORTAZAR, V., VARNERO, M.T. 1995. Energy production. In "Cactus pear cultivation and uses" (Barbera, G., Inglese, P., Pimienta-Barrios, E., eds). Roma, FAO Plant Production and Protection Paper 132:186-191.

HERRERA, E. 1990. Evaluación del efecto de dos desechos estabilizados anaerobicamente sobre la producción y calidad de un cultivo de tomate en invernadero. Tesis Ing. Agr., Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 95 p.

LACHICA, M., RECALDE, L. y ESTEBAN, E. 1965. Análisis foliar. Métodos analíticos utilizados en la Estación Experimental Zaidin. Anales de Edafología y Agrología 24 (9-10):589-610.

PAGE, A.L.(Ed). 1982. Chemical and microbiological properties. 2nd. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. v.2, 1159 p.

PEIXOTO, R. 1988. Compostagem: Opcao para o manejo organico do solo. Londrina, Brasil. Fundacao Instituto Agronomico do Parana. Circular N° 57, Septiembre 1988. 48 p.

PEREZ, E.D. 1989. Efecto de un suelo acondicionado con bioabono en el crecimiento inicial del kiwi. Tesis Ing. Agr., Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 86 p.

SANTIBAÑEZ, F. y URIBE, J. M. 1990. Atlas Agroclimático de Chile. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 65 p.

SEGUEL, O. 1997. Efectos del bioabono sobre las propiedades físicas de un suelo con cultivo de tuna. Memoria de Título Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 63 p.

THOMPSON, L y TROEH, F. 1982. Los suelos y su fertilidad. 4a Ed. Editorial Reverté, S.A, España. 649 p.

VAN KEULEN, H. 1986. Crop yield and nutrient requirements, 155-200. IN: van Keulen, H. and Wolf, J (Eds). 1986. Modelling of agricultural production weather, soils and crops. Pudoc Wageningen. Wageningen. Netherlands. 247 p.

VARNERO, M.T. 1991. Manual de reciclaje orgánico y biogas. Aprovechamiento racional de desechos agropecuarios. Ministerio de Agricultura, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago. 48 p.