

Aplicación de gallinaza y reducción del fertilizante mineral sobre el rendimiento en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en inundación[§]

Ramón López¹, Bernardo Viña², Ana Reynoso^{3, 4} y Freddy Contreras^{3, 5}

Entre las principales limitantes para la sostenibilidad de la producción de arroz en la República Dominicana está los altos costos de producción. El uso irracional de agroquímicos y fertilizantes representa más del 25% del costo de producción para más de 30 mil productores que siembran aproximadamente 140 mil hectáreas. El desarrollo del subsector avícola aporta volúmenes relativamente altos de subproductos para la fertilización orgánica, entre los que se destaca la gallinaza. El objetivo de este experimento fue evaluar el uso de gallinaza y la reducción del fertilizante mineral en función del rendimiento de grano paddy y la cantidad de clorofila en las hojas. Se instaló un experimento en la Estación Experimental Arrocera Juma del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), utilizando la variedad de arroz 'Juma 67', los tratamientos consistieron en no aplicación de fertilizantes mineral ni gallinaza (T1); 100% de fertilización mineral (T2); 100% gallinaza (T3) y la aplicación de gallinaza conjuntamente con la reducción del fertilizantes mineral con dosis general de 120-80-60 de NPK por hectárea (T4 al T7). La aplicación de gallinaza se realizó al voleo en la parte superficial del suelo en dosis de 5,000 kg ha⁻¹. Los resultados indican que el uso de gallinaza sin aplicación de fertilizante mineral obtuvo el mayor rendimiento en grano paddy (4,852.5 kg ha⁻¹). Además, la mayor cantidad de granos por panícula correspondió a la aplicación de gallinaza conjuntamente con el 50% del fertilizante mineral.

Palabras clave: fertilizante orgánico, clorofila, fertilidad de la panícula.

INTRODUCCIÓN

El arroz es el cultivo de mayor impacto social y económico de la República Dominicana, involucra a más de 30,000 productores, con fincas menores de 4 hectáreas, siembran aproximadamente 140 mil hectáreas, generando más de 150 mil empleos directos. Se estima que más de 500 mil personas dependen de las actividades de producción, procesamiento y comercialización del cereal, MA (2010).

Entre las principales limitantes para la sostenibilidad de la producción de arroz en el país están: relativamente alto costo de producción, uso irracional del agua, falta de planificación de la producción, insuficiente cantidad de maquinarias para la cosecha oportuna, uso excesivo de agroquímicos y problemas de comercialización, Matsuya *et al.* (2002). Los fertilizantes representan más del 25% del costo de producción en el cultivo de arroz en el país, MA (2010). Matsuya *et al.* (2002), sugieren que se deben incorporar prácticas de fertilización orgánica y regular la fertilización química en el cultivo de arroz.

En la actualidad, el productor arrocero dominicano hace uso indiscriminado de los insumos de producción del cultivo de arroz (fertilizantes, semilla y agua, entre otros), sobrepasando los requerimientos del cultivo y provocando baja en la rentabilidad del cultivo. El uso excesivo de fertilizantes contamina el agua superficial y

subterránea, tales como: ríos, arroyos y cañadas, afectando la calidad de vida de los usuarios del agua contaminada.

El sector avícola, por su escala de producción, es uno de los renglones de mayor aporte en volumen de subproductos para la fertilización orgánica, entre los que destaca la gallinaza. Rodríguez (1969) estimó que cada 24 horas una gallina produce entre 135 y 150 g de excretas, cantidad que depende del tamaño, estado fisiológico del ave, dieta y época del año. Esto equivale, aproximadamente, a 12.5 kg de materia seca (MS) por gallina por año. Según Vargas (1994), cuando el consumo de pollo fue de 8.5 millones unidades mensuales en el país la producción de gallinaza se estimaba en 127,000 toneladas al año.

La gallinaza es el material resultante de la combinación del excremento producido por gallinas, junto con la cama que se utiliza para aislarlos del piso. La palabra gallinaza se define como excremento de aves, que se acumula durante la etapa de producción de huevo o bien durante períodos de desarrollo de las aves, que al ser mezclada con alimento, plumas, huevos enteros y algunas de sus partes se procede a envejecer para convertirla en gallinaza.

¹ Estudiantes de agronomía de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), ² investigador de la Estación Experimental de Juma, bernardovina@hotmail.com, ³ profesores de la UASD, ⁴ areynoso2000@hotmail.com, ⁵ investigador titular del IDIAF, sinencio@yahoo.com; [§] parte de la tesis para optar por el título de ingeniero agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, UASD.

La gallinaza tiene un alto contenido de humedad y altos niveles de nitrógeno. Una característica importante de las enmiendas orgánicas es su habilidad para estimular el complejo de microorganismos beneficiosos. Las ventajas de los residuos avícolas, especialmente de las pollinazas, con relación a los abonos comerciales, en que los primeros contribuyen con cantidades significativas de N, P, K y materia orgánica que causan la liberación lenta de los nutrientes en el suelo y la materia orgánica (MO) mejora la estructura del suelo, así como la capacidad de conservación de agua y nutrientes. El medidor de clorofila portátil (SPAD) proporciona una lectura instantánea de una manera no destructiva de las hojas, aparece como una alternativa de indicación del nivel de nitrógeno en la planta y sirve como una herramienta eficaz para evaluar las necesidades variable de la aplicación de nitrógeno en la producción de arroz, Dobermann y Fairhurst (2000) y Singh *et al.* (2002).

El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de gallinaza y la reducción del fertilizante mineral en función del rendimiento de grano paddy y la cantidad de clorofila en las hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la segunda etapa del cultivo de arroz del año 2012, en la Estación Experimental Arrocera Juma del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Bonao, provincia Monseñor Nouel, ubicada en las coordenadas 18° 54' latitud N y 70°23' longitud O, con una altitud de 178 msnm, y pluviometría anual correspondiente a 2,200 mm; además se registró una temperatura media anual de 25.6°C. Se utilizó la variedad de arroz 'Juma 67', plantada con un marco de 0.25 m x 0.25 m. El experimento ocupó un área de 1,250 m².

Para esta investigación se utilizó gallinaza, almacenada a temperatura ambiente, protegida de los rayos solares para conservar sus propiedades, por un período de tres meses, luego para su homogenización, se trituró en una

máquina moladora de tierra, para igualar el tamaño textura y consistencia y así tener una mejor distribución en el terreno. Esta se aplicó al voleo en la parte superficial del suelo, para así tener un mejor aprovechamiento de los primeros 5 centímetros del suelo, ya que en esta profundidad las plantas conservan más del 60% de sus raíces, Contreras (1997).

La dosis de gallinaza utilizada fue de 5,000 kg ha⁻¹, en los tratamientos (3, 4, 5, 6 y 7); mientras que a los tratamientos 1 y 2 no se les aplicó gallinaza. Se realizó dos aplicaciones, una primera aplicación a los 15 días después del trasplante con el 50 % del total a aplicar por tratamiento y la segunda aplicación a los 28 días después de la primera aplicación con el restante 50%.

La dosis general de fertilizante mineral correspondió a 120-80-60 de NPK por hectárea, correspondiendo al 100% del fertilizante para el tratamiento 2 y 7, Tabla 1. Esta dosis fue reducida en 25%, 50% y 75% para los tratamientos 4, 5 y 6, respectivamente.

El manejo del experimento consistió en: preparación del suelo, que consistió en tres pases de motocultor y nivelación del terreno. El control de malezas se realizó por deshierbo manual y chapeo de los muros. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SAS.

El área útil cosechada fue de 5m² por unidad experimental, las muestras se secaron, ventearon y pesaron. Posteriormente, se determinó el contenido de humedad para cada unidad experimental, para así poder ajustarlas al 14% de humedad. Se seleccionaron 10 plantas al azar por cada unidad experimental, midiendo la altura desde el suelo hasta el último grano de la panícula más alta.

En las plantas seleccionadas para medir la variable altura de planta, se determinó la cantidad de panícula y en función del área ocupada se determinó la densidad de panícula por metro cuadrado.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos con relación a las cantidades de gallinaza y de fertilizantes químicos a utilizar.

Tratamientos	Siglas	Gallinaza	Fertilizantes químicos
1	0G+0%F	Sin aplicación	Sin aplicación
2	0G+100%F	Sin aplicación	100% del fertilizante mineral
3	G+0%F	Con gallinaza	Sin Aplicación
4	G+25%F	Con gallinaza	25% del fertilizante mineral
5	G+50%F	Con gallinaza	50% del fertilizante mineral
6	G+75%F	Con gallinaza	75% del fertilizante mineral
7	G+100%F	Con gallinaza	100% del fertilizante mineral

0G=sin aplicación de gallinaza; G=aplicación de gallinaza; F=fertilización mineral

El contenido de clorofila se determinó con el clorofilómetro SPAD 502, en el centro de la penúltima hoja, siendo seleccionadas 10 plantas por unidad experimental.

Para determinar la variable fertilidad de la panícula, correspondiente al número de granos buenos y vanos por panícula, se cosecharon 15 panículas al azar por unidad experimental, separando los granos vanos y llenos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al establecer reducción del fertilizantes mineral en combinación con el uso de gallinaza se determinó que el mayor rendimiento en grano paddy fue de 4,852.5 kg ha⁻¹, que se obtuvo cuando se utilizó 5,000 kg ha⁻¹ de gallinaza sin aplicación de fertilizante mineral, seguido por la aplicación de gallinaza conjuntamente con la reducción del fertilizante mineral en 50% con rendimiento promedio de 4,582.5 kg ha⁻¹, Figura1.

La aplicación sola de gallinaza y la aplicación conjunta con la reducción del 50% del fertilizante mineral no fueron estadísticamente diferentes de la aplicación de gallinaza combinada con el 25% del fertilizante mineral (reducción del fertilizante mineral en 75%).

En la comparación de medias (prueba t) los tratamientos a los que fueron aplicado fertilizantes orgánico y mineral (T2, T3, T4, T5, T6 y T7) superaron significativamente al testigo absoluto que rindió 3,635.5 kg ha⁻¹, este valor representa el aporte del suelo sin considerar la aplica-

ción de fertilizante ni de gallinaza. Varios autores han indicado la importancia de la fertilización mineral u orgánica en el cultivo de arroz, Buresh y De Datta (1991), Ladha *et al.* (2000) y Moran *et al.* (2005). Dentro de los tratamientos en que se utilizó fertilizantes (orgánico y/o mineral) el rendimiento más bajo correspondió a la combinación de gallinaza con el 100% de la fertilización (T7) con un rendimiento promedio de 4,161 kg ha⁻¹. No se recomienda utilizar la combinación de ambos fertilizantes en la localidad de Juma y con la variedad 'Juma 67'. Las dosis de gallinaza más elevadas no pudieron igualar en rendimiento al tratamiento mineral.

El efecto de la aplicación de gallinaza y la reducción del fertilizante mineral en relación a los componentes que determinan la fertilidad de la espiguilla son presentados en la Tabla 2. Se destaca que la aplicación de gallinaza y fertilizante mineral no afectó estadísticamente la cantidad de granos de calidad por panícula en la variedad 'Juma 67', sin embargo investigaciones anteriores indican que con la ausencia de fertilización mineral y orgánica los componentes de los rendimientos son afectados, Peters y Calvert (1982). La aplicación nitrogenada aumenta el porcentaje de espiguillas llenas, la cantidad promedio por panícula fue de 70.3 granos de calidad para el experimento.

La cantidad de granos vanos, total de granos y fertilidad de la panícula presentaron efectos significativos por la aplicación de gallinaza y fertilizante mineral.

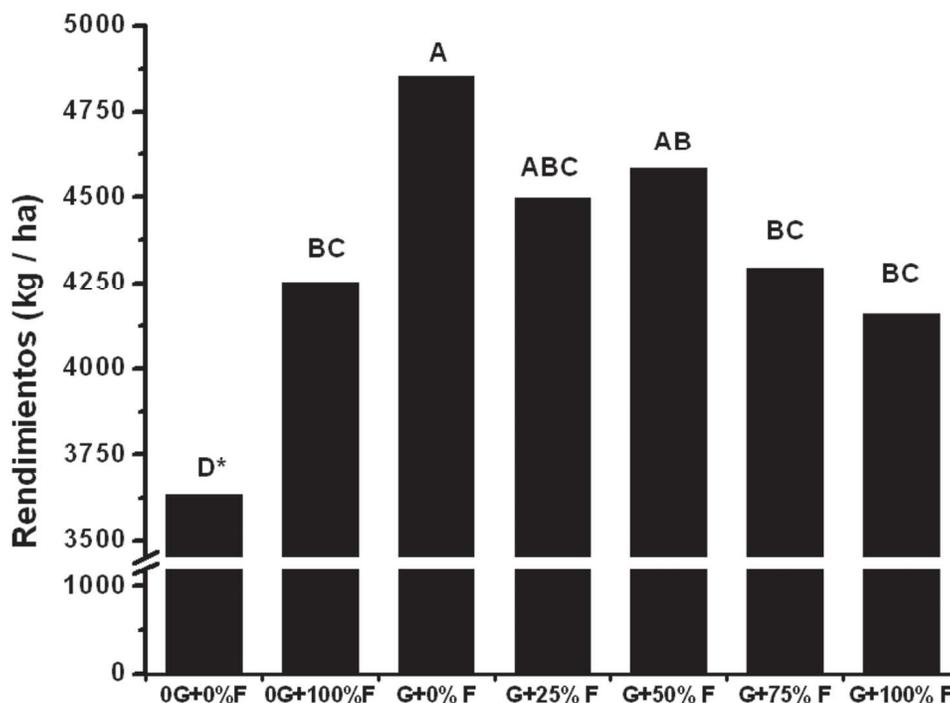


Figura1. Rendimiento en grano paddy (kg ha⁻¹) en función a la aplicación de fertilizantes orgánicos y reducción de la aplicación de la fertilización mineral en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L). 0G= no aplicación de gallinaza; G= aplicación de gallinaza. (*) Letras iguales entre columna no difieren estadísticamente.

Cuando no se utilizó fertilizantes mineral ni orgánico (gallinaza) se presentó la menor cantidad de granos vanos por panícula (41.1) seguida de la aplicación de gallinaza sin el uso de fertilizante mineral que reportó un valor de 58.0 granos vanos en cada panícula. En la Tabla 2, se muestra una tendencia a aumentar la cantidad de granos vanos en la medida que aumentamos la dosis de fertilizantes mineral, conjuntamente con el uso de gallinaza.

Cuando se aumenta la aplicación de fertilizantes mineral conjuntamente con el uso de gallinaza en la superficie del suelo, se presenta un aumento en el número total de granos por cada panícula, independientemente de este sea vano o lleno, de acuerdo a Barbosa (1987). El número total de granos por panícula es uno de los componentes del rendimiento del cultivo de arroz.

Entre los mejores tratamientos estuvieron la aplicación de gallinaza conjuntamente con el 50% del fertilizante mineral, siendo obtenido 155.1 granos total por panícula y la aplicación de gallinaza y 100% del fertilizantes con 151.3 granos por panícula. Cuando se aplica la gallinaza sin ningún fertilizante mineral, la cantidad total de granos por panícula fue de 126.8, mientras que la aplicación de fertilizantes mineral sin aplicación de gallinaza correspondió a 138.0 granos, siendo estadísticamente superior la aplicación de fertilizantes mineral a la gallinaza con un aumento de 9.1% en la cantidad total de granos.

Analizando la contribución del fertilizantes mineral (T2) en relación al aporte del suelo (T1), se concluye que el fertilizante mineral aportó un aumento de 26% en la cantidad de granos por panícula, mientras que por efecto de la gallinaza el aumento de 15.1 % en relación al aporte del suelo, esto indica que la fertilización mineral tiene un rol importante. Fageria *et al.* (1984), indica que

el número de grano por metro cuadrado contribuye en 60% en la producción de arroz en el campo. Es importante señalar que investigaciones en el cultivo de arroz, destacan la cantidad de granos vanos por panícula y no resaltan otros componentes que inciden en la fertilidad, es decir, una variedad puede tener alta cantidad de granos vanos y tener también elevada cantidad de granos totales, lo que corresponderá a un contenido elevado de granos de calidad.

La mayor fertilidad de la panícula correspondió al tratamiento donde no fue aplicada la gallinaza ni fertilizante mineral (T1), correspondiendo al aporte del suelo, seguido del tratamiento que solo se utilizó gallinaza (T3), mientras que, el uso combinado de gallinaza con 100% de fertilizantes reportó la menor fertilidad de la panícula, esto se traduce a una mayor cantidad de granos vanos por panícula, no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos para la cantidad de granos llenos por cada panícula, Tabla 2.

La cantidad de clorofila en las hojas fue analizada por el valor SPAD 502, siendo resumido en la Figura 2, los cuales presentaron diferencia significativa en el análisis de varianza por tratamientos, y la mayor incidencia del contenido de clorofila en las hojas resultó cuando se combinó la dosis de gallinaza 5,000 kg ha⁻¹ conjuntamente con el fertilizante mineral en 100%. En la evaluación de clorofila realizada en el inicio del primordio floral, el promedio, en todo el experimento fue de 38.1 valor del SPAD 502.

Según la comparación de medias LSD Fisher mostrada en la Figura 2. Se observa que la aplicación de fertilizante mineral en las dosis más altas correspondieron a los tratamientos que presentaron el contenido de clorofila más alto en las hojas, con 75% y 100% del fertilizante mineral (T7, T6 y T2). Mientras que el no uso de fertili-

Tabla 2. Aplicación de gallinaza y fertilizante mineral en relación a los componentes de fertilidad de la panícula de arroz.

Tratamientos	Siglas	Granos buenos	Granos vanos	Total granos	Fertilidad de la panícula (%)
1	OG+0%F	68.4	41.1d*	109.5 f	62.6 a
2	OG+100%F	67.8	70.0 ab	138.0 cd	49.1 bc
3	G+0%F	68.3	58.0 c	126.5 e	54.2 b
4	G+25%F	67.7	65.5 bc	133.3 de	50.9 bc
5	G+50%F	76.6	79.0 a	155.1 a	49.3 bc
6	G+75%F	72.5	72.0 ab	144.4 bc	50.1 bc
7	G+100%F	71.9	79.5 a	151.3 ab	47.7 c
	CV %	8.1	10.2	4.8	7.2
	Promedio	70.3	66.6	136.9	52.0

(*) Letras iguales en la columna no difieren de acuerdo al teste de t (LSD) al nivel de 5% de significancia

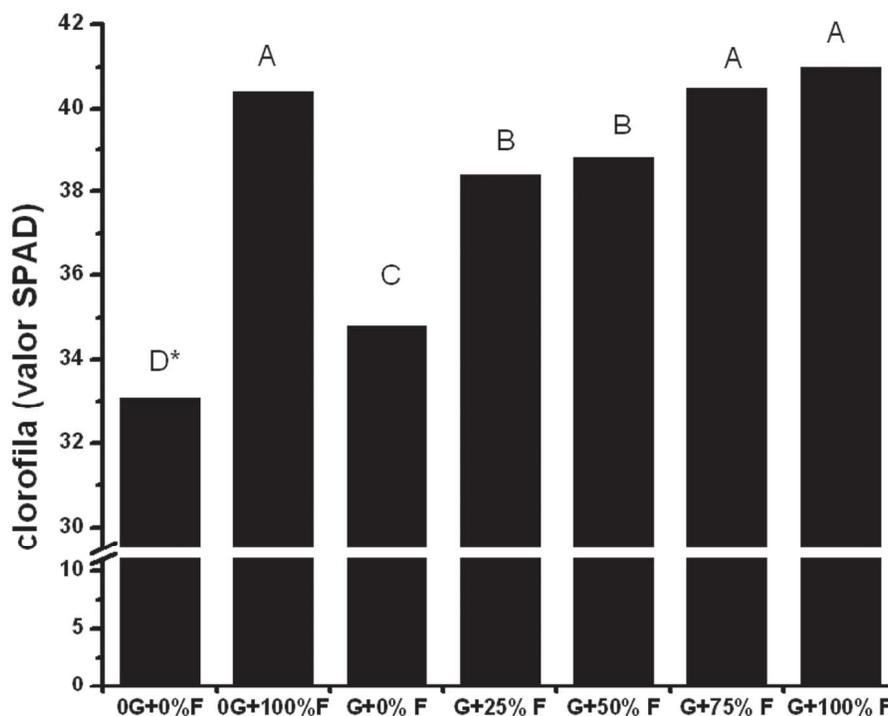


Figura 2. Respuesta al contenido de clorofila a la aplicación de gallinaza y reducción del fertilizantes mineral en arroz (*Oryza sativa* L). (*) Letras iguales entre columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba t (LSD) al nivel de 5% de probabilidad.

zante mineral resultaron ser los tratamientos con menor contenido de clorofila en las hojas (T1 y T3). Esto indica que la aplicación de fertilizante mineral no necesita ser mineralizado para estar disponible para las plantas y su absorción es mar rápida. Se destaca una tendencia a aumentar la cantidad de clorofila en la medida que aumenta las cantidades de fertilizantes mineral.

CONCLUSIONES

La gallinaza puede sustituir los fertilizantes minerales utilizados en el cultivo de arroz aumentando los rendimientos en granos paddy.

La mayor cantidad de granos por panículas correspondió a la combinación de gallinaza en dosis de 5,000 kg ha⁻¹ y la reducción del fertilizante mineral en 50%.

La fertilización mineral incide directamente en el contenido de clorofila en las hojas.

LITERATURA CITADA

- Barbosa, M. 1987. Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado) Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Boletim Técnico 9. 129p.
- Buresh, R.; De Datta, S. 1991. Nitrogen dynamics and management in rice-legume cropping systems. *Advances in Agronomy* 45:1-59.
- Contreras, F.; Moquete, C. 2001. Fertilización en el cultivo de arroz en la República Dominicana. Programa Nacional de Cereales. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Santo Domingo, DO.
- Contreras, F. 1997. Fuentes de nitrógeno y época de aplicación de potasio en arroz irrigado. 1997, 50p. Tesis (Maestría) del Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: solo. Facultad de Agronomía Eliseu Maciel, Universidad Federal de Pelota, Pelotas, Rio Grande del Sur, BR.
- De Datta, S.; Samson, M.; Kai-Rong, W.; Buresh, R. 1988. Nitrogen use efficiency and nitrogen-15 balances in broadcast-seeded flooded and transplanted rice. *Soil Science Society of America* 52: 849-855.
- Dobermann, A.; Fairhurst, T. 2000. Rice: Nutrient disorders and nutrient management. Potash and Phosphate Institute. Manila, PH.191p.
- Fageria, N.; Barbosa, M.; Carvalho, J.; Rangel, P.; Cutrim, V. 1984. Avaliação preliminar de cultivares de arroz para tolerância à toxidez de ferro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 19(10):1278-1280.
- Matsuya, K.; Contreras, F.; Abreu, Q.; Nova, J. 2002. Reporte análisis de suelo y encuesta para cultivo de arroz en la República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). DO. 125p.

- MA (Ministerio de Agricultura, DO). 2010. Estadísticas del Departamento de Fomento Arrocero. Bonaó, Monseñor Nouel, DO
- MA (Ministerio de Agricultura, DO). 2010. Siembra, cosecha y producción del cultivo de arroz por regionales para el período 2006-2010. División de Programación y Estadística, Departamento Nacional de Fomento Arrocero, Subsecretaría de Producción y Mercadeo. Santo Domingo, DO. 3p.
- Moran, K.; Six, J.; Horwath, W.; Van Kessel, C. 2005. Role of mineral-nitrogen in residue decomposition and stable soil organic matter formation. *Soil Science Society of America* 69 (6):1730-1736.
- Peters, G.; Calvert, H. 1982. The Azzola – Anabaena symbiosis. In: Raos, N.S.S. (Eds.). *Advances in agricultural microbiology*. New Delhi, IN. Pp 191-218.
- Rodríguez, G. 1969. Capítulo II. Revisión bibliográfica. Utilización de nitrógeno no proteico. En: *Investigaciones básicas para la utilización de las excretas de aves en la alimentación de los rumiantes*. 1ra Ed. Instituto del Libro. La Habana, CU. 30p.
- SAS Institute Inc. 2002. The SAS-System for Windows release 9.0, (TS00M0) (software). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Singh, B.; Singh, Y.; Ladha, J.; Bronson, K.; Balasu, V.; Singh, J.; Khind, C. 2002. Chlorophyll Meter- and Leaf Color Chart-Based Nitrogen Management for Rice and Wheat in Northwestern India. *Agro-nomy Journal* 94(4):821-829.
- Vargas, D. 1994. Uso Potencial de Subproductos Animales en la Alimentación Animal en la República Dominicana. Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Producción Animal (CIMPA), Santiago, DO.