

# RECICLAJE DE NITRÓGENO EN UNA SUCESIÓN FRIJOL-MAÍZ/CANAVALIA-FRIJOL EN SUELO FERRALÍTICO ROJO

Por Dra. C. Graciela Dueña Vega\*, Dr. C. Olegario Muñoz Ugarte\*\*,  
Dr. C. Luis Gómez Jorrín\*\*\* y M. Sc. Teresa Fraser Gálvez\*\*\*\*

\*, \*\*, \*\*\* y \*\*\*\* Instituto de Suelos, Cuba

\* <https://orcid.org/0009-0005-7811-7190>

E-mail: [gracieladuenasvega@gmail.com](mailto:gracieladuenasvega@gmail.com)

\*\* <https://orcid.org/> PEDIR A LOS AUTORES

E-mail: [olemuni7@gmail.com](mailto:olemuni7@gmail.com)

\*\*\* <https://orcid.org/> PEDIR A LOS AUTORES

E-mail: [director@isuelos.cu](mailto:director@isuelos.cu)

\*\*\*\* <https://orcid.org/0000-0003-0358-1886>

E-mail: [teresa.fraser@isuelos.cu](mailto:teresa.fraser@isuelos.cu)

## Resumen

Los abonos verdes se basan en el aprovechamiento de la energía solar para generar biomasa vegetal de alta calidad nutricional, por otra parte, el método isotópico permite medir la absorción de nutrientes por la planta, de forma más exacta y en menos tiempo que el convencional. Se desarrolló un experimento en condiciones de campo para determinar el reciclaje de N en una sucesión frijol común-maíz asociado a canavalia - frijol común. El experimento se desarrolló sobre suelo Ferralítico Rojo. Para la asociación del maíz con la canavalia se sembró un surco de canavalia cada dos de maíz. El frijol común se inoculó con cepas de *Rhizobium* y se le aplicaron 15 kg N ha<sup>-1</sup> como starter (iniciador) y al maíz 39 kg N ha<sup>-1</sup> en forma de sulfato de amonio 3,4 % <sup>15</sup>N (exceso atómico) para determinar el porcentaje de N derivado del fertilizante, del suelo y del residuo. El rendimiento y la extracción de materia seca por el maíz tuvieron un comportamiento acorde a la población de plantas en el área, el rendimiento en grano de frijol, cosechado después de la incorporación de la canavalia aumentó. El efecto residual de las leguminosas sobre los cultivos posteriores se puso de manifiesto al poder determinarse, mediante técnicas nucleares, que la biomasa incorporada llegó a acumular 43,6 kg N ha<sup>-1</sup>. Se discute el beneficio derivado de la implementación de las asociaciones de cultivos, en las áreas dedicadas a la ganadería en Cuba. sobre la fertilidad de los suelos y la producción de forraje.

*Palabras clave: abonos verdes, asociación de cultivos, técnicas nucleares.*

---

## NITROGEN RECYCLING IN A SUCCESSION BEAN-CORN/CANAVALIA-BEAN IN FERRALLITIC RED SOIL

### Abstract

Green manures are based on the use of solar energy to generate plant biomass of high nutritional quality, on the other hand, the isotopic method allows measuring the absorption of nutrients by the plant, more accurately and in less time than the conventional method. An experiment was developed under field conditions to determine N recycling in a common bean-corn succession associated with canavalia-common bean. The experiment was conducted on Red Ferrallitic soil. For the association of corn with canavalia, one furrow of canavalia was planted for every two furrows of corn. The common bean was inoculated with *Rhizobium* strains and 15 kg N ha<sup>-1</sup> was applied as starter and to corn 39 kg N ha<sup>-1</sup> in the form of ammonium sulfate 3,4 % <sup>15</sup>N (atomic excess) to determine the percentage of N derived from fertilizer, soil and residue. The yield and dry matter

extraction by corn behaved according to the plant population in the crop, the lower corn yield in the plots with canavalia could be corrected with an increase in corn planting density, the bean grain yield, harvested after the incorporation of canavalia increased. The residual effect of legumes on subsequent crops was demonstrated when it was determined by nuclear techniques that the incorporated biomass accumulated 43,6 kg N ha<sup>-1</sup>. The benefits derived from the implementation of crop associations on soil fertility and forage production in livestock areas in Cuba are discussed.

**Keywords:** green manures, crop association, nuclear techniques..

## I. Introducción

Los abonos verdes se basan en el aprovechamiento de la energía solar para generar biomasa vegetal de alta calidad nutricional, son tecnologías alternativas basadas en el aprovechamiento eficiente de la radiación que, entre otros beneficios, estimulan la expresión de las simbiosis plantas-microorganismos, además de propiciar los procesos de acumulación, reciclaje y absorción de nutrientes a partir de la materia orgánica (Prager *et al.*, 2012).

La asociación de cultivos de maíz y leguminosas es una técnica agroecológica viable por poseer ventajas como, incorporar en el suelo los residuos vegetales que pueden reducir las poblaciones y daños ocasionados por patógenos que atacan a las plantas, favorecer la conservación del suelo con el mejoramiento de la fertilidad, mejorar el rendimiento del desarrollo de granos en la cosecha de maíz y leguminosas, y permiten beneficios ecológicos y económicos (Torres *et al.*, 2018).

El método isotópico permite medir la absorción de nutrientes por la planta, proveniente de los fertilizantes, de los residuos de cosecha y del suelo, de forma más exacta y en menos tiempo que el método convencional (Zapata, 1990); esto constituye una valiosa herramienta de trabajo en el establecimiento de las medidas para el manejo integrado de los sistemas agrícolas.

Los suelos dedicados a la ganadería, en Cuba, presentan serios problemas que limitan el desarrollo de los cultivos, por ejemplo, poca profundidad efectiva, mal drenaje, rocosidad y sobre todo baja fertilidad. Esta problemática se ha visto agravada por la disminución en la adquisición de fertilizantes minerales, por el país, en el año 1987 el consumo de fertilizantes por la ganadería en Cuba alcanzó el valor de 82,7, 11,1 y 3,04 miles de toneladas de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, en 1992 las cifras fueron de 17,89, 0,43 y 0,43 miles de toneladas. A partir de 1992 las áreas ganaderas no han recibido ninguna asignación de fertilizantes mineral, todo esto ha conllevado a la disminución de los tenores de materia orgánica y de nutrientes tan importantes como fósforo y potasio, es por ello que el empleo de alternativas tan promisorias como el empleo de los abonos verdes y la fijación biológica del N resultan de gran importancia en relación con la recuperación de los suelos dedicados a la ganadería en Cuba y en particular en la provincia de la Habana.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar, mediante el isótopo <sup>15</sup>N, el reciclaje de N en una sucesión maíz – frijol con la inclusión de un abono verde asociado en el sistema, así como, a partir de estos resultados, analizar las ventajas de la introducción de esta alternativa en los sistemas ganaderos cubanos.

## II. Materiales y métodos

Se desarrolló un ensayo sobre suelo Ferralítico Rojo asociando la canavalia (*Canavalia ensiformis*) al maíz (2 surcos de maíz y 1 de canavalia), para evaluar el reciclaje de N en la sucesión maíz-frijol teniendo como cultivo precedente el frijol. El frijol común se inoculó con cepas de *Rhizobium* y se le aplicaron 15 kg N. ha<sup>-1</sup> como starter y al maíz 39 kg N. ha<sup>-1</sup> en forma de sulfato de amonio 3,4 % <sup>15</sup>N (exceso atómico) para determinar el porcentaje de N derivado del fertilizante (% N ddf), del suelo (% N dds) de la fijación (% N dda) y del residuo (% N res.).

El esquema experimental desarrollado fue el siguiente:

Tratamiento 1. Maíz asociado a canavalia: la parcela contó con 3 surcos de 3 m de largo (2 surcos de maíz y 1 de canavalia) y un área de 6,3 m<sup>2</sup>.

Tratamiento 2. Maíz no asociado: la parcela contó con 3 surcos de 3 m de largo y un área de 6,3 m<sup>2</sup>.

En todos los casos se determinó el rendimiento de grano. La canavalia se sembró en el mismo momento que el maíz y ambos residuos se incorporaron juntos en el momento de la siembra del frijol posterior.

Todos los resultados obtenidos fueron evaluados por un análisis de varianza de acuerdo a un modelo de clasificación doble.

La preparación de las muestras para la determinación de N total y <sup>15</sup>N se realizó según la metodología establecida por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA), (Zapata, 1990).

## III. Resultados y discusión

### Aporte del abono verde al sistema suelo - planta

Los resultados que se muestran en las Tabla 1 indican que el rendimiento y la extracción de materia seca por el maíz tuvieron un comportamiento acorde a la población de plantas en el cultivo, este menor rendimiento de maíz en las parcelas con canavalia pudiera ser corregido con un incremento en la densidad de siembra de maíz (Alfonso, 1997). El efecto beneficioso sobre los rendimientos agrícolas y sobre el suelo se hizo evidente en los rendimientos obtenidos en el cultivo del frijol, después de la incorporación del abono verde.

Tabla 1. Rendimiento en grano en la sucesión maíz/canavalia - frijol

Tratamiento	(t. ha <sup>-1</sup> ) maíz	(t. ha <sup>-1</sup> ) Frijol
Frijol-maíz/canavalia	2,38	2,57
Frijol-maíz	3,47	2,04

En la tabla 2 se muestra la extracción de N realizada por la planta de frijol, en dependencia de la posible reserva de N disponible en el sistema. De los 154,21 kg N. ha<sup>-1</sup> que extrajo el frijol, los mayores aportes provinieron del suelo, de la fijación biológica del N y del residuo, ya que se aplicaron solamente 15 kgN.ha<sup>-1</sup> como fertilizante (starter o iniciador) para favorecer el proceso de fijación biológica de N, (Rodríguez *et al.*, 2023) encontraron que para alcanzar una óptima fijación de nitrógeno se requiere de una aplicación mínima de fertilizante nitrogenado y adecuada disponibilidad de fósforo, potasio y azufre.

Numerosos autores han demostrado la potencialidad de los abonos verdes en sustituir parcial o totalmente las necesidades de N e incrementar los rendimientos de numerosos cultivos agrícolas, principalmente de los cereales, lográndose impactos en países como China, EUA y Colombia. En este trabajo

el método isotópico permitió determinar que la biomasa incorporada por la canavalia llegó a acumular 43,6 kg N ha<sup>-1</sup> que fue utilizado por el cultivo sucesor, frijol. Esto demuestra el innegable beneficio derivado de esta práctica agrícola.

Tabla 2 Resultados obtenidos por el método isotópico. Cultivo: frijol (segunda cosecha)

Tratamiento	N fijado	Suelo	Fertilizante	Residuo	Total
% N	35.75	35.57	0.22	28.27	99.81
Kg N. ha <sup>-1</sup>	55.42	54.86	0.33	43.60	154.21

#### Importancia de la tecnología de asociación de cultivos en los sistemas ganaderos cubanos

La total eliminación de las dosis fertilizantes minerales en las áreas dedicadas a la ganadería en Cuba, conllevó a la disminución paulatina de la disponibilidad de nutrientes en estos suelos, con la consiguiente disminución de la masa ganadera y la aguda reducción de la producción de leche (Lok, 2015) y (Leyva *et al.*, 2016). En este sentido los Institutos especializados en esta temática se han dedicado a introducir en las áreas ganaderas, alternativas a la fertilización como las plantas fijadoras de N entre ellas *Leucaena leucocephala*, que también contribuye a la alimentación del ganado (Mancassola & Casanova, 2015), o especies arbustivas con alto contenido proteico como Morera (*Morus alba*, L.), (Mejía, 2019). Sin embargo, estas son especies de altos requerimientos de nutrientes, (Dueñas *et al.*, 2022) concluyeron, en un estudio de niveles de N y K para el establecimiento y explotación de la especie morera, que, para obtener altos rendimientos de forraje, sin comprometer las reservas del suelo, se requieren dosis elevadas de fertilizantes minerales. El empleo de abonos verdes y la fijación biológica del N en los sistemas agrícolas, en particular los ganaderos, es una vía eficiente para lograr un manejo sostenible de los mismos.

#### IV. Conclusiones

La introducción de la canavalia asociada al maíz incrementó, después de su incorporación al suelo, el rendimiento del cultivo posterior (frijol), la biomasa incorporada por la canavalia acumuló 43.6 kg N ha<sup>-1</sup>.

El empleo de abonos verdes y la fijación biológica del N en los sistemas agrícolas, en particular los ganaderos, es una vía eficiente para lograr un manejo sostenible de los mismos.

#### V. Recomendaciones

Introducir la tecnología de asociación de cultivos en las estrategias de manejo de los sistemas agrícolas, en particular los sistemas de producción de alimento animal, en Cuba.

#### VI. Referencias bibliográficas

- Alfonso, C., Riverol, M., Porras, P., Cabrera E., Llanes, J., Hernández, J., Somoza, V. (1997). Las asociaciones maíz-leguminosas: su efecto en la 73.
- Dueñas, G., Fraser, T., Sosa, I. (2022) Leucaena y morera en el manejo sostenible de suelos dedicados a la ganadería en Cuba. *Agrotecnia de Cuba* 46(1)55-66.
- Leyva, A.; Páez, E. y Casanova, A. (2016). Rotación y policultivos. En: F. Funes-Aguilar y L. L. Vázquez-Moreno (eds.). *Avances de la Agroecología en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. 19-46.
- Lok, S. (2015). Los suelos dedicados en la ganadería en Cuba: características, manejo, oportunidades y retos. *Memorias V Congreso Producción Animal Tropical*, 16 al 20 de noviembre de 2015. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-7171-70-6.
- Mancassola, M. y Casanova, O. (2015). Balance de nutrientes de los principales productos agropecuarios de Uruguay para los años 1990, 2000 y 2010. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. IAH 17-Marzo: 2-13.
- Mejía, H.J. (2019). La morera (*Morus sp*) como alternativa en sistemas silvopastoriles. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Nicaragua. 5 (9):1-10.
- Prager, M. M., Sanclemente, R. O., Sánchez, M., Miller, G. J., (2012). Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* 7: 53-62.
- Rodríguez, J.C., Romero, J. J, Montilla, M. A. (2023) Fijación biológica de nitrógeno y producción bovina en ambientes tropicales. *Ciencia y Agricultura*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, vol 20(3)17 p.
- Torres, C. S., Huaraca, F. J., Pezos, D.L., Calderón, C. R. (2018) Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Volumen 4 (1): 15 – 22.
- Zapata, F. (1990). Isotope techniques in soil fertility and plant nutrition studies, use of nuclear techniques in studies of soil-plant relationships. *Training Course Series 1990, IAEA* (2): 61-127.

**Conflicto de intereses:** Los autores no declaran conflicto de intereses vinculados a la investigación presentada.

#### Contribución de los autores

Conceptualización, Curación de Datos, Análisis Formal, Investigación, Metodología: Graciela Dueña Vega, Olegario Muñiz Ugarte, Luis Gómez Jorrín y Teresa Fraser Gálvez.

Supervisión, Redacción – borrador original: Graciela Dueña Vega, Olegario Muñiz Ugarte.

Redacción – revisión y edición: Graciela Dueña Vega, Olegario Muñiz Ugarte, Luis Gómez Jorrín y Teresa Fraser Gálvez.

Recibido: 1ro de junio de 2024

Aceptado: 28 de junio de 2024