

# Descomposición de *Vigna unguiculata* (caupí) en un Argiudol Típico de Colonia Benítez, Chaco

SHINDOI, M. M. J. F.<sup>1-2</sup>; PRAUSE, J.<sup>2</sup>; JOVER, P. L.<sup>1</sup>

## RESUMEN

En los últimos años, esencialmente motivos ambientales han llevado a renovar el interés por el uso de leguminosas herbáceas como abonos verdes, puesto que su empleo supone un ahorro económico importante para el agricultor y por sus efectos benéficos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Para que los abonos verdes sean considerados una efectiva fuente de nutrientes para los cultivos que se implanten posteriormente, deben estar disponibles en los momentos de mayor demanda del cultivo y para ello se hace necesario conocer la velocidad de descomposición de la biomasa vegetal aportada al suelo y la subsiguiente liberación de nutrientes. El objetivo del trabajo fue determinar la velocidad de descomposición del caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) y calcular la tasa de liberación de N, P y K, en las condiciones agroecológicas de Colonia Benítez, Chaco. En un Argiudol Típico se realizó la incorporación de caupí a los 74 días después de su siembra, se determinó su tasa de descomposición empleando la técnica de *litterbags* y cada 30 días se determinaron peso seco y N, P y K foliar. Se calcularon los porcentajes de masa seca remanente (%MSR), la tasa de descomposición y liberación de los nutrientes analizados. La producción promedio de caupí fue de 7603 kg MS ha<sup>-1</sup>, correspondiendo el 63,9% a las hojas y el 36,1% a tallos. La velocidad de descomposición durante los 30 días iniciales fue rápida con un %MSR = 36; que posteriormente se estabiliza. La tasa de liberación de N, P y K es máxima también durante los primeros 30 días. Para las condiciones edafoclimáticas de Colonia Benítez, es necesario continuar con los ensayos con el fin de establecer una precisa sincronización entre la liberación de los nutrientes del abono verde con la máxima demanda del cultivo.

**Palabras clave:** abono verde, bolsitas de descomposición, liberación de nutrientes.

## ABSTRACT

In recent years, mainly for environmental reasons has led to renewed interest in the use of herbaceous legumes as green manure, as their employment is a significant cost savings for farmers and for their beneficial effects on physical, chemical and biological soil properties. For green manure are considered an effective source of nutrients for crops that are in place then, should be available in times of increased demand for the crop and it is necessary to know the rate of decomposition of plant biomass to the soil and subsequent release of nutrients. The objective was to determine the rate of decomposition of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), and

<sup>1</sup> INTA Colonia Benítez. Centro Regional Chaco-Formosa. Argentina. E-mail: mshindoi@correo.inta.gov.ar

<sup>2</sup> Cátedra de Agroclimatología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina.

calculate the rate of release of N, P and K in the agroecological conditions of the Colonia Benítez, Chaco. In a Typic Argiudol was the addition of cowpea at 74 days after sowing and determined the rate of decomposition using litterbags technique, and every 30 days were determined dry weight and N, P and K leaf. We calculated the percentages of mass remaining (%MSR), rate of decomposition and release of nutrients analyzed. The average yield of cowpea was 7603 kg DM ha<sup>-1</sup>, corresponding to 63,9% and 36,1% leaves to stems. The rate of decomposition during the initial 30 days was quick with a %MSR = 36, which was subsequently stabilized. The release rate of N, P and K was also high during the first 30 days and for the soil and climate of Colonia Benítez, one should proceed with testing for the purpose of establishing a precise synchronization between the release of nutrients from fertilizer full green crop demand.

**Keywords:** green manure, litterbags, nutrient release.

## INTRODUCCIÓN

*Vigna unguiculata* (L.) Walp. es un cultivo estival que tolera muy bien las altas temperaturas y las condiciones de estrés hídrico, similares a las que ocurren en la región del nordeste argentino (NEA) (Ibarra Zamudio y Jover, 2006). La producción de caupí, como grano para consumo humano, está bastante difundida entre los pequeños productores del NEA, donde también se lo siembra como abono verde y mejorador de suelos por la fijación biológica de nitrógeno que realiza en simbiosis con bacterias del género *Bradyrhizobium* (Ibarra Zamudio y Jover, 2006). En los últimos años, esencialmente por motivos ambientales se ha renovado el interés por el uso de especies herbáceas como abonos verdes (García *et al.*, 2001), puesto que su empleo supone un ahorro económico importante para el agricultor (Guzmán y Alonso, 2001; Padovan *et al.*, 2002).

Existen numerosos trabajos que mencionan los efectos benéficos de los abonos verdes sobre propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Está comprobado que el aporte de materia orgánica al suelo, proveniente de la incorporación de los restos vegetales, puede ser considerable y es un factor importante en el ciclo de los nutrientes (Gallardo Lancho, 2000; Prause *et al.*, 2005). Ensayos realizados por Perin *et al.* (2004); Martins *et al.* (2003) y Hanly y Gregg, (2004) reportan el efecto de los abonos verdes para recuperar la fertilidad edáfica, el aumento de la disponibilidad del P y la elevación del pH entre otras (Alves *et al.*, 2003). Estos efectos son variables dependiendo de la especie utilizada como abono verde, del manejo de la biomasa aportada al suelo, de la época de siembra y el corte del abono verde, del tiempo de permanencia de los residuos vegetales en el suelo, de las condiciones ambientales y de la interacción entre los factores mencionados (Fontanetti *et al.*, 2006).

Para que los abonos verdes de leguminosas sean considerados una efectiva fuente de nutrientes para los cultivos que se implanten posteriormente, deben proporcionarlos en los momentos de mayor demanda del cultivo. La falta de sincronización entre la oferta y la demanda especialmente de N, hace que esta práctica sea menos exitosa que las

aplicaciones fraccionadas de N inorgánico (Thönnissen *et al.*, 2000). La velocidad de descomposición de la biomasa vegetal aportada al suelo y la subsiguiente liberación de nutrientes dependerá de la calidad y cantidad del residuo vegetal, humedad y temperatura de suelo, textura, mineralogía, actividad biológica y presencia de nutrientes (Myers *et al.*, 1994; Velásquez *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2008). La descomposición y liberación de nutrientes del abono verde, constituyen procesos claves para garantizar el adecuado funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos del suelo. La hipótesis planteada es que la velocidad de descomposición del caupí incorporado como abono verde al Argiudol Típico de Colonia Benítez es alta, y por consiguiente es muy importante la tasa de liberación de N, P y K al suelo. El objetivo del presente trabajo es determinar la velocidad de descomposición del caupí utilizado como abono verde y calcular la tasa de liberación de N, P y K, en las condiciones agroecológicas de Colonia Benítez.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Colonia Benítez (Chaco), ubicada a 27° 25' latitud sur y a 58° 56' longitud oeste, a 54 metros sobre el nivel del mar. El lote corresponde a un suelo clasificado taxonómicamente como un Argiudol Típico, familia arcillosa fina, montmorillonítica, hipertérmica, correspondiente a la Serie Resistencia, capacidad de uso Clase IIe3, con un contenido de materia orgánica de 1,54%, nitrógeno 0,04% y fósforo 28,3 ppm (Ledesma y Zurita, 1995). El historial de uso de la parcela antes del ensayo es de agricultura con labranza convencional. La temperatura media anual es de 21,5 °C y la precipitación media anual de 1343 mm (EEA INTA Colonia Benítez).

El 4 de diciembre de 2009 se sembraron con caupí para abono verde 4 parcelas de 25 m<sup>2</sup>, para la obtención del material vegetal necesario para instalar las bolsitas de descomposición, realizar los análisis químicos y obtener el promedio de rendimiento. El distanciamiento fue de 50 cm entre líneas y 20 cm entre plantas. A los 74 días después de la siembra (DDS) y previo a la incorporación del caupí

	Días				
	30	60	90	120	150
Precipitaciones (mm)	181,3	160	93,7	10	31,2
Temperatura (°C)	23,4	18,7	15,2	17,1	11,3
Temp. de suelo a 5 cm (°C)	25,6	21,1	17,1	18,1	13,9

**Tabla 1.** Registro de las precipitaciones y temperaturas promedios de cada período de muestreo. Año 2010. Fuente: E.E.A.-INTA Colonia Benítez. Regional Chaco-Formosa.

con rastra de discos, se muestreó al azar con aro para calcular su producción de materia seca. Las determinaciones químicas del material vegetal fueron realizadas para N por el método semi-microKjeldahl; P por el método de Murphy-Riley y K por complejometría con EDTA y fotometría de llama (Page *et al.*, 1982). Se llevó el registro de temperaturas del aire y del suelo a 5 cm de profundidad y las precipitaciones acumuladas durante cada período de muestreo de las bolsitas de descomposición (tabla 1).

Para la determinación de la descomposición del caupí se empleó la técnica de *litterbags* utilizando bolsitas confeccionadas con tela plástica con abertura de malla de 2 mm, no considerándose estas como un sistema cerrado (Prause *et al.*, 2005). En cada una de las bolsitas se colocaron 100 gramos de materia seca (MS) de caupí, las que fueron semienterradas a 5 cm de profundidad en 6 sitios elegidos al azar dentro de las 4 parcelas. De cada sitio se retiró una bolsita cada 30 días. El material vegetal se lavó con agua destilada sobre un tamiz y se lo secó en estufa a 60 °C para determinar peso seco y posteriormente analizar el contenido de N, P y K foliares. El diseño experimental utilizado fue totalmente al azar con 6 repeticiones.

Con los pesos determinados se calcularon: 1) Porcentaje de materia seca remanente (%MSR) =  $100 \cdot X_t / X_i$ ; donde  $X_t$  es el peso seco del material vegetal en cada momento de extracción de la muestra y  $X_i$  el peso seco inicial. 2) Tasa de descomposición TD =  $(DCI - DCS) / n \cdot \text{días}$ ; donde DCI es peso seco inicial y DCS es peso seco final. 3) Tasa de liberación de nutriente de acuerdo a TLN =  $(CNI - CNS) / n \cdot \text{días}$ , donde CNI es concentración de nutriente inicial y CNS es concentración de nutriente subsiguiente. Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de la varianza, comparándose las medias mediante el test de Tukey al 5%.

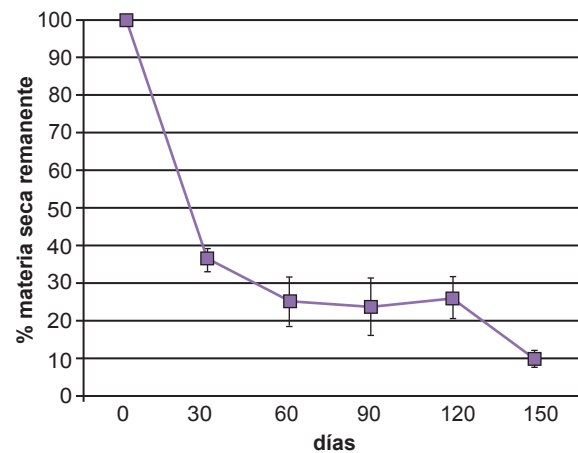
## RESULTADOS

La producción de caupí promedio fue de 7603 kg MS ha<sup>-1</sup> ( $\pm 385,5$  kg MS ha<sup>-1</sup>) correspondiendo el 63,9% a las hojas y el 36,1% a tallos. La dinámica de la pérdida de peso del material vegetal confinado en las bolsitas de descomposición y expresada como %MSR de caupí, se muestra en la figura 1, detectándose a los 30 días iniciales un %MSR = 36. Posteriormente, entre los 60 y 120 días, el proceso de descomposición se estabiliza alcanzando en promedio un % MSR = 24.

Cuando se analiza la tasa de descomposición (TD) del caupí (tabla 2), se observan valores de TD = 161,53 a los 30 días, disminuyendo la TD = 28,64 a los 60 días y una TD = 3,46 a los 90 días de iniciada la descomposición del caupí. Se obtuvieron valores negativos de TD = -5,55 a los 120 días, que indican que no hubo descomposición del material confinado en las bolsitas colocadas en el ensayo.

El análisis del material vegetal del abono verde arrojó valores promedios de N = 4,61%, P = 0,96% y de K = 3,21%.

La tabla 3 muestra que la máxima liberación de los nutrientes se produjo durante los primeros 30 días, arrojando valores para N = 7,75; P = 1,77 y K = 7,1 con diferencias



**Figura 1.** Dinámica de pérdida de peso del material vegetal confinado en las bolsitas de descomposición y expresada como porcentaje de materia seca (%MSR) de caupí. Barras indican los valores medios del desvío estándar en cada fecha muestreada.

Días	Tasa de descomposición	CV 53,12%
30	161,53	d
60	28,64	bc
90	3,46	ab
120	-5,55	a
150	40,19	c

**Tabla 2.** Tasa de descomposición de Caupí (kg. ha<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>). Letras diferentes muestran diferencias significativas (p<5%).

Días	N	P	K
	CV 51,05%	CV 49,30%	CV 45,31%
30	7,75 b	1,77 c	7,1 b
60	0,14 a	0,45 b	-0,19 a
90	-0,35 a	-0,16 a	0,07 a
120	0,47 a	0,10 ab	-0,025 a
150	-1,03 a	-0,04 a	0,37 a

**Tabla 3.** Tasa de liberación de N, P y K del material vegetal confinado en las bolsitas de descomposición ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ ). Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 5\%$ ).

estadísticas significativas ( $p < 5\%$ ). Posteriormente la tasa disminuye y no muestra diferencias estadísticas entre los nutrientes.

## DISCUSIÓN

La producción de materia seca de caupí cosechada en el ensayo arrojó valores sensiblemente superiores a lo reportado por Jover (2006) para Colonia Benítez, que obtuvo rendimientos en materia seca que variaron entre 4000 a 5000  $\text{kg MS ha}^{-1}$ .

En la figura 1 se observa que la velocidad de descomposición del caupí disminuye con el tiempo, en coincidencia con lo reportado por Thönnissen *et al.* (2000), trabajando con leguminosas, y por Prause *et al.* (2005), en algodonero. A los 90 días, la tasa de descomposición desciende bruscamente, atribuida a la disminución de la temperatura del suelo. Los valores negativos a los 120 días indican que no hubo descomposición del material respecto de la fecha anterior, probablemente como consecuencia de las escasas precipitaciones registradas en ese período (tabla 1), en concordancia con lo reportado por Velásquez *et al.* (2002), quien menciona que la descomposición del material vegetal está estrechamente relacionada con la humedad y la temperatura del suelo.

En leguminosas herbáceas, Silva *et al.* (2008) describe dos fases en el proceso de descomposición: una inicial rápida dada por los componentes fácilmente degradables y una lenta posterior, debida a los componentes más recalcitrantes, proceso que se repite en nuestro ensayo (figura 1). Dado que una mayor velocidad de descomposición significa un menor tiempo de retención de nutrientes por el abono verde, se esperaría que la liberación de N, P y K al suelo, sea también rápida.

En la tasa de descomposición del caupí se observan diferencias estadísticas significativas ( $p < 5\%$ ) entre las distintas fechas de muestreo, interpretándose que existen diferentes velocidades durante el periodo de descomposición del caupí (tabla 2).

Los valores de N que se detectaron en este ensayo se consideran valores medios, de acuerdo con los trabajos realizados por Ayisi *et al.* (2004). Según la bibliografía, la cantidad de nitrógeno aportado por el caupí varía dentro

de un amplio rango: de 20 a 217  $\text{kg ha}^{-1}$  año. Jover (2006) halló rangos que variaban de 30 a 300  $\text{kg ha}^{-1}$  año y la EEA INTA Famaillá (2002) reportó valores que oscilaron entre 80 y 150  $\text{kg ha}^{-1}$  año.

La tasa de liberación de N, P y K indica la cantidad de nutrientes que pueden ser liberados durante la descomposición del abono verde (Cruz *et al.*, 2002). El N y K presentaron un comportamiento similar durante el primer período de 30 días de descomposición del material vegetal, confinado en las bolsitas de descomposición. Para el caso del N, se detectó un aumento en su concentración debido a la inmovilización temporaria del nutriente, atribuido a la activa participación de la flora microbiana durante la fase rápida de descomposición del material vegetal y a la deposición atmosférica (Prause *et al.*, 2005). Se conoce que los microorganismos del suelo tienen concentraciones altas de nutrientes con relación a la materia orgánica que descomponen, siendo la inmovilización muy significativa para N y P que limitan el crecimiento microbiano. Durante este proceso, los microorganismos del suelo no sólo pueden retener los nutrientes liberados por su sustrato, sino que también pueden acumular nutrientes disponibles en la solución del suelo (Schlesinger, 2000), debiendo considerar, además, la contaminación de las bolsitas con N y P edáfico, durante su permanencia en el suelo.

En cambio, la liberación del K, que se atribuye a una fuerte lixiviación por ser un catión monovalente que presenta fuerzas de unión débiles con el complejo de intercambio (Prause *et al.*, 2005), se concentra especialmente en las células próximas a la superficie de las hojas (Schlesinger, 2000; Gallardo Lancho, 2000) y no está estructuralmente asociado a la materia orgánica. El P presentó su mayor tasa de liberación a los 30 días iniciales, pero con valores más bajos que los encontrados para N y K (tabla 2). Estos valores son atribuidos a que en la materia orgánica la mayor parte del P se encuentra en enlaces éster, y sólo pueden mineralizarse por acción de las fosfatasas liberadas en respuesta a la demanda microbiana de nutrientes. Además, su liberación por microorganismos edáficos está directamente relacionada con los niveles de materia orgánica en el suelo (Schlesinger, 2000).

Los tres nutrientes mostraron una mayor liberación durante los primeros 30 días iniciales de descomposición, registrándose un acentuado descenso de las tasas de liberación de N, K y P del material vegetal confinado en las bolsitas de descomposición. En todos los casos se detectaron valores negativos de las tasas de liberación atribuyéndose a la inmovilización microbiana, los pluvio-lavados y a la contaminación del material vegetal de las bolsitas con suelo.

De acuerdo con los datos consignados precedentemente, una mayor velocidad de descomposición del material vegetal aportado al suelo significa un menor tiempo de retención de los nutrientes por el abono verde, pudiendo establecerse el siguiente orden en la tasa de liberación de los mismos:  $N = K > P$ . Se conoce que los cambios en el uso del suelo influyen en su contenido de materia orgánica

de dos formas: alterando el aporte anual que procede principalmente de las plantas y variando el ritmo con el que se descompone esta materia orgánica. Un descenso casi inevitable del contenido de la materia orgánica edáfica acompaña a la introducción del laboreo agrícola. Las rotaciones de cultivo que devuelven más materia orgánica al suelo tienden a un nivel de equilibrio superior al que se obtiene con rotaciones que generan menos residuos de cosecha (Wild, 1992). Este aporte es importante también desde el punto de vista de las propiedades físicas de los suelos agrícolas para mejorar la estructura del suelo, evitar la formación de costras y protegerlo de la erosión. La importancia de evaluar el aporte y descomposición de los residuos de cosecha o de los abonos verdes en ecosistemas agrícolas reside en que éstos retienen gran cantidad de nutrientes y a medida que esos residuos se descomponen, liberan nutrientes que son reutilizados por las plantas (Schlesinger, 2000).

## CONCLUSIONES

La mayor parte del caupí incorporado al suelo como abono verde se descompone durante los primeros 30 días. La tasa de liberación de N, P y K es máxima también durante los primeros 30 días y está en función de la humedad y temperatura del suelo.

Para las condiciones edafoclimáticas de Colonia Benítez, es factible la utilización del abono verde de caupí. Pero para ello es necesario establecer una precisa sincronización entre la liberación de los nutrientes durante la descomposición del abono verde, con la máxima demanda del cultivo siguiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALVEY, S.; YANG, C.H.; BUERKERT, A.; CROWLEY, D.E. 2003. Cereal / legume rotation effects on rhizosphere bacterial community structure in west african soils. *Biol. Fertil. Soils*. 37(2):73-82.
- AYISI, K.K.; MPANGANE, P.N.Z.; WHITBREAD, A. 2004. Grain yield and symbiotic activity of cowpea cultivars grown in sole and intercropping systems with maize in the Limpopo Province of South Africa. ([http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/2/1/2/1331\\_ayisikkv.htm](http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/2/1/2/1331_ayisikkv.htm) verificado: 21 de marzo de 2010).
- CRUZ, A.G.; SALGADO GARCIA, S.; CATZIN Rojas, F.; ORTIZ CEBALLOS, A.I. 2002. Descomposición del follaje de Nescafé (*Mucuna* spp) en época seca. *Interciencia* 11(27):625-630.
- FONTANETTI, A.; CARVALHO, G.J.; GOMES L.A.A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S.R.G.; TEXEIRA, C.M. 2006. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira*. 24:146-150.
- GALLARDO LANCHO, J. F. 2000. Biogeochemistry of Mediterranean forest ecosystems. A case study. In: BOLLAG J-M & STOTZKY G. (Eds.). *Soil Biochemistry*. USA. 10:423-460.
- GARCIA, M.; TRETO, E.; ALVAREZ, M. 2001. Comportamiento de diferentes especies de plantas para ser utilizadas como abonos verdes en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales* 22(4):11-16.
- GUZMÁN, G.I.; ALONSO, A.M. 2001. El uso de abonos verdes en agricultura ecológica. Hoja divulgativa 4.7/01. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica. (<http://www.cifaed.es/publicaciones.php>. verificado: 21 de julio de 2008).
- HANLY, J.A.; GREGG, P.E.H. 2004. Green manure impacts on nitrogen availability to organic sweetcorn (*Zea mays*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 32:295-307.
- IBARRA ZAMUDIO, W.O.; JOVER, P.L. 2006. Comparación de un ecotipo local de poroto caupí colorado (*Vigna unguiculata* L. Walp.) con líneas puras derivadas de este germoplasma. Tesis Maestría en Producción Vegetal. FCA – UNNE.
- INSTITUTO NACIONAL de TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). 2002. Volver a los abonos verdes. *Novedades Bibliográficas*. Año 2. N.º 7. EEA Famaillá – Tucumán.
- JOVER, P.L. (2006). Poroto caupí. INTA - EEA Colonia Benítez. (<http://www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/horti/art/horti10.htm> verificado: 28 de marzo de 2011).
- LEDESMA, L.L.; ZURITA, J.J. 1995. Carta de Suelos de la Estación Experimental Agropecuaria Colonia Benítez Chaco. INTA. EEA Presidente Roque Sáenz Peña, Chaco. pp. 5-8.
- MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; RANGEL, F.W.; RIBEIRO, J.R.A.; NEVES, M.C.P.; MORGADO, L.B.; RUMJANEK, N.G. 2003. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. *Biol. Fertil. Soils*. 38:333-339.
- PADOVAN, M.P.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.M.M.; RIBEIRO, R.L.D.; NDJAYE, A. 2002. Avaliação de cultivares de soja, sob manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 37(12): 1705-1710.
- PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Eds.). 1982. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Second Editions. Madison, Wisconsin, USA pp. 1159.
- PERIN, A.; SILVA SANTOS, R.H.; URQUIAGA, S.; MARINHO GUERRA, J.G.; CECON, P.R. 2004. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L.) var. Italiana) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). *Ciencia Rural*, Santa María. 34(6):1739-1745.
- PRAUSE, J.; LIFTSCHITZ, A.P.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, C. 2005. Dinámica de la mineralización de nutrientes en residuos de cosecha del algodón en un Ustoccept Údico. *Agrochimica. Edizioni Plus-Universita di Pisa. Italia*. Vol. XLIX – N 5-6:175-181.
- SCHLESINGER, W.H. 2000. *Biogeoquímica. Un análisis del cambio global*. Editorial Ariel. S.A. Barcelona, España. pp. 577.
- SILVA, G.T.A.; MATOS, L.V.; NOBREGA, P.; CAMPELLO, E.F.C.; RESENDE, A.S. 2008. Chemical composition and decomposition rate of plants used as green manure. *Sci. Agr. (Piracicaba, Braz.)* 65(3):298-305.
- THÖNNISSEN, C.; MIDMORE, D.J.; LADHA, J.K.; OLK, D.C.; SCHIMIDHALTER, U. 2000. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. *Agron. J.* 92:253-260.
- VELAZQUEZ G, J. de J.; SALINAS G, J.R.; POTTER, K.N.; GALLARDO V, M.; CABALLERO H, F. 2002. Cantidad, cobertura y descomposición de residuos de maíz sobre el suelo. *Terra Latinoamericana*. Chapingo, México. 20 (2):171-182.
- WILD, A. 1992. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 1045.