

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación del efecto fertilizante del orine humano en el cultivo del maíz en Camagüey

Evaluation of effect of human urine fertilizer in the cultivation of corn in Camagüey

Dania de la C. González Gort^{1*}, Arelys Valido Tomes¹, Roberto Vázquez Montes de Oca¹, Heriberto Martínez González²

¹ Departamento de Agronomía, Universidad de Camagüey, Carretera de Circunvación km 5 ½, Camagüey, Cuba, CP 70100

² Escuela Provincial de Capacitación del MINAGRI, Camagüey, Cuba, CP 70100

*Autor para correspondencia: dania.gonzalez@reduc.edu.cu



RESUMEN

Con el objetivo de estudiar el uso de la orina humana como fertilizante para sustituir formulados minerales en condiciones de agricultura familiar en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.), se realizó un estudio en la finca La Nueva Esperanza, de la agricultura periurbana, en Camagüey. Se empleó orina humana colectada, almacenada por seis meses, aplicada en dilución al cultivo del maíz para comparar sus efectos con la aplicación de fertilizante mineral, fórmula completa 9-13-17 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente + Urea, y un control sin fertilizar. Se utilizó un diseño de bloques al azar y se tomaron 18 plantas de muestra por tratamiento. Fueron evaluados parámetros morfológicos como, altura de la planta y grosor del tallo, además de parámetros agronómicos como el peso de las mazorcas y rendimiento. Para el análisis estadístico se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurion y los resultados obtenidos demuestran que el uso de la orina en sustitución del fertilizante químico obtuvo resultados similares a los obtenidos con el uso de fertilización mineral, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero diferenciándose del tratamiento sin fertilizar, por lo que se concluyó que la orina constituye una alternativa económica para su uso como fertilizante en la agricultura familiar.

Palabras claves: agricultura familiar, fertilización orgánica, fertilizante mineral, *Zea mays*

ABSTRACT

With the objective of studying the use of human urine as a fertilizer in substitution of mineral formulations under family farming conditions, a study was carried out on the farm "The New Hope", of peri-urban agriculture in Camagüey. Family-collected human urine, stored for six months, was applied in dilution to the corn crop to compare its effects with the application of the complete formula 9-13-17 + Urea, and an unfertilized control. A randomized block design was used and 18 sample plants were taken per treatment. Morphological parameters were evaluated, such as plant height and stem thickness, and agronomic parameters such as the weight of the ears and the yield. For the statistical analysis the STATGRAPHICS

Centurión program was used and the results obtained express that the use of urine, in substitution of the chemical fertilizer, obtained results equivalent to those obtained with the use of mineral fertilization, without significant differences between them, but differing from unfertilized treatment, so it was concluded that the urine is an economic alternative for its use as a fertilizer in family farming.

Keywords: family agriculture, organic fertilization, mineral fertilizer, *Zea mays*



INTRODUCCIÓN

La agricultura convencional agroquímica se basa en la dependencia del agricultor de tecnologías industrializadas que requieren alta inversión de dinero y debido a su flujo unidireccional, al no permitir la posibilidad de reciclar, lleva a la contaminación, la degradación ambiental y dificulta el desarrollo económico del sector rural, una situación “insostenible” a largo plazo. Por ello las razones para usar productos orgánicos o ecológicos como alternativa hoy están fundamentadas en estos precedentes.

A diferencia del uso de fertilizante mineral, la práctica del uso de la orina humana como fertilizante orgánico, a gran escala, en cultivos agrícolas es una realidad bien reciente; sin embargo, en pequeñas áreas, es una vieja práctica que viene siendo utilizada desde hace siglos en diversos países, principalmente los orientales (Jönsson *et al.*, 2004^a). Esta antigua práctica de separación y aprovechamiento de excretas vienen siendo investigada, con la intención de reciclar los nutrientes, para lo que se utilizan técnicas sustentables y de fácil aplicación. Karak y Bhattacharyya (2011) refieren que Kirchmann, Pettersson, Jönsson, Stinzing, Vinnerås y Salomón; fueron los primeros en usar la orina humana como fertilizante para experimentos científicos en Europa a mediados de 1995.

La orina es una fuente valiosa de nutrientes, usada desde tiempos antiguos para aumentar el crecimiento de las plantas, y existen diferentes maneras de usarla, puede ser aplicada directamente o luego del almacenamiento, lo que constituye una alternativa de bajo riesgo, alta calidad y bajo costo a la aplicación de fertilizantes minerales ricos en nitrógeno (N)

en la producción vegetal, Jönsson *et al.* (2004^a). Los nutrientes están en forma iónica y su disponibilidad para las plantas es comparable con la de los fertilizantes químicos (Johansson *et al.*, 2001; Kirchmann y Pettersson, 1995; Kvarmo, 1998; Richert Stinzing *et al.*, 2001) citados por Jönsson *et al.* (2004^b).

Por los elementos químicos que contiene la orina humana es considerada por algunos autores un fertilizante barato, eficaz y abundante. Un repaso a su composición puede cambiar rápidamente nuestra percepción sobre este líquido residual cuyo componente principal es agua (95 %) que lleva disuelta varias sales minerales y algunas sustancias colorantes (Sopena, 1980). En ella los nutrientes están perfectamente balanceados como un fertilizante completo, listo para aplicarse a las plantas y enriquecerlas con elementos esenciales para su crecimiento. Los efectos del nitrógeno y fósforo de la orina son muy parecidos a los de un fertilizante químico y pueden ser utilizados por las plantas rápidamente. Salazar (2011) refiere que la orina puede usarse como un buen fertilizante para mejorar los suelos y los cultivos agrícolas ya que contiene nutrientes como: nitrógeno, fósforo y potasio, destacando que no se aprovecha eficientemente por desconocimiento de sus beneficios.

La concentración de nutrientes de la orina excretada depende de factores como la dieta, la digestibilidad de la misma, y la cantidad de líquido que en promedio para los adultos se estima en un rango entre 0,8-1,5 L por persona por día y para niños alrededor de la mitad de esa cantidad.

En los ecosistemas terrestres naturales, no modificados por la actividad humana, la orina y excretas de los animales se reciclan en el suelo

de forma natural, devolviendo los nutrientes a este y son reutilizados por las plantas, cerrando un ciclo natural. En la agricultura familiar cubana predomina el uso de variedades locales de maíz cuyos rendimientos son considerados como bajos ($1,2 \text{ t ha}^{-1}$) y el uso de insumos como fertilizantes, para mejorar la fertilidad de los suelos e incrementar los rendimientos encarece el costo de la producción.

Entre los nutrientes el nitrógeno (N), supone el mayor gasto dentro de la fertilización y se plantea que es una de las fuentes para la contaminación de las aguas, debido a su gran solubilidad; en éstas los nitratos bajan hacia las capas inferiores del suelo cuando existe exceso de agua y ascienden a la superficie por efecto de capilaridad cuando hay escasez de ella, lo que supone doble contaminación, a nivel superficial y subterráneo (FAO, 2003).

Al respecto pueden ser adoptadas tecnologías alternativas para realizar la producción agrícola utilizando productos orgánicos que, con efectos similares al uso de fertilizantes químicos, disminuyen los costos de producción,

contribuyen a mejorar o mantener la calidad de los suelos y disminuyen la contaminación del medio ambiente.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar los resultados de la aplicación de orina humana como fertilizante en variables morfológicas y agronómicas del cultivo del maíz en la agricultura familiar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló desde octubre de 2015 a enero de 2016, en áreas de la finca “La Nueva Esperanza”, perteneciente a la CCS “Renato Guitart”, en la Circunvalación Sur de la ciudad de Camagüey, a los $21^{\circ} 20' 43''$ de Latitud Norte y los $77^{\circ} 52' 50''$ de Longitud Oeste, en la hoja cartográfica Camagüey (4680- III - C) a escala 1: 25 000, a una altura de 95 msnm, sobre un suelo pardo sin carbonatos (Hernández *et al.*, 2015). Las variables climáticas durante el período pueden apreciarse en la Tabla 1. Se utilizó la orina humana como fertilizante en el cultivo del maíz

Tabla 1 - Comportamiento de las variables climáticas durante el período

Año	Mes	Temperatura Media (°C)	Precipitación (mm)
2015	10	26,0	182,2
	11	24,8	135,5
	12	24,9	106,3
2016	1	22,9	60,9

Fuente: Departamento Meteorología Aplicada, Centro Meteorológico Provincial Camagüey (2016)

en comparación con la fertilización química convencional y un control (testigo) sin fertilizar.

Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y tres bloques donde los tratamientos fueron distribuidos en las parcelas dentro de los bloques. Contó con nueve

parcelas experimentales de 2,0 m de largo por 4,5 m de ancho y área de 9 m^2 .

Los tratamientos empleados fueron: T0 (sin fertilización), T1 (aplicación de fertilizante mineral localizado de fondo antes de la siembra y aplicación de urea en bandas a los 30 días después de la siembra (DDS), teniendo en cuenta los resultados de los estudios del suelo en el área y las demandas del cultivo), y T2

(aplicación de orina humana como fertilizante orgánico con relación de 1 parte de orina en 7 partes de agua (125 ml de orina disueltas en 875 ml de agua), para totalizar 1 L por planta semanalmente, aplicado al suelo directamente alrededor del tallo de la planta y cubierto con suelo desde los 15 hasta los 75 DDS) (Tabla 2).

Recolección y dilución de la orina

La orina fue recolectada a nivel familiar y luego depositada en un bidón plástico de 20 L hasta completarlo, el cual fue almacenado por más de 180 días hasta su uso en el experimento.

Siembra y manejo agronómico del cultivo

La siembra se realizó el día 11 de octubre de 2015 y la cosecha el día 19 de enero de 2016, a los 100 DDS, se utilizó la variedad Francisco. Se preparó el terreno utilizando la tracción animal con arado de vertedera, y trazaron los surcos donde fue depositado el fertilizante químico a profundidad de 10 cm, en los tratamientos que así lo requerían.

La siembra fue manual, a distancia de 0,90 m entre líneas y 0,25 m entre plantas, depositando dos semillas por nido y transcurridos 25 DDS se realizó un raleo dejando una sola planta por nido. Fue declarada la emergencia a los 6 DDS cuando germinó más del 80 % de las plantas. Se sembraron, en cada parcela, cinco líneas de plantas y ocho plantas por línea para un total de 40 plantas y 120 plantas por tratamiento. Se tomaron 18 plantas de muestra por tratamiento para las evaluaciones.

Durante el ciclo del cultivo se efectuó la limpieza de plantas indeseables manualmente con azada, realizándose semanalmente, conjuntamente

con el control de plagas y enfermedades a partir de los muestreos cuando existió umbral económico de aplicación. Hubo presencia de palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith) en estado larval, la que fue controlada con la aplicación de ceniza de madera en el cogollo de la planta, se realizaron un total de cuatro aplicaciones. El riego de agua fue semanalmente de forma manual con regadera, a razón de 1 L por planta, a todo el experimento; la orina fue aplicada con el riego en los tratamientos que la requirieron.

La cosecha fue realizada de forma manual a los 100 DDS, las mazorcas comerciales fueron colectadas por aparte en cada tratamiento y desprovistas de las pajas, posteriormente se realizó el pesaje con ayuda de una balanza digital. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, grosor del tallo, peso de la mazorca y rendimiento.

El rendimiento se calculó en base al peso de los granos por tratamiento teniendo en cuenta los resultados de las plantas muestreadas donde se pesó el producto obtenido en cada tratamiento aplicado. Posteriormente, se calculó la producción promedio por planta. Esta media se llevó al área del experimento y consecutivamente se calculó teniendo como referencia una hectárea.

Para la recopilación de los datos se utilizó la matriz de diseño obtenida del paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XV.II. Con este mismo programa se realizó el análisis de varianza de clasificación simple para determinar la significación estadística entre los factores en estudio y se aplicó la prueba de rangos múltiples de mínima diferencia

Tabla 2 - Productos utilizados como fertilizantes y dosis empleadas en el estudio

Producto fertilizante	Dosis utilizada	Momento de aplicación
Fórmula completa NPK (9-13-17)	400,0 kg/ha	Antes de la siembra
Urea	100,0 kg/ha	30 DDS
Orina Humana	125,0 ml	Semanal hasta 75 DDS

significativa (LSD) para el análisis de las medias cuando estas expresaron diferencias. Para ambos análisis se tomó como valor $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

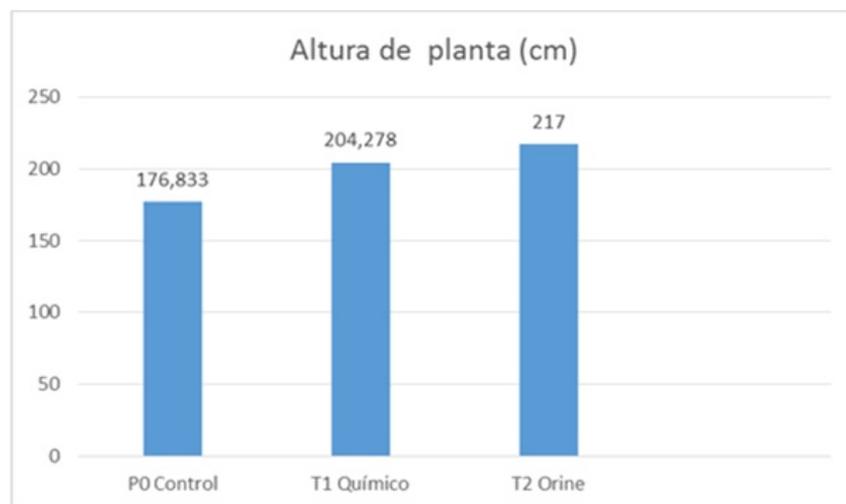
Altura de planta

Los resultados del análisis de varianza para la altura de la planta (Fig. 1) muestran diferencias entre las medias de los tratamientos empleados puesto que el valor de P es menor que 0,05; con efecto estadísticamente significativo para un nivel de confianza de 95,0 %. Los resultados se sometieron a la prueba de rangos múltiples de mínima diferencia significativa.

Las diferencias observadas a favor de los tratamientos fertilizados pueden deberse a la respuesta favorable de la planta a la disponibilidad de nutrientes ofrecida por los fertilizantes aplicados, sin embargo, no se observan diferencias entre el tratamiento con fertilizante mineral y el fertilizado con orina humana. Resultado similar obtuvo Agostinho

(2013) en plantas tratadas con orina humana que alcanzaron una mayor altura (2 m), efecto atribuido a la aplicación sucesiva de orina desde la siembra del cultivo hasta los 80 días después de la siembra y Botto (2013), quien, evaluando la altura de un híbrido de maíz en presencia de fertilizante mineral y orina, encontró valores medios de 1,58 m en la fertilización mineral y 1,44 m en la fertilización con orina. Este autor refiere que la altura de la planta tiene el mismo comportamiento cuando se utiliza fertilización química y fertilización con orina humana.

Según Tozetti *et al.* (2004) al evaluar la altura de diferentes variedades de maíz en presencia y ausencia de fertilizantes, los valores medios de altura oscilan entre 1,48 a 1,57 m cuando las variedades no son fertilizadas y entre 1,66 a 2,04 m en plantas fertilizadas con orina humana, lo que muestra como en las parcelas con tratamiento cero fertilización que dependen de la fertilidad natural del suelo, la tendencia es a mostrar un efecto menos



Contraste	Sig.
Control - Orine	*
Control - Químico	*
Orine - Químico	

* indica una diferencia significativa

Fig. 1 - Pruebas de Múltiple Rangos para altura de las plantas

expresivo de este parámetro respecto a los tratamientos fertilizados, hecho comprobado por la presente investigación en que las parcelas sin fertilización presentaron menor altura.

Grosor del tallo

En este parámetro el análisis de varianzas arrojó diferencias significativas entre las medias que condujeron a las pruebas de rangos múltiples (Fig. 2).

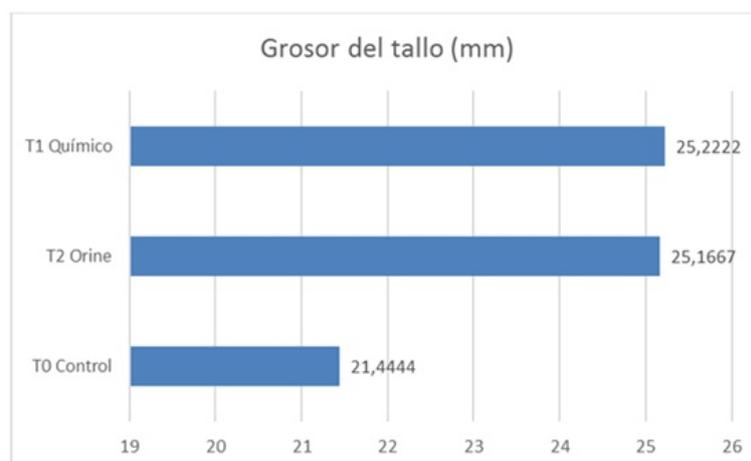
El análisis de las medias de los tratamientos para el grosor del tallo muestra los grupos homogéneos en la misma columna, lo que indica que entre las medias de los tratamientos fertilizados con fertilizante mineral y con orina, no existen diferencias significativas porque tuvieron el mismo efecto en el grosor del tallo con el empleo de uno u otro tratamiento.

Sin embargo, el tratamiento control se diferencia significativamente de los fertilizados (con fertilizante mineral y con orina). Estos resultados se corresponden con los obtenidos

por Sangoi y Almeida (1994) y Soares, (2003); quienes encontraron aumentos significativos, superiores a 20 %, en la altura y grosor del tallo en plantas de maíz mediante la aplicación de 100 y 120 kg/ha de nitrógeno (N) en relación a tratamientos donde no fue aplicado nitrógeno (N). Este resultado se asocia con el obtenido en esta investigación, justificado porque la aplicación de 100 kg/ha de nitrógeno estimuló el crecimiento en altura y grosor del tallo en las plantas del tratamiento donde fue aplicado.

Peso de la mazorca

Los resultados del análisis de varianza expresan diferencias entre las medias de los tratamientos en estudio, las que después de ser analizadas revelan diferencias entre todos los tratamientos aplicados, a favor del tratamiento fertilizado con orina humana con los mejores resultados en cuanto al peso de la mazorca (235,3 g), seguidos del tratamiento donde se fertilizó con fertilizante mineral (188,6 g) y luego el control



Contraste	Sig.
Control - Orine	*
Control - Químico	*
Orine - Químico	

* indica una diferencia significativa

* indica una diferencia significativa

Fig. 2 - Pruebas de Múltiple Rangos para el grosor de los tallos

(113,3 g) (Fig. 3).

Estos resultados obtenidos a favor de la aplicación de orina humana pueden estar relacionados con la aplicación sucesiva semanalmente de este producto hasta los 75 DDS del cultivo y beneficiado por las lluvias caídas en la etapa, lo que pudo haber influido en la pérdida del fertilizante mineral aplicado, disminuyendo su expresión en la producción de las plantas tratadas con este producto y beneficiando las tratadas con orina al existir humedad suficiente para la absorción de los nutrientes del fertilizante orgánico aplicado cada siete días al cultivo.

Estos resultados coinciden con Melgar y Torres (2002) quienes refieren que las posibles pérdidas de nitrógeno son contempladas en la eficiencia de su uso, y normalmente oscilan alrededor del 50 %, con máximos de 70 %.

Estos mismos autores recomiendan las aplicaciones fraccionadas, donde se garantice una gran parte de la necesidad total de

nitrógeno a la siembra (70 a 80 %), regulando luego la cantidad de nitrógeno restante en función de la evolución de la campaña y de las posibilidades ofrecidas por las condiciones climáticas.

El valor del peso de la mazorca obtenido por el tratamiento donde se aplicó orina humana coincide con los resultados obtenidos por Botto (2013), quien obtuvo un mayor diámetro de las mazorcas fertilizadas con orina atribuido a la aplicación sistemática de esta y de esa manera ocurren menos pérdidas del fertilizante nitrogenado y un mejor aprovechamiento de este por la planta en la producción de fotoasimilatos, contribuyendo así a un mayor peso.

Los rendimientos calculados están a favor del tratamiento donde se recurrió a la orina humana pues es allí donde se obtuvo un mayor peso de los granos durante el ensayo (Fig. 4).

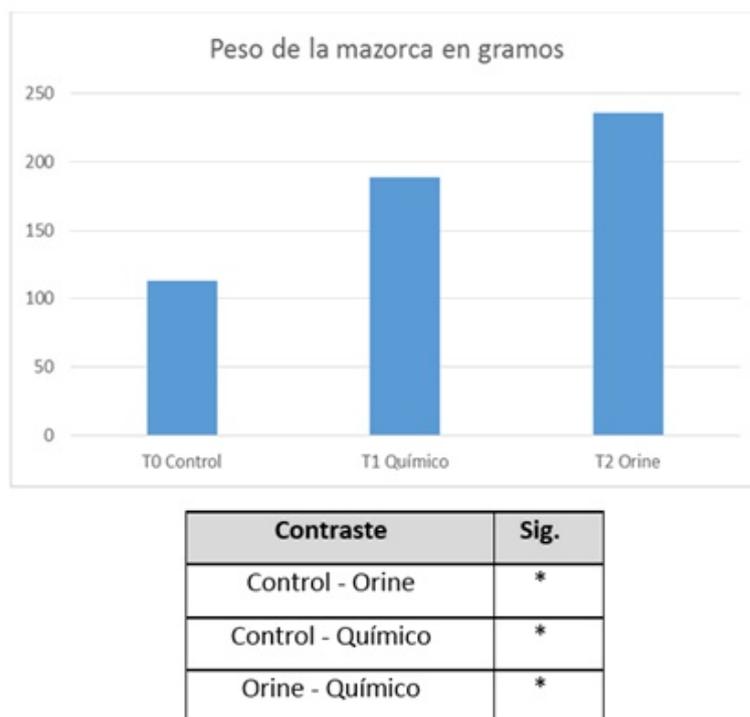
Resultados similares a los obtenidos en este trabajo fueron reportados por Simons y



Contraste	Sig.
Control - Orine	*
Control - Químico	*
Orine - Químico	*

* indica una diferencia significativa

Fig. 3 - Pruebas de Múltiple Rangos para el peso de las mazorcas



* indica una diferencia significativa

Fig. 2 - Pruebas de Múltiple Rangos para el grosor de los tallos

Clemens (2004) quienes demostraron que el efecto fertilizante de la orina es más alto que el del fertilizante mineral en la producción de cebada.

CONCLUSIONES

El cultivo del maíz respondió favorablemente a la aplicación de orina humana como fertilizante, logrando parámetros morfológicos y agronómicos con valores similares a cuando es fertilizado con fertilizantes químicos convencionales.

BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, N. 2013. Avaliação da efetividade da adubação orgânica na base de urina humana no rendimento de *Zea mays* L. Dissertação Mestrado, Universidade Zambeze, Moçambique.

BOTTO, M. P. 2013. Utilização da urina humana como biofertilizante para produção de alimentos e energia: caracterização, uso na

agricultura e recuperação de nutrientes. Dissertação, Teses inédita de maestria em Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CAIZA, I. 2017. Aprovechamiento de las propiedades nutricionales de la remolacha (*Beta vulgaris* L.), para la formulación de un alimento agroindustrial dirigido a niños. Tesis en opción al título de Ingeniería Agroindustrial, Guaranda, Ecuador, 5-8.

FAO. 2003. La seguridad alimentaria mundial y la función de la fertilización sostenible. Departamento de Agricultura de la FAO, Roma, Italia.

HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J., BOSCH, D., y CASTRO, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, 2da Ed. San José de las Lajas, Cuba, 93 p.

JÖNSSON, H., STINTZING, A. R., VINNERÅS, B., SALOMON, E. 2004b.

- Orientações de Uso de Urina e Fezes na Produção Agrícola. *EcoSanRes*, 2: 22-25.
- JÖNSSON, H., STINTZING, A.R., VINNERÅS, B., SALOMON, E. 2004a. Lineamientos para el uso de la orina y heces en la producción de cultivos. *EcoSanRes*, 2, www.ecosanres.org Recuperado el 3 de marzo de 2016.
- KARAK, T. and BHATTACHARYYA, P. 2011. Human urine as a source of alternative natural fertilizer in agriculture: A flight of fancy or an achievable reality. *Resource Conservation Recycling*, 55 (4):400-408.
- MELGAR, R. y TORRES, M. 2002. Manejo de la Fertilización en Maíz. Proyecto Fertilizar, EEA INTA, <http://www.fertilizando.com>, recuperado el 23 de octubre de 2015.
- SALAZAR, G. 2011. Manual de uso y mantenimiento del baño ecológico. Catholic Relief Services (CRS Bolivia), Pastoral social Cáritas – Diócesis de El Alto (PASOCDEA), La Paz, Bolivia, 40 p.
- SANGOI, L. y ALMEIDA, M.L. 1994. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura de milho num solo com alto teor de matéria orgânica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29 (1): 13-24.
- SIMONS, J. y CLEMENS, J. 2004. The use of separated human urine as mineral fertilizer. In: *Ecosan – Closing the loop*. Proceedings of the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation, incorporating the 1st IWA specialist group conference on sustainable sanitation, 7th-11th April, Lübeck, Germany.
- SOARES, M. A. 2003. Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.). Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- SOPENA. 1980. Enciclopedia universal Sopena, Diccionario ilustrado de la lengua española. Tomo siete, Ed. Ramón Sopena S. A., Barcelona, España.
- TOZETTI, A. D., BILLIA, R.C., SILVA, C., CERVIGNI, G., GOMES, O.M.T. 2004. Avaliação de progênies de milho na presença e ausência de adubo. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Ano III, Edição Número 5.

Recibido el 17 de agosto y aceptado el 27 de septiembre de 2018