



EVALUACIÓN DE DOSIS NITROGENADAS EN ALBAHACA Y SU EFECTO EN LA LIXIVIACIÓN DE NITRATOS

Martha Constanza Daza¹ ✉, Sebastián Escobar² y Norberto Urrutia³.

¹Profesora asociada. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad del Valle.



martha.daza@co
reounivalle.edu.co

²Ingeniero Agrícola. Universidad del Valle.

³Profesor Titular. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad del Valle.

Palabras clave:
lisímetros, eficiencia,
genovesa, urea,
nitrógeno foliar.

RESUMEN

La optimización de la fertilización nitrogenada es importante para la sostenibilidad de los sistemas productivos agrícolas y la reducción de la contaminación de agua y suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar varias dosis de nitrógeno (N) en albahaca (*Ocimum basilicum* L) variedad genovesa considerando la mejor respuesta agronómica de la planta y la menor lixiviación de nitratos. El experimento se llevó a cabo en la Universidad del Valle (Cali, Colombia), donde se dispuso un diseño completamente al azar y se evaluaron 5 dosis de N (0, 50, 100, 150 y 200 kg·ha⁻¹). Cada tratamiento tuvo tres repeticiones y cada unidad experimental constó de un lisímetro de drenaje, donde se dispuso suelo franco arcilloso y una planta de albahaca. Se evaluaron variables como nitrato lixiviado, N foliar, rendimiento, N total del suelo (56 días) y la eficiencia de utilización del N. Los resultados mostraron que la dosis de 100 kg·ha⁻¹ fue la que obtuvo menor lixiviación de nitratos (2,1 kg·ha⁻¹) y mejor comportamiento agronómico en N foliar (35 kg·ha⁻¹) y rendimiento (11,4 kg·ha⁻¹ de hoja fresca). Para esta misma dosis el N en el suelo fue de 0,14% y la eficiencia de utilización fue mayor al 50%. Las dosis por debajo de 100 kg·ha⁻¹ presentaron baja lixiviación, pero también baja respuesta en la planta y dosis por encima de 100 kg·ha⁻¹, obtuvieron valores similares en variables agronómicas pero alta lixiviación y baja eficiencia de utilización del N.

EVALUATION OF NITROGEN DOSE IN BASIL AND ITS EFFECT ON NITRATE LIXIVIATION

Key words: lysimeter, efficiency, genovesa, urea, leaf nitrogen.

ABSTRACT

Optimization of nitrogen fertilization is important for the sustainability of agricultural production systems and reducing water and soil pollution. The aim of this study was to evaluate various doses of nitrogen (N) in basil (*Ocimum basilicum* L) Genovese variety, considering the best agronomic plant response and reduced nitrate leaching. The experiment was conducted at the Universidad del Valle (Cali, Colombia), where a completely randomized design was arranged and 5 doses of N (0, 50, 100, 150 and 200 kg·ha⁻¹) were evaluated. Each treatment had three replicates and each experimental unit consisted of a drainage lysimeter where clay loam soil and a plant basil were placed. Variables such as nitrate leaching, N foliar, yield, total N soil (56 days) and the efficiency of utilization of N were evaluated. The results showed that the dose of 100 kg·ha⁻¹ obtained less nitrate leaching (2,1 kg·ha⁻¹) and better agronomic performance as foliar N (35 kg·ha⁻¹) and yield (11.4 kg·ha⁻¹ of fresh leaf). For this same dose, the soil N was 0,14% and utilization efficiency was greater than 50%. Doses below 100 kg·ha⁻¹ showed low leaching but also low response in the plant and doses above 100 kg·ha⁻¹, similar values in agronomic variables were obtained but high leaching and low utilization efficiency N were reached

SUELOS
ECUATORIALES
48 (1 Y 2): 50-56
ISSN 0562-5351

Rec.: 04.05.2018

Acep.: 27.06.2018

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es un elemento fundamental para la vida en el planeta (Kingston et al., 2000). Las plantas absorben la mayor parte del N por vía radicular, aunque en pequeñas cantidades lo puede hacer por vía foliar. La fuente principal de N para plantas y organismos proviene del suelo y es tomado en formas inorgánicas siendo amonio (N-NH_4^+) y nitrato (N-NO_3^-) las más reconocidas (Datnoff et al., 2007). La materia orgánica del suelo es la principal fuente de N para las plantas, la cual suministra cerca del 95% de N total; el 5% de N restante es inorgánico entre las cuales se encuentran NH_4^+ y NO_3^- resultantes del proceso biológico fundamental dentro del ciclo del N llamado mineralización (Johnston et al., 2009).

A pesar de que los suelos contienen materia orgánica estabilizada, las prácticas agrícolas inadecuadas como la labranza, las quemadas y el uso excesivo de agroquímicos han hecho que su contenido en los suelos haya descendido a niveles bajos limitando el suministro de N (Stenberg, et al., 1999). Esto ha llevado al uso de fertilizantes inorgánicos y abonos orgánicos como fuentes de N en sistemas productivos agrícolas, con el fin de obtener mejores cosechas. Sin embargo, el desconocimiento de los requerimientos nutricionales de N de un gran número de especies de plantas cultivables, conlleva a la aplicación de altas tasas de fertilizantes que ocasionan contaminación del suelo y de fuentes hídricas (Zeliger, 2011), limitando la producción agropecuaria (Cárdenas et al., 2010). Dentro de los daños ambientales ocasionados por la lixiviación de nitratos y nitritos se encuentran la eutroficación de cuerpos de agua y la acidificación del suelo (Divito et al., 2011) e inhibición de su biota (Kemmitt et al., 2006). También dicha lixiviación ocasiona problemas de salud de animales y humanos, al fomentar los niveles de metahemoglobina por encima del 65% limitando el suministro de oxígeno y ocasionando la muerte, además de formar N-nitrosocompuestos como las nitrosaminas de efecto cancerígeno (Anton y Lizaso, 2001).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura del Valle del Cauca (2013) para el caso particular del Valle del Cauca, en el 2012 el área sembrada y cosechada en aromáticas fue de 83,4 y 73,4 ha respectivamente con una producción de 375 ton y rendimiento de 5,11 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. El Valle del Cauca cuenta con todos los climas y con la vocación de los suelos para la explotación y manejo de plantas aromáticas y medicinales; con excepción del té, los productores manejan áreas pequeñas que involucran mucha mano de obra y el sustento para las 290 familias de productores y las de los 720 empleados directos y 2160 indirectos (Posso, 2007). Lo anterior constituye una gran oportunidad para el departamento que no puede dejar pasar y más cuando en el país se vienen firmando tratados de libre comercio que puede potencializar su exportación. El propósito de este trabajo fue evaluar diferentes dosis de N en albahaca en algunas características de la planta y en la lixiviación de nitratos y contribuir al conocimiento del manejo agronómico de este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en los invernaderos del Laboratorio de Aguas y Suelos Agrícolas LASA de la Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR) de la Universidad del Valle, ubicado en el municipio de Santiago de Cali, Valle Del Cauca, a una altura de 979 msnm; en latitud $3^\circ 22' 22.29''$ N y longitud $76^\circ 31' 49.22''$ O. Los valores de temperatura y precipitación promedio anual son de 25°C y 909 mm respectivamente.

El suelo utilizado provino de finca Las Palmas (N 03 $26.767'$ W 076 $27.551'$), vereda Cauca Seco, corregimiento de Juanchito (Candelaria) en el Valle del Cauca (Colombia). Los suelos utilizados correspondieron a la clasificación taxonómica Fluventic Haplustepts cuyas principales características físico químicas presentaron los siguientes valores: pH de 7,47; materia orgánica de 2,32%; textura franco arcillosa; contenido de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ de 10,66, 5,95, 1,69 y 0,44 $\text{cmol (+)}\text{kg}^{-1}$ respectivamente y contenido de N total de 0,12%.

Las láminas de riego se calcularon a partir de la evapotranspiración medida en tanque evaporímetro tipo A y las constantes del cultivo halladas por Daza et al., (2016) de 0,46 para los primeros 25 días después del trasplante (ddt), 0,59 entre los 26 y 50 ddt y 0,42 entre 51 y 71 ddt. Los volúmenes promedio de agua aplicados durante toda la etapa experimental del cultivo fueron de 6215 ml·planta⁻¹.

Los lisímetros consistieron en recipientes plásticos de 0,25 m de altura por 0,20 m de diámetro, recubiertos en el fondo con malla y grava donde se dispuso el suelo. El recipiente se perforó en la parte inferior lateral y se instaló una manguera conectada a un segundo recipiente debidamente tapado, dentro del cual se ubicó un vaso graduado para la recolección del lixiviado. Cada lisímetro fue inclinado con un ángulo de 10° con el fin de garantizar el flujo total del lixiviado y fue considerado como la unidad experimental. La recolección se realizó diariamente y la muestra fue guardada en condiciones refrigeradas hasta cuando se contó con suficiente cantidad de lixiviado para ser analizado (mínimo 30 ml).

Se estableció un diseño completamente al azar, donde se propusieron 5 tratamientos con tres repeticiones cada uno. Los tratamientos establecidos fueron: testigo sin ninguna aplicación (T), dosis de N de 50, 100, 150 y 200 kg·ha⁻¹ (T50, T100, T150 y T200 respectivamente). Se utilizó urea como fuente nitrogenada, la cual contenía el 46% de N y fue adicionada tres días antes con la lámina de riego necesaria para llevar al suelo a capacidad de campo. Se realizaron aplicaciones de P₂O₅ y K₂O de 65 y 200 kg·ha⁻¹ respectivamente de acuerdo con Bonilla y Guerrero (2010).

Las variables de respuesta evaluadas fueron altura de planta, diámetro de tallo, masa fresca y seca, el rendimiento de hoja seca, N foliar, nitrato lixiviado total y N total del suelo siguiendo los lineamientos de IGAC (2006). Se determinó la eficiencia interna de utilización propuesta por Dobermann (2007). Se realizaron los análisis estadísticos de verificación de supuestos, ANOVAS y POSTANOVAS usando el paquete SPSS versión 20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de las plantas de albahaca estuvo entre 55,8 y 68,2 cm para el testigo y T100 respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tabla 1). Las dosis de T100 y T150 fueron las que obtuvieron mayores valores, con diferencias entre 10 y 15 cm con respecto al testigo. Estas diferencias en altura les permitieron mayor capacidad para competir por luz, lo que favoreció la fotosíntesis. Los valores encontrados estuvieron por debajo de los reportados por Ledesma et al. (2013), cuyas alturas estuvieron entre 14 y 37 cm, al utilizar diferentes dosis de compost proveniente de residuos orgánicos domiciliarios y por González (2013) quien al usar aislados bacterianos de *bacillus*, las plantas, alcanzaron alturas de 36 cm máximo de altura.

Por otro lado, González et al., (2009) encontraron alturas de planta entre 50,0 y 58,3 cm, similares a las halladas en esta investigación, cuando utilizaron relaciones de amonio/nitrato igual a 20/80, demostrando que la fertilización nitrogenada tiene incidencia en el crecimiento de la planta. Pandey et al. (2016) encontraron alturas de planta entre 65 y 79 cm donde los mayores valores correspondieron a tratamientos que combinaban abono orgánico y fertilizante de síntesis química en dosis de 2500 kg·ha⁻¹ de abono orgánico y 50 kg·ha⁻¹ de fertilizante inorgánico.

Los diámetros de tallo estuvieron entre 3,5 y 4,7 mm correspondientes al testigo y T150 respectivamente, sin diferencias significativas entre dosis aplicadas. Diferentes resultados fueron encontrados por Guerrero (2008), al encontrar diámetros menores de 2 mm utilizando soluciones Steiner, las cuales contenían 16,42 g·l⁻¹ de N. La aplicación de N aumentó entre 14,6% y 25,5% el diámetro con respecto al testigo, siendo la dosis de 150 kg·ha⁻¹ la que mejor respuesta obtuvo.

La dosis de 100 kg·ha⁻¹ obtuvo el mayor valor de masa fresca en plantas de albahaca sin diferencia significativa con la dosis de 150 kg·ha⁻¹. Esta dosis obtuvo 36,0%, 35,5% y 32,1% más de masa fresca

que las dosis de 200, 50 y testigo respectivamente. González et al. (2009) encontraron masas frescas entre 65,5 y 84,9 g·planta⁻¹ al fertilizar con nitrato y amonio, similares a las halladas en este estudio. En cuanto la masa seca hallada, nuevamente la dosis de 100 kg·ha⁻¹ fue el tratamiento que obtuvo los mayores valores, pero estos no fueron estadísticamente diferentes de las dosis de 0, 50 y 150 kg·ha⁻¹. La masa seca alcanzada estuvo 50,4%

por encima de la alcanzada con la dosis de 200 kg·ha⁻¹. Estos resultados respaldan la hipótesis de que a mayor dosis, la inmovilización del N se presenta y no es disponible para las plantas en el momento oportuno. Los mayores rendimientos de hoja fresca se obtuvieron con las dosis de 100 y 150 kg·ha⁻¹, sin diferencias significativas entre ellas, estando entre 32% y 36% por encima de las dosis 0, 50 y 200 kg·ha⁻¹.

Tabla 1. Efecto de las dosis de fertilizante nitrogenado en características agronómicas de la planta de albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Masa fresca total (g)*	Masa seca total (g)**	Rendimiento de hoja fresca (Mg·ha ⁻¹)*	Rendimiento de hoja seca (Mg·ha ⁻¹)**
T	55,8±5,10a	3,5±0,55a	69,3±2,55b	24,5±3,15ab	7,8±0,28b	2,8±0,35ab
T50	65,1±8,18a	4,3±0,35a	65,9±5,53b	27,1±8,66ab	7,4±0,62b	3,0±0,97ab
T100	68,2±3,95a	4,6±0,64a	102,1±9,51a	44,2±12,94a	11,4±1,06a	4,6±1,45a
T150	65,6±6,72a	4,7±0,17a	92,3±6,03ab	41,1±2,92ab	10,3±0,68ab	5,0±0,33ab
T200	58,7±4,12a	4,1±0,27a	65,3±16,64b	20,6±8,38b	7,3±1,73b	2,3±0,94b
F	0,79	1,19	3,61	1,66	3,61	1,66
P	0,56	0,37	0,05	0,23	0,05	0,24

Promedio de tres repeticiones ± error estándar. *Comparación de medias por la prueba de Duncan (95%). ** Comparación de medias por la prueba de Duncan (90%).

La pérdida de nitratos lixiviados resultó directamente proporcional a las dosis aplicadas (Figura 1). Las dosis empleadas presentaron diferencias significativas en la cantidad de nitrato lixiviado por unidad de área en comparación con el testigo, a excepción de la dosis de 100 kg·ha⁻¹. La cantidad de nitratos lixiviados estuvieron entre 0,8 y 3,6 kg·ha⁻¹ para el testigo y T200 respectivamente. Sin embargo, al comparar el porcentaje de nitrato perdido por lixiviación con respecto a la dosis aplicada, se encontró que a mayor dosis, el porcentaje de pérdida de nitrato por lixiviación fue menor (5,5% para T50, 2,1% para T100, 1,87% para T150 y 1,82% para T200). Este resultado puede deberse a que las mayores dosis promueven la actividad microbiana del suelo, induciendo a procesos de inmovilización, dejando menos cantidad en el suelo de formas inorgánicas como el nitrato. Sin embargo, es posible que, al realizar la evaluación por más tiempo, las pérdidas de nitratos aumenten para las mayores dosis. Se encontró una

relación directa entre el N adsorbido en las hojas y las dosis aplicadas de N de tipo potencial de orden 2 (Figura 1). El testigo y la dosis

de 50 kg·ha⁻¹ obtuvieron valores de N foliar por debajo de 20 kg·ha⁻¹, mientras que las dosis de 100, 150 y 200 kg·ha⁻¹ alcanzaron entre 30 y 40 kg·ha⁻¹ sin diferencias entre ellas.

Los valores de N total en el suelo después de 71 ddt estuvieron entre muy bajo a normal de acuerdo a Gonzalez et al., (2015) con diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2). Las dosis de 50 y 100 kg·ha⁻¹ fueron las que mostraron los niveles más altos de N en el suelo y de eficiencia interna de recuperación (EFI), las cuales estuvieron por encima de 0,50, que de acuerdo con Dobermann (2007), se considera un rango óptimo en cereales. Las dosis de 150 y 200 kg·ha⁻¹ presentaron niveles bajos de N total en el suelo, lo que correlaciona con las concentraciones de nitratos encontradas en los

lixiviados mientras que los valores de EFI fueron bajas.

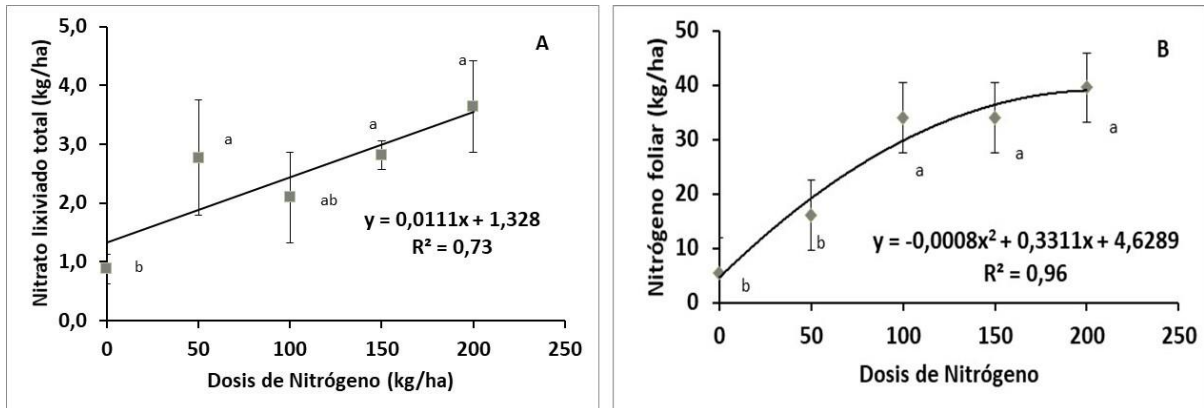


Figura 1. A. Relación entre la dosis aplicada y la lixiviación nitrato en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Las barras indican el error estándar al 95%. Comparación entre medias por el test de Tukey (F=2,30; P=0,13). Regresión lineal (F= 8,11; P=0,07). B. Relación entre la dosis de nitrógeno aplicada y el contenido foliar de nitrógeno en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Prueba de Duncan al 90% (F=11,57; P=0,026). Regresión potencial de grado dos (F=23,15; P=0,04).

Tabla 2. Efecto de las dosis de nitrógeno en el nitrógeno total del suelo después de 56 días después del trasplante y en la eficiencia interna de utilización en albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

Tratamiento	NT (%) ¹	EFI ²
T	0,035±0,01c	-
T50	0,118±0,01ab	0,68
T100	0,143±0,02a	0,56
T150	0,082±0,01bc	0,32
T200	0,047±0,01c	0,25
F	12,06	0,94
P	0,00	0,47

Promedio de tres repeticiones de la concentración de hidrógeno ± error estándar. ¹comparación de medias por la prueba de Tukey (95%). ²EFI= Eficiencia interna de utilización (Mg de masa fresca·kg⁻¹ de N absorbido)

CONCLUSIONES

La dosis de 100 kg·ha⁻¹ fue la que obtuvo menor lixiviación de nitratos, mejor comportamiento agronómico en N foliar y rendimiento con diferencias significativas con las dosis más altas, así como la eficiencia de utilización fue mayor al 50%. Las dosis por debajo de 100 kg·ha⁻¹ presentaron baja

lixiviación, pero también baja respuesta en la planta en cuanto a masa y rendimiento. Las dosis por encima de 100 kg·ha⁻¹, obtuvieron valores similares en variables agronómicas como masa fresca y rendimiento, pero alta lixiviación, bajo nivel de N en el suelo y baja eficiencia de utilización del N.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad del Valle por la financiación de este trabajo a través de convocatoria interna con el proyecto “Manejo integrado del riego la y fertilización nitrogenada en sistemas productivos de plantas aromáticas para evitar la lixiviación de nitratos” CI 2805.

REFERENCIAS

- ANTON A, LIZASO J (2001). Nitritos, Nitratos y nitrosaminas. Fundación Ibérica para la seguridad alimentaria. Disponible en: <http://mie.esab.upc.es/ms/formacio/Control%20%20Contaminacio%20Agricultura/biblio/nitratos%20y%20nitrosaminas.pdf>. Fecha de consulta: marzo de 2013.
- BONILLA R, GUERRERO M (2010). Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) producción y manejo poscosecha. Produmedios. Bogotá p 48 – 64.
- CÁRDENAS D, GARRIDO M, BONILLA R, BALDANI V (2010). Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum* sp. en pasto guinea (*Panicum máximum Jacq.*) del Valle del Cesar. Pastos y forrajes 33(3): 1 – 17.
- DATNOFF L E, ELMER W H, HUBER D M (2007). Mineral Nutrition and plant disease. The American Phytopathological Society. Ed Amer Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota U.S.A. 278p.
- DAZA M C, ARIAS P C, MENESES H S, URRUTIA N (2017). Basil (*Ocimum basilicum* L.) water needs calculated from the crop coefficient. Revista Ingeniería e Investigación. 37(3): 8 – 16.
- DIVITO G, SAINZ H, ECHEVERRÍA H, STUDDERT G, WYNGAARD N (2011). Long term nitrogen fertilization: Soil property changes in an Argentinean Pampas soil under no tillage. Soil till. Res. 114: 117 – 126.
- DOBERMANN A (2007). Nutrient use efficiency-measurement and management. Proc. Of International Fertilizer Industry Association (IFA) Workshop on Fertilizer Best Management Practices. Brussels, Belgium. March 7-9.
- GONZÁLEZ M G (2013). Efecto de la inoculación de aislados bacterianos sobre la producción de albahaca (*Ocimum basilicum*). Trabajo de grado. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 64p.
- GONZÁLEZ J L, RODRÍGUEZ M, SANCHEZ P, GAITÁN E (2009). Relación amonio/nitrato en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía. Agricultura Técnica en México 35(1): 5-11.
- GONZÁLEZ V, LEAL M, LILLO J, DE BUSTAMANTE I, PALACIOS P (2015). Guía de caracterización edáfica para actividades de regeneración de aguas residuales en usos ambientales. Red Consolider Tragua. Gobierno de España. Disponible en: http://www.consolider-tragua.com/documentos/guia_caracterizacion_edafica.pdf. Fecha de consulta: febrero 18 de 2015.
- GUERRERO L A (2008). Cultivo intensivo de aromáticas en hidroponía. Trabajo de maestría. Colegio de Postgraduados, México 147p disponible en: http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/1475/Guerrero_Lagunes_LA_MC_Botanica_2008.pdf?sequence=1. Fecha de consulta: junio 15 de 2016.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). (2006). Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Sexta Edición. Bogotá, 674 p.
- JOHNSTON E, POULTON P, COLEMAN K (2009). Soil Organic Matter: Its Importance in Sustainable Agriculture and Carbon Dioxide Fluxes. Chapter 1. Review Article. Adv. Agron. 101: 1-57.
- KEMMITT S J, WRIGHT D, JONES D L (2006). Soil acidification used as a management strategy to reduce nitrate losses from agricultural land. Soil Biol. Biochem. 38(5): 898 – 911.
- KINGSTON E, BOWERSOX V, CLAYBROOKE R, ZORRILLA G. (eds). (2000). El nitrógeno en la lluvia nacional. National Atmospheric Deposition Program. 14p.
- LEDESMA A, CABANILLAS C, STOBIA D, VIERA B, TABLADA M (2013). Crecimiento de albahaca a partir de residuos sólidos domiciliarios orgánicos inoculados. En:

4th International workshop Advances in Cleaner Production. Sao Paulo, Brasil. Mayo 22 – 24.

PANDEY V, PATEL A, PATRA D (2016). Integrated nutrient regimes ameliorate crop productivity, nutritive value, antioxidant activity and volatiles in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Industrial crops and products* 87: 124 – 131.

POSSO P S (2007). Las plantas aromáticas y medicinales una alternativa viable. En Línea: <http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=1971>. Fecha de consulta: diciembre 4 de 2013.

SECRETARIA DE AGRICULTURA DEL VALLE DEL CAUCA (2013). Evaluaciones agrícolas 2012. [En línea]: <http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=1966>. Fecha de consulta: diciembre 10 de 2013.

STENBERG M, ARONSSON H, LINDÉN B, RYDBERG Y, GUSTAFSON B (1999). Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Till. Res.* 50 (2): 115-125.

ZELIGER H (2011). Soil Pollution. In: *Human Toxicology of Chemical Mixtures (Second Edition)*. El Sevier. pp 97-103.