



EVALUATION OF THE EFFECT OF MACRONUTRIENTS FROM HUMAN URINE AS FERTILIZER IN THE GROW OF LACTUCA SATIVA

Hernán Boris Valdivia Zambrana^{1*} Giovanna Almanza Vega²

¹Department of Chemistry, Laboratorio Servicio de Análisis, Instituto de Investigaciones Químicas IIQ, Universidad Mayor de San Andrés UMSA, P.O. Box 303, Calle Andrés Bello s/n, Ciudad Universitaria, Cota Cota, Phone 59122792238, La Paz, Bolivia, borisvaldiviaz@gmail.com

²Department of Chemistry, Instituto de Investigaciones Químicas IIQ, Universidad Mayor de San Andrés UMSA, P.O. Box 303, Calle Andrés Bello s/n, Ciudad Universitaria Cota Cota, Phone 59122795878, La Paz, Bolivia, giovyalmanza@gmail.com

Keywords: *Macronutrients, Human urine, Fertilizer, Quantification of minerals, Lactuca sativa, Lettuce variety Crespa.*

ABSTRACT

This research allows us to evaluate and quantify the contribution of macronutrients in lettuce, the effect of the addition of different volumes of fermented human urine samples selected for this purpose; obtaining results in weight percent for potassium, phosphorus, nitrogen and other nutrients, while the water content, ash and fiber samples analyzed was determined.

Another aspect is the composition of nutrients in human urine, whose contribution in nitrogen, phosphorus and potassium is vital for the growth of plants, so that the behavior of human urine as fertilizer in the irrigation of lettuce in the department of La Paz is an alternative work to substantially improve the production of vegetables.

This experience constitutes a novel technique that is generating food production with high nutritional value not only in lettuce (*Lactuca sativa*) variety cressa, but in other highly consumed vegetables. The results show this alimentary plant with higher nutritional percentage in potassium, nitrogen and phosphorus, compared with reported values. This difference is due in part to the reaction of the nutrients of the fermented human urine and other nutrients from the soil where samples of lettuce were grown.

The contribution of *Lactuca sativa* in relation to bromatological parameters: ashes, water and fiber is very significant and important when compared with other vegetables like carrots, radishes, etc. While the contribution in minerals, vitamins and other components can improve food diet based on these products, all of high human consumption due to its low cost in the market.

*Corresponding author: borisvaldiviaz@gmail.com

RESUMEN

Spanish title: *Evaluación del efecto de macronutrientes de Orina Humana como Fertilizante en el crecimiento de Lactuca sativa.* El presente trabajo de investigación permitió evaluar y cuantificar el aporte de macro nutrientes en lechugas, como efecto de la adición de diferentes volúmenes de orina humana fermentada en muestras seleccionadas para este fin; obteniéndose resultados en porcentaje en peso para potasio, fósforo, nitrógeno y otros nutrientes, a la vez se determinó el contenido de agua, cenizas y fibra en muestras analizadas.

Otro aspecto a destacar es, la composición de nutrientes presentes en la orina humana cuyo aporte en nitrógeno, fósforo y potasio es vital para el crecimiento de plantas, por lo cual el comportamiento de la orina humana como fertilizante en el riego de lechugas en el departamento de La Paz es una alternativa de trabajo para mejorar sustancialmente la producción de verduras y hortalizas.

Esta experiencia se constituye en una novedosa técnica que está generando una producción de alimentos con elevado valor nutritivo no solo en lechugas (*Lactuca sativa*) variedad Crespa, sino en otras hortalizas de consumo masivo. Los resultados obtenidos muestran a este vegetal alimenticio con elevado porcentaje nutricional en potasio, nitrógeno y fósforo, comparado con valores reportados, esta diferencia se debe en parte a la reacción de los



nutrientes de la orina humana fermentada y por otra la absorción de nutrientes del suelo donde se cultivaron las muestras de lechuga.

El aporte de *Lactuca sativa* en relación a parámetros bromatológicos: cenizas, agua y fibra es muy significativo e importante al compararlo con otros vegetales como zanahorias, rábanos, etc. A la vez el aporte en minerales, vitaminas y otros componentes permiten mejorar la dieta alimentaria basada en este tipo de productos, todos de elevado consumo humano debido a su bajo costo en el mercado.

INTRODUCCION

En agricultura, existen actualmente diversos fertilizantes que son utilizados por los agricultores como el estiércol vacuno, urea, fosfato diamónico, etc. Últimamente se está poniendo en práctica el uso de orina humana, por lo que es importante el uso de fertilizantes de manera equilibrada en una agricultura sostenible, donde cada día el incremento de la producción de alimentos contrasta con el carácter negativo sobre el uso de fertilizantes. Por otro lado el creciente aumento de la población en los últimos años viene exigiendo a la agricultura mayor número de alimentos tanto en cantidad como en calidad [1]. En este sentido, existen dos posibilidades o factores que se podrían tomar en cuenta para alcanzar el reto de la producción agrícola de manera satisfactoria. Por un lado es posible aumentar las superficies de cultivo aunque en países desarrollados esta posibilidad está más limitada. La otra alternativa es proporcionar a los suelos diferentes fuentes de nutrientes adicionales asimilables por las plantas.

Esta opción es quizás la más adecuada debido al amplio manejo de diversos fertilizantes minerales, cuya aplicación racional ha demostrado el gran efecto que produjo en el incremento de los rendimientos de las cosechas obteniéndose productos con mayor calidad. En Bolivia, el uso de orina humana como fertilizante en el cultivo de verduras y hortalizas, recién se está implementando debido a la poca información que se tiene al respecto, en cambio, en países europeos existen grandes avances en este tema debido al crecimiento poblacional y la demanda de alimentos, por lo que existe bastante aceptación al respecto.

La orina humana, en principio se utilizó para diversas actividades del hombre; principalmente en medicina para curar diversas dolencias, por lo que este líquido al ser desecho del organismo contiene diversos nutrientes para las plantas incluyendo el nitrógeno, fósforo y potasio, en concentraciones de 800 mg/L para (N), 650 mg/L para (P) y 550 mg/L para el (K)., [1], el volumen de orina liberada por el cuerpo humano varía de una persona a otra, se estima en un rango entre 0,8-1,5L., por persona por día, lo cual depende de la cantidad de nutrientes digeridos por el metabolismo, a la vez de la cantidad de líquido que bebe y transpira una persona. El tratamiento de la orina desechada que se utiliza en la agricultura consiste en almacenar mediante un sistema que permita separar la orina desde su origen y colectarla en depósitos de mayor tamaño y almacenarla por varios meses, al punto de obtener un fertilizante de orina de buena calidad. [2]

La producción de lechugas mediante la adición de orina humana fermentada, es una técnica adecuada para cultivar hortalizas en forma eficiente competitiva y saludable, tratándose de un alimento de consumo masivo por la población, con lo cual es posible mejorar los ingresos económicos de quienes se dedican a esta actividad, generando procesos productivos de promoción a nivel personal y colectivo. El presente trabajo se realizó tomando en cuenta dos objetivos, por un lado, desarrollar una alternativa en la producción de lechugas variedad cresspa mediante el uso de orina humana fermentada como fertilizante en el riego de cultivos con el fin de mejorar la producción agrícola, por lo que es primordial conocer la concentración de los principales nutrientes presentes en la lechuga parte comestible, por otro lado, es determinante conocer el aporte nutritivo de la orina humana propiamente a través de la raíz de este vegetal como consecuencia del riego habitual al que fue sometido durante su crecimiento.

Descripción y clasificación

La lechuga, es una planta herbácea de la familia Compositae; nativa de las costas del mediterráneo, se cultiva en la mayoría de los países de América preferentemente requiere de suelos, bien drenados y ricos en fertilizantes orgánicos. La lechuga (*Lactuca sativa*), se caracteriza por ser una hortaliza propia de las regiones templadas, de cierto valor nutritivo, pero es rica en agua, antioxidantes, vitaminas y minerales. Es uno de los vegetales con mayor consumo en la población mundial y su principal característica es la frescura, digestibilidad y los beneficios que aporta a la salud. La raíz de la lechuga es pivotante, corta y poco ramificada, en cambio las hojas son de forma lanceolada, otras tienen forma oblonga.



Propiedades nutricionales

La lechuga presenta elevado contenido de agua del 90 al 95%, es rica en antioxidantes, como también en vitaminas A, C, E, B1, B2, B3, B9 y K; entre los principales minerales se tiene al fósforo, hierro, calcio, potasio y aminoácidos. Las hojas exteriores más verdes, son las que tienen mayor contenido de vitamina C y hierro [3] Sin embargo el aporte de nitrógeno en forma de proteína que se encuentra en las hojas de esta hortaliza, es muy importante, desde el punto de vista alimentario. A la vez es una fuente importante de folato (vitamina B9), esencial para aquellas mujeres embarazadas, debido a la prevención de los defectos congénitos en recién nacidos. Contiene beta carotenos y antioxidantes que ayudan en la prevención de enfermedades degenerativas, entre las que se incluye el cáncer y la arteriosclerosis [4].

Es ideal para el uso en dietas de adelgazamiento, otro aspecto importante en la lechuga es que produce un efecto sedante en el organismo, por lo que se la suele recomendar para calmar estados nerviosos y para inducir el sueño [5]. Asimismo, se la considera facilitadora de la digestión y un gran depurativo gracias a su alto contenido de agua y potasio, regulando la concentración de insulina por lo que se recomienda el consumo a personas con diabetes [6].

RESULTADOS Y DISCUSION

Se evaluó muestras de lechugas variedad cresspa, cuyo cultivo se realizó en la ciudad de El Alto - La Paz, en la zona de Cosmos 79, en carpas solares divididas en parcelas; de las cuales se eligió al azar las que fueron sometidas al riego con este fertilizante en diferentes dosis. La aplicación se realizó cada 14 días; para lo cual se recolectó la orina humana de baños ecológicos pertenecientes a la Fundación Sumaj Huasi y se fermentó durante 2 meses aproximadamente en turriles de plástico de 10litros.

Las muestras de lechuga para su análisis fueron clasificadas según la dosis de riego aplicado durante su crecimiento, dando prioridad a muestras con adición de orina en un 100% el tipo de riego (LF1), muestras con adición de orina en un 75% y un 25% de agua (LF2), muestras con adición de fertilizante en un 50% orina y 50% de agua, finalmente muestras con adición de agua potable en un 100% (LF4).

El análisis bromatológico en la Tabla N° 1, reporta tres parámetros importantes: porcentaje de agua (humedad), cenizas y proteínas para cada muestra, a partir de lechuga fresca. La Tabla N° 2 se observa un resumen del análisis químico de minerales mayoritarios presentes en las muestras, donde se destaca el potasio, fósforo y calcio en composición química (mg/L). La Tabla N° 3, reporta la composición en peso por 100 g de muestra, los resultados obtenidos muestran una elevada concentración en potasio, calcio y fósforo, aspecto que podría deberse específicamente al aporte de fertilizante añadido (orina humana fermentada) durante el riego de cultivos de la lechuga.

Tabla N° 1. Parámetros Bromatológicos de Lechuga variedad: Cresspa,

Parámetro	unidad	LF1	LF2	LF3	LF4
Peso muestra	g	8,4116	8,7827	8,8263	8,6700
Agua	%	94,5	93,8	93,0	92,7
Cenizas	%	17,4	16,4	18,0	11,6
Proteínas	%	5,7	3,4	2,7	2,1
Fibra	%	1,2	1,3	1,2	1,2

Referencias: LF1 muestra con fertilizante 100% de orina humana; LF2: muestra riego con 75% orina humana, 25% agua potable; LF3: muestra riego con 50% orina humana, 50% agua potable; LF4: muestra riego con agua potable en un 100%.

Tabla N° 2. Composición Química en (mg/L) de Lechuga Variedad: Cresspa.

Parámetro	Unidad	LF1	LF2	LF3	LF4
Peso de ceniza	g	1,1167	1,0706	1,0917	1,1041
Calcio (Ca ⁺²)	mg/L	142	62	58	8,7
Potasio (K ⁺¹)	mg/L	920	628	590	582
Fósforo(PO ₄ ⁻³)	mg/L	47	72	33	120
Hierro (Fe ⁺³)	mg/L	0,06	0,1	0,06	0,8

Referencias: LF1: muestra con fertilizante 100% de orina humana; LF2: muestra riego con 75% orina humana, 25% agua potable; LF3: muestra riego con 50% orina humana, 50% agua potable; LF4: muestra riego con agua potable en un 100%.

Tabla N°3 Composición en peso de Minerales (mg/100 g de muestra)

Parámetro	Unidad	LF1	LF2	LF3	LF4
Calcio	mg	169	68	66	10
Potasio	mg	1093	691	668	671
Fósforo	mg	26	18	12	45

Referencias: LF1: muestra con fertilizante 100% de orina humana; LF2: muestra riego con 75% orina humana, 25% agua potable; LF3: muestra riego con 50% orina humana, 50% agua potable; LF4: muestra riego con agua potable en un 100%.

Tabla N°4 Valores Nutricionales de la Lechuga en mg por 100 g muestra

VALORES NUTRICIONALES DE COMPARACIÓN						
Parámetro	Unidad	Valor Teórico	LF1	LF2	LF3	LF4
Agua	%	95	94,5	93,8	93,0	92,7
Cenizas	%	0,9	1,11	1,07	1,09	1,10
Proteínas	%	1,5	5,7	3,4	2,7	2,1
Calcio	mg	68	169	68	66	10
Potasio	mg	240	1093	691	668	671
Fósforo	mg	25	26	18	12	45

La Tabla N° 4, revela la composición nutricional de lechugas en 100 g de muestra, por comparación con datos experimentales se aprecia un incremento substancial en el porcentaje de proteínas (en hojas), este valor va disminuyendo en forma gradual en relación a la dosis de fertilizante utilizado en cada muestra, con relación al potasio se evidencia un aumento de concentración relativamente elevado, en comparación con datos teóricos; respecto al calcio, hay un incremento de concentración en la muestra con riego de orina humana (OHF) en un 100%, sin embargo las demás muestras analizadas reportan valores de concentración casi idénticos al valor teórico. Para fósforo se ve una leve disminución de concentración en las muestras con OHF, en cambio la muestra con riego de agua potable en un 100%, reporta un aumento de concentración.

Tabla N°5 Análisis de la composición de la orina humana fermentada

pH	PO ₄ (mg/L)	N total (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)
9,1	364	6817	198	857	7,0	0,8

La composición de orina humana, muestra que el aporte de nitrógeno total como proteína es fundamental para el crecimiento de plantas y vegetales, el valor experimental se debe específicamente al tiempo de fermentación al cual fue sometido, en cuanto a los nutrientes potasio, fósforo, calcio, magnesio y sodio se evidencia valores de concentración relativamente elevados, según la Tabla N° 5 de composición de la orina.

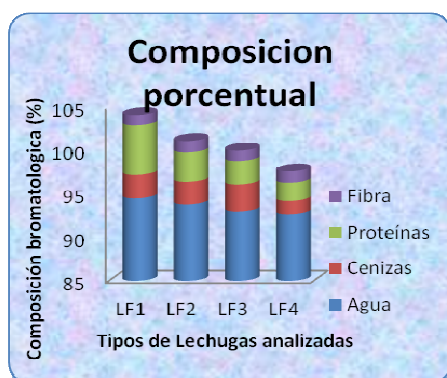


Figura N°1. Composición porcentual

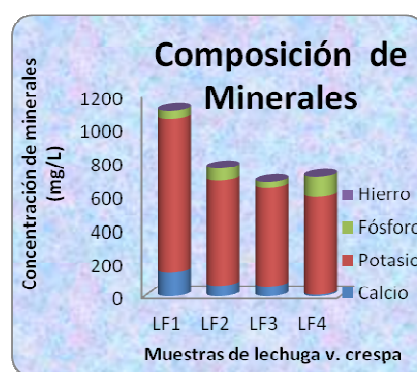


Figura N°2. Composición de minerales

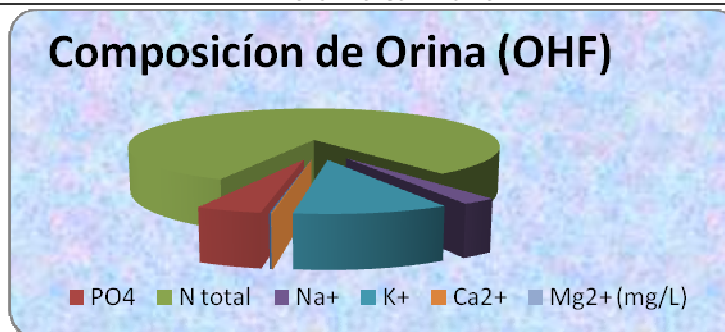


Figura N°3. Composición de orina humana fermentada (OHF)

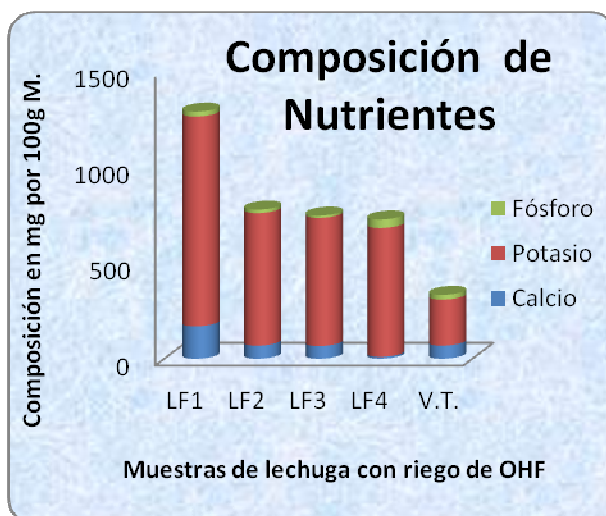


Figura N°4. Composición de Nutrientes en Lechuga (*Lactuca Sativa*)

En la Figura N° 1, se muestra la composición porcentual de agua, proteína y fibra, parámetros bromatológicos determinados en muestras de lechugas variedad crespa, de manera similar en la Figura N° 2, se observa minerales mayoritarios que corresponden a potasio(K), calcio (Ca^{2+}) y fósforo (PO_4), en ese orden de concentración; donde se reporta valores entre 920, 628, 590 y 582 mg/L de potasio en muestras LF1, LF2, LF3, y LF4, respecto a calcio y fósforo se observa una menor concentración en comparación con potasio, los valores oscilan entre 142, 62, 58 y 9 mg/L para calcio y 47,72, 33 y 120 mg/L para fósforo en las muestras correspondientes.

En cuanto a la composición de la orina humana fermentada la Figura N° 3, incide notoriamente la presencia de proteínas (N total), respecto a los otros componentes como potasio, calcio, sodio y fósforo que no dejan de ser importantes durante la etapa de crecimiento de la planta; la composición en peso de los nutrientes mayoritarios. La Figura N° 4, muestra al potasio como principal mineral, seguido del calcio y el fósforo en menor importancia, a la vez se hace una comparación de datos con valores teóricos que están por debajo de la composición nutricional habitual de este alimento. Por lo tanto, se evidencia que el aporte nutricional del fertilizante orina humana fermentada OHF, utilizado en el riego en diferente dosis, ha sido bien asimilado tanto por el suelo de cultivo como por el rizoma de cada muestra sometida al análisis.

CONCLUSIONES

En función a los resultados se puede destacar el aporte nutricional del fertilizante utilizado en el cultivo de lechugas como es la orina humana fermentada (OHF), cuyas propiedades son fácilmente asimilables por vegetales y hortalizas durante su crecimiento. En este sentido, este trabajo de investigación demuestra que la orina humana fermentada utilizada para cultivar lechugas, es una gran alternativa a los fertilizantes sintéticos.



La evaluación de minerales, muestra valores de concentración significativos principalmente debido al uso de OHF, como riego natural en cultivos en diferente dosis, según la composición de minerales se acentúa en mejor proporción el mineral potasio respecto a los demás nutrientes (minerales).

Por lo que la composición de cada muestra presenta un valor alimenticio substancial por el aporte de potasio, calcio, fósforo presente, sin desmerecer el aporte de hierro, como micronutriente de la lechuga, principalmente la parte comestible (las hojas) de este vegetal.

EXPERIMENTAL

La metodología utilizada en el presente trabajo fue en primera instancia la preparación de muestras. Según el tipo de riego, se determinó parámetros bromatológicos: humedad, cenizas, proteínas y fibra. Posteriormente en una segunda etapa, se realizó el análisis químico cuantitativo de minerales potasio, calcio, fósforo y hierro en cada una de las muestras de lechuga, de acuerdo a la metodología para cada elemento según protocolos normalizados.

La determinación de cada parámetro bromatológico se realizó en base a NB-993 determinación de la humedad, base NB-664 el porcentaje de cenizas,. Para la determinación de proteínas se procedió según norma, NB-666. Para determinar fibra, la norma de uso fue la NB-663, a la vez se hizo una comparación de la metodología utilizada con métodos oficiales de la AOAC 930.04-1999, como referencia.

Los parámetros químicos potasio, calcio y hierro se determinaron mediante absorción atómica, a partir de lechuga secada a 105°C (parte hojas). Luego de ser pesada por triplicado, cada muestra de lechuga según el tipo de riego, se colocó en crisol de porcelana, para ser calcinada a 600°C, en mufla eléctrica durante cinco horas.

Las cenizas obtenidas fueron tratadas con 10 ml de HCl al 10% (v/v), evaporando cada una cerca a sequedad, luego cada muestra fue tratada con agua destilada y filtrada en caliente en vaso de precipitados. Posteriormente, las muestras fueron vaciadas y aforadas en matraces de 100 ml. Finalmente las muestras fueron refrigeradas a 4°C, antes de efectuar las lecturas correspondientes.

Se preparó la referencia (reactivo blanco) a partir de HNO₃ al 1%, (v/v), para la lectura de hierro y otros metales; también se prepararon soluciones estándar para calcio, potasio y hierro, de acuerdo al rango lineal de cada elemento y las condiciones de trabajo del equipo de Absorción Atómica. De manera similar se preparó soluciones inhibitoras para evitar interferencias en la lectura de elementos, para calcio y magnesio se preparó solución de estroncio al 1%, para potasio y sodio se utilizó solución de cesio al 0.1%.

Las lecturas de concentración, se realizaron en espectrómetro de Absorción Atómica Analist - 200, provisto de acetileno-aire como combustible-oxidante; se utilizó lámparas de cátodo hueco, según la longitud de onda específica para cada metal; en base a lecturas de absorción en patrones estándares en orden creciente se obtuvo curvas calibradas, a partir de ello se determinó la concentración para cada elemento.

Para la determinación de fósforo como fosfato, se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible, con lámpara de tungsteno, en base a la metodología por colorimetría del ácido ascórbico.

RECONOCIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Univ. Marcelino Rodríguez Aro, tesista de Ingeniería Agronómica de la UPEA, por proporcionar las muestras de lechuga para el presente estudio. Un agradecimiento especial al Lic. Jorge Quintanilla Aguirre, por la colaboración en el uso de equipo: Absorción atómica de Llama, en la lectura de elementos analizados. Otro agradecimiento a José Antonio Bravo Barrera, Ph.D., por sus comentarios al manuscrito.

REFERENCIAS

1. Heinonen, T.H. & Van Wiljk, S.C. **2005**, Human excreta for plant production, *Bioresour Technol.*, 403.
2. Montes de Oca, N. Caracterización física, química y funcional de la Lechuga rizada de Ecuador, **2009**.
3. Hernandez, M. Evaluación de la orina humana como fuente de nutrientes en producción de plántines. **2010**.
4. Mamani, M.V., Fundación Sumaj Huasi, Uso de orina humana como fertilizante en la producción de Lechuga Waldmann Grenn, **2010**.
5. Diaz, R. , Aplicación Fraccionada de Nitrógeno en tres densidades de plantación de lechuga bajo carpa solar, **1998**, pp. 70-72.
6. Hartmann, F. Invernaderos y ambientes atemperados, fades ed. cecim, **2003**, La Paz-Bolivia, pp. 127-130.
7. Ibañez, C. Estrategia de desarrollo sostenible para el Municipio de Sorata Provincia Larecaja, **2004**.
8. Marin, M. Recolección, tratamiento y aplicación de la orina humana en las plantas para su producción de rendimientos, **2006**, México, pp. 67- 69.



9. Pradhan, S.K., Holopainen, J.K., Heinonen, T.H. **2009**, Stored human urine supplemented with wood ash as fertilizer in tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivation and its impacts on fruit yield and quality. *J. Agric. Food. Chem.* *57*, 7612.
10. Serrano Z. Cultivo de hortalizas en invernadero, Ed. Barcelona, **2006**, Barcelona, España, pp. 33-36.
11. Richert, A., Gensch, R., Jonsson, H., Stenstrom T.A., Dagerskog, L. Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production. SEI, EcoSanRes series. **2010**.
12. Cruz, D. Ministerio de Desarrollo Sostenible, Vice –Ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente, impacto del cambio climático en los ecosistemas, bosque, biodiversidad y agricultura en Bolivia y el mundo, **2004**, La Paz- Bolivia.