

APLICACIÓN DE ORINA COMO FERTILIZANTE EN LA COMPOSTA ESCOLAR

Clave de Registro: CIN2012A50170

INSTITUTO DE HUMANIDADES Y CIENCIAS

Autores: Campos Ramos Paola
De la Torre Spinolo Daniela
Gómez Vasconcelos Rebeca
Martínez García Brenda

Asesores: Biol. Ma. Elizabeth García Galindo
Dr. José Luis Martínez Palacios
Dra. Ma. Del Carmen Durán Domínguez

Área de Conocimiento: Áreas de Convergencia
Disciplina Principal: Medio Ambiente
Disciplinas de apoyo: Biología, Química, Ciencias e la Salud

Tipo de Investigación: Experimental

México, D.F., febrero de 2013.



RESUMEN

En la Ciudad de México, se genera gran cantidad de orina como residuo del metabolismo humano. Para desecharla se utiliza gran cantidad de agua potable. Este residuo es rico en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, necesarios para el crecimiento vegetal, no tiene costo y equivale al 1% de las aguas residuales. Durante el ciclo escolar 2011-2012, el INHUMYC instaló mingitorios secos como parte del programa para el cuidado del ambiente, lo que además nos permite coleccionar fácilmente la orina. En este proyecto, se evaluó la aplicación de la orina en la composta que se genera en la escuela en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) y rabanitos (*Raphanus sativus*) al aire libre para comparar el crecimiento de las plantas al ser regadas solo con agua y con agua a la que adicionó una dosis de orina diluida respectivamente. Con base en los resultados, se sugiere la utilización de orina humana como fertilizante alternativo por su aporte en diferentes elementos, su fácil acceso, fácil manipulación por su estado líquido, costo mínimo y sobre todo por el ahorro de agua. Es importante su manejo cuidadoso y adecuado para evitar contaminación por posibles agentes patógenos contenidos en la misma.

PALABRAS CLAVE : Orina, Agua, Nitrógeno, Urea, Ambiente, Crecimiento vegetal

ABSTRACT

In Mexico City, a great quantity of urine is produced as human's metabolism residue. To cast it away a lot of drinkable water is needed. This residue is rich in nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium, which is required for plant growth, free, and equivalent to 1% of residual waters. During the 2011-2012 school year, INHUMYC installed dry urinals as part of the environment care, which also lets us collect easily the urine. In this project, the use of the urine in compost made in school was evaluated for wheat (*Triticum aestivum*) and radish (*Raphanus sativus*) culture in open spaces to compare the growth of the plants watered using regular water and the ones with a doses of diluted urine respectively. Based on the results, the use of human urine is suggested as alternate fertilizer for its contribution as liquid, low price and, specially, to save water. Its careful and right use is important to avoid contamination for possible pathogen characters contained in it.

KEY WORDS: Urine, water, nitrogen, urea, environment, plant growth.



INTRODUCCIÓN

La escasez de agua en nuestro país se ha convertido en un asunto de especial interés por parte de los diferentes órganos en el gobierno de los últimos años, muy especialmente en el abastecimiento y uso que se le da al agua potable y en consecuencia al tratamiento, reutilización y distribución que tienen las aguas residuales, ya que estamos haciendo un uso irracional de este suministro, lo que nos ha llevado a la sobreexplotación del recurso.

El Programa Nacional Hídrico 2007-2012 marca como prioridad básica la búsqueda del desarrollo humano sustentable de tal forma que todos los habitantes de México tengan y conserven formas de vida digna sin comprometer el patrimonio de las siguientes generaciones.

En nuestra escuela se inició el desarrollo de un modelo ecológico redituable (ECO-INHUMYC) con el fin de establecer estrategias que como comunidad nos permitan generar actividades que resulten amigables con el ambiente. Este proyecto surge en 2007 a partir de propuestas de los mismos alumnos en la materia de Ética, y a lo largo de las generaciones, se ha venido sosteniendo e incrementando de la misma forma.

Una de las problemáticas que se han abordado de manera prioritaria es el adecuado manejo y preservación de recursos como energía eléctrica, papel y muy especialmente agua; también se instaló un programa muy cuidado de separación de residuos de donde obtenemos composta que se utiliza para reabastecer de suelo los jardines, macetas y áreas verdes de nuestra institución.

La separación de la orina y su uso como fertilizante en la agricultura es una nueva tecnología que permite administrar las aguas residuales urbanas de manera sustentable.

Es en los países desarrollados donde se invierten recursos que permiten disminuir el consumo de agua mediante el desarrollo tecnológico de sanitarios ecológicos (sanitarios secos), al tratamiento de corrientes domésticas separadas y al reciclaje de nutrientes en la



agricultura (Kirchmann y Petterson, 1995). Es claro que de esta forma se aprovechan de forma sustentable los recursos, lo que convierte estos programas en auténticos ejemplos a seguir y de ser posible mejorar.

Hay estudios que indican que si todos los desechos de los baños se reciclaran en la agricultura, entre el 75 % y el 85 % del nitrógeno, fósforo y potasio se utilizaría como un recurso, y dejaría de ser un contaminante ambiental.

Cuando un cuerpo de agua recibe exceso de nutrimentos como el nitrógeno y el fósforo, se generan cambios que resultan en desastres para los ecosistemas, sin embargo, de forma contraria, estos mismos nutrimentos cumplen las condiciones adecuadas para funcionar como un fertilizante de suelos que permitirá el crecimiento de vegetales.

Esta claro que estamos viviendo una época de crisis ambiental como el cambio climático, daño por contaminación en diferentes cuerpos de agua aire y suelo, lo que nos lleva baja producción de cultivos, elevados precios en éstos y un alza de costos de fertilizantes comerciales.

En México muy afortunadamente se ha empezado a invertir en la instalación de baños secos, esta modificación se inició en el 2006 en el IMSS en todos sus inmuebles como hospitales, clínicas y oficinas del D.F. con la intención de extenderse a los diferentes estados de la República Mexicana.

Sin embargo en todas la instituciones, comercios, fábricas, y escuelas que se han preocupado por la instalación de baños secos como una alternativa para el ahorro de agua incluyendo nuestra escuela, la orina captada se vierte inmediatamente al drenaje impidiendo su utilización.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Adicionar orina humana a la composta producida en la escuela, mejora su calidad y con esto su eficacia en el crecimiento de las plantas?

HIPÓTESIS

Si se utiliza orina humana debidamente procesada para adicionar en la composta de la escuela, entonces obtendremos un fertilizante orgánico con alto contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio que mejorará el crecimiento de las plantas.

SUSTENTO TEÓRICO

A partir de la instalación del programa "ECO-INHUMYC" (2007) en nuestra escuela, se han venido implementando varias soluciones a los problemas ecológicos más comunes que genera una institución educativa, mismos que no podemos dejar pasar de largo y sí en cambio tratar de remediar con formas inteligentes. Desde su inicio hasta estos momentos hemos sido testigos de los resultados obtenidos en diferentes áreas como la eliminación de productos desechables en la cafetería, disminución en el consumo de energía eléctrica, disposición y separación de desechos con lo que pudimos inscribirnos a proyectos alternos como ECOCE y de donde podemos fabricar una cantidad importante de composta de excelente calidad. Con el afán de disminuir el consumo de agua potable, la dirección de la escuela promueve el cambio de los sanitarios tradicionales por "baños secos".

El INHUMYC actualmente cuenta con una población de 486 personas entre estudiantes, académicos y trabajadores en general, lo que nos permite calcular que diariamente se vierten al drenaje unos 250 litros de orina diariamente y que ésta indiscutiblemente se convertirá en causa de contaminación.



Ante la problemática descrita, se plantea el uso de la orina humana como un fertilizante orgánico que desplazará el uso de los fertilizantes minerales que actualmente se disponen en las diversas áreas verdes de nuestra institución.

Es por esto que con este trabajo de investigación proponemos evaluar el efecto de la orina en el crecimiento de cultivos de trigo (*Triticum aestivum*) y rabanitos (*Raphanus sativus*), estas especies fueron seleccionadas porque resultan fáciles de trabajar en espacios pequeños y se obtienen resultados de su crecimiento en poco tiempo.

Al mismo tiempo podremos evaluar el cambio en el pH del suelo, ya que la urea tiene un alto contenido de nitrógeno y esta al hidrolizarse produce CO_2 y NH_3 que tienden a neutralizar el pH hacia condiciones básicas.

Si este trabajo resulta favorable, podremos instituir la aplicación de estos residuos con lo que no solo disminuiríamos el uso de agua, sino también evitaremos que nuestra escuela participe en el arrastre de lo que en algún momento se convertirá en contaminante.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de añadir orina humana como fertilizante a la composta mediante el cultivo de trigo y rabanitos en condiciones naturales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Valorar el efecto de la orina humana en tierra de composta
- ✓ Comparar el cambio de pH en el suelo antes y después del cultivo con y sin orina humana.
- ✓ Hacer de esta práctica una cotidianidad en la institución.
- ✓ Convencer a otras poblaciones y/o comunidades de las ventajas de su aplicación.



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

EL AGUA

Nuestro territorio se está viendo muy afectado como consecuencia de la escasez de agua, convirtiéndose este tema en prioridad para los diferentes programas de gobierno, dentro de lo más urgente es el abasto y suministro de agua potable y la natural consecuencia que es el tratamiento de las aguas residuales. Se vuelve entonces irremediable el reúso de agua para reducir los volúmenes de extracción y la sobreexplotación del vital recurso.

El Programa Nacional Hídrico 2007-2012 que trata del abastecimiento, ahorro, tratamiento y reúso del agua, tiene como punto básico el desarrollo humano sustentable. De esta forma el adecuado manejo y preservación del agua es fundamental para el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación de la riqueza ecológica de nuestro país. (SEMARNAT, 2008).

Dentro de los objetivos que se plantea el Programa Nacional Hídrico, están:

- Promover el manejo integrado y sustentable en cuencas y acuíferos
- Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.

Aunque maneja otros, éstos parecen incluir a la población en general, sin embargo no indican alternativas para su correcto uso o disposición.

Hoy en día, muchos países se han tomado en serio el problema de abastecimiento de agua, por lo que sobre todo en áreas urbanas se está desarrollando esta cultura.

Es importante aprovechar la orina que por su contenido de nutrientes se convierte en una alternativa de primera mano como fertilizante de suelos que no solo reduciría el consumo de agua potable sino evitaría la contaminación por este medio de cuerpos de agua.



La Composta

Es el resultado de la descomposición ordenada de los materiales orgánicos para convertirse en humus. Generalmente se usa como fertilizante al incorporarse directamente al suelo, mejora biológicamente por su carga microbiana benéfica. Se considera ingrediente principal en mezclas para sustratos de almácigos, viveros, invernaderos y jardinería. Aporta gran cantidad de microorganismos benéficos, mejora la estructura del suelo, incrementa el vigor de la planta y su resistencia a enfermedades. Nutre con alta calidad y lenta liberación sin lixiviados, además suprime patógenos del suelo, baja costos de cultivos y ambientales.

En el INHUMYC la composta se fabrica con mucho cuidado, se consideran únicamente restos de alimentos vegetales (fruta y verduras), harinas procesadas (galleta y pan) provenientes de los contenedores dispuestos para ello, y de la cafetería, así como lo que se genera de la limpieza y poda de los jardines y áreas verdes de la institución. Se tienen descartados los cárnicos para control de plagas.

Los fertilizantes

Los fertilizantes contienen nutrimentos esenciales para las plantas, que se incorporan aumentando su fertilidad natural mejorando la calidad y cantidad de las cosechas.

Se empezaron a usar desde hace mucho tiempo como los huesos de animales, sangre, cenizas y más comúnmente el estiércol.

La producción de fertilizantes ha ido en aumento, sobre todo los que contienen nitrógeno, fósforo y potasio.

La Orina Humana

La orina es un líquido amarillo por el urocromo y urobilina contenidos, es secretada por los riñones, almacenada en la vejiga y desechada por la uretra. Es la principal vía de eliminación de sustancias solubles no volátiles que resultan del catabolismo nitrogenado. Su



componente principal es el agua que lleva disueltas varias sales como cloruro de sodio, sulfatos, fosfatos, urea, ácido úrico, amoníaco, etc.

La composición química depende de factores como hábitos alimenticios, ingesta de agua, actividad física, etc.

Producción típica y composición de la orina humana (adulto)

Parámetro	Unidad	Promedio	Parámetro	Unidad	Promedio
Flujo	l día	1.25	Azufre total	gS día	1.3
pH	-	6.2	SO ₄	gS día	1.2
Nitrógeno	gN día	11.5	Ca	mgCa día	210
N-Urea	gN día	9.6	Mg	mgMg día	120
Fósforo total	gP día	1.2	Na	gNa día	5.2
H ₂ PO ₄	gP día	1.1	K	gK día	2.7
HCO ₃	g día	~ 0	CL	gCl día	4.8

Fuente: Larsen y Gujer, 1996

Al momento de la excreción la orina tiene un pH de 6 pero puede variar. En la orina fresca, el 80% del nitrógeno excretado aparece como urea [CO(NH₂)₂] y el resto como creatinina, aminoácidos y ácido úrico. La urea se hidroliza porque es catalizada por la ureasa, el pH cambia a 9.3 y se producen iones como amonio y bicarbonato.

La urea como fertilizante presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno, éste es esencial en el metabolismo de la planta ya que va directo al tallo y las hojas que absorben la luz para la fotosíntesis.

Como se sabe, el nitrógeno está presente y las esencias para la formación de las proteínas y en las vitaminas.



La urea se adapta a diferentes tipos de cultivos. Es esencial fertilizar, porque con la cosecha se pierde el nitrógeno. Las semillas se siembran en el suelo, el que debe estar bien trabajado y ser rico en bacterias.

Los patógenos

La salud humana se ve amenazada principalmente por bacterias, virus, protozoarios y helmintos, estos pueden estar en las excretas de personas infectadas. Los mas resistentes al medio son los huevecillos de los helmintos, aunque su supervivencia depende de varios factores como la humedad, temperatura, pH, etc

En un organismo sano, la orina es estéril dentro de la vejiga, cuando es desalojada del cuerpo es que se incorporan diferentes tipos de bacterias, normalmente contiene mas de 10 000 bacterias por ml y difícilmente éstas podrían ser un problema de salud pública (Schönning, 2002).

Se propone que la inactivación de los microorganismos está relacionada con la concentración de amoniaco debido a que el pH ligeramente alcalino es capaz de inactivarlos.

Recomendación de almacenamiento para la orina basada en el contenido de patógenos y recomendaciones de cultivo

Temperatura de almacenamiento (°C)	Tiempo de almacenamiento (meses)	Posibles patógenos en la orina después del almacenamiento	Cultivos recomendados
4	1 o más	Virus y protozoarios	Cultivos de alimentos y forrajes que vayan a ser procesados
4	6 o más	Virus	Cultivos de alimentos que vayan a ser procesados y cultivos



			de forraje
20	1 o más	Virus	Cultivos de alimentos que vayan a ser procesados y cultivos de forraje
20	6 o más	Probablemente ninguno	Todos los cultivos

Fuente: WHO,2006; Schönning, 2002

LOS CULTIVOS

EL TRIGO

El trigo (*Triticum sativum* = *Triticum aestivum*) es un cereal de la familia de las gramíneas. El trigo es una planta anual herbácea que llega a 1,2 m de altura. Los tallos son erectos y su estructura es de caña (huecos en su interior excepto en los nudos. Las hojas nacen de estos nudos. Al igual que el resto de las gramíneas presentan dos partes: la vaina que rodea al peciolo y protege el meristemo (zona de crecimiento) y el limbo que tiene forma alargada y presentan nervios paralelos. Las flores se reúnen en espigas y estas son muy poco vistosas (sin pétalos, ni sépalos). Cada flor femenina consta de un ovario y las masculinas presentan tres estambres que pueden ser dorados, verdes o violetas. La fecundación y maduración del ovulo del trigo produce el grano de trigo, un fruto de tipo cariopside. (Fruto seco indehiscente con el pericarpio adherido a su única semilla).

EL RÁBANO

El rábano (*Raphanus sativus*) pertenece a la familia de las Criciferae, por lo que su raíz es igualmente comestible y se emplea comúnmente en ensaladas. Depende de la variedad de la planta, puede poseer dos formas características: redondo, con 2-3 cm. de diámetro; o alargado, de 10-15 cm. de longitud. El peso es muy variable desde los 70 gramos hasta 1 kg o más. Estos pueden tener una piel negra, morada o roja (aunque también se pueden dar



blancos), así como una carne blanca, en algunas variedades asiáticas incluso rosada. Su sabor suele ser ligeramente picante.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Aquí se describe la metodología seguida con la orina (recolección, almacenamiento y disposición), el suelo (selección y tratamiento), las plantas y la experimentación.

LA ORINA

La orina fue recolectada de los alumnos varones del Área II del INHUMYC, se dispuso de un vaso de precipitados de 500 ml nuevo para cada uno, esto nos permitió medirla y observar las características evidentes. Durante cinco días (lunes a viernes) se colectó lavándose perfectamente y enjugando los vasos entre cada uso, la orina se guardó en dos contenedores de polietileno de 4 L cada uno, se midió el pH y se almacenaron durante seis semanas a 30 °C en una estufa del laboratorio de Biología del Instituto.

Transcurrido este tiempo se decantó para eliminar los pocos sedimentos que se formaron y se preparó una solución de 1:3 con agua destilada.

Es importante hacer notar que se tomaron precauciones en el lavado del material utilizando detergente sin fosfatos para evitar la contaminación.

EL SUELO

La composta se mezcló perfectamente con ayuda de palas para homogeneizarla, se tamizó para quitar los pedazos de tronco, ramas y algún otro material de tamaño grande, se extendió sobre una superficie limpia y se dejó secar perfectamente a la intemperie y por acción del sol y aire.



Una vez seco, se colocó en cuatro Huacales cubiertos con plástico negro para evitar la salida de materiales. Dos sirvieron de lotes testigo y dos de experimentales para los dos tipos de semillas seleccionadas respectivamente.

El experimento se montó en una terraza del laboratorio de Biología dejándose a la intemperie, sólo se cubrió con techo de plástico transparente con la finalidad de impedir que fueran alterados por posibles lluvias o heladas.

Se procedió a sembrar las semillas y se regaron uno de trigo y uno de rábano sólo con agua destilada (control) y uno de trigo mas uno de rábano con la solución de orina (experimental). Se continuó el regado cuidadoso cada tercer día cuidando de no saturar el cultivo para evitar escurrimientos y con ellos pérdida de los materiales.

LAS PLANTAS

Originalmente se seleccionaron para sembrar semillas de chile y jitomate, pero las plantas tardan mucho en crecer y necesitan mas cuidados, así que se decidió utilizar semillas de trigo y rábano respectivamente.

Durante la experimentación hubo necesidad de cuidar el riego y crecimiento de las plantas. A partir de la aparición de las plántulas se evaluó periódicamente el crecimiento. Las plantas de trigo fueron medidas con una regla de 30 cm tomando como dato el promedio entre la mas baja y la mas alta. Para los rabanitos se evaluó considerando el número de hojas promediando de la misma manera.

Al momento de cosechar se lavaron perfectamente todas las plantas y se procedió a pesar el total del producto de cada uno de los huacales (biomasa).



RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos planteados, nuestro interés principal estuvo basado en categorizar el crecimiento de las plantas con y sin la presencia de orina, por lo que las mediciones que se hicieron son basadas en este aspecto, considerándose el alto de la planta en el caso del trigo y el número de hojas para el rábano.

A continuación se muestran los resultados obtenidos al cabo de cuatro semanas. Es importante hacer notar que las mediciones se iniciaron a partir de la aparición de las plántulas.

Cultivo Trigo con agua destilada (control)

Semana No.	Altura de la planta (cm)	Semana No.	Altura de la planta (cm)
1	3	3	12
2	7	4	18

Cultivo de trigo con orina (experimental)

Semana No.	Altura de la planta (cm)	Semana No.	Altura de la planta (cm)
1	3	3	14
2	9	4	20

Cultivo de rábano con agua destilada (testigo)

Semana No.	Número de hojas	Semana No.	Número de hojas
1	4	3	10
2	6	4	14



Cultivo de rábano con orina (experimental)

Semana No.	Número de hojas	Semana No.	Número de hojas
1	5	3	12
2	9	4	15

Por otro lado, se midió el pH en los diferentes lotes con ayuda de un potenciómetro calibrado, de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

pH en composta con agua destilada lote 1	pH en composta con tratamiento lote 1	pH en composta con agua destilada lote 2	pH en composta con tratamiento lote 2
8	7.5	7.8	7.4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como puede verse en las tabla anteriores, hubo una ligera mejoría en los tratamientos con orina. Aun cuando no muestran cambios dramáticos, las plantas parecen tener mejor crecimiento en presencia del tratamiento.

CONCLUSIONES

Aun cuando no pudimos observar resultados absolutamente contundentes, puede notarse cierta mejoría en los cultivos tratados con orina.

Consideramos que pudimos tener mas lotes con sus respectivas repeticiones para que la evaluación fuera más acertada.

Dentro del diseño experimental debió incluirse un lote que fuera tratado con un fertilizante mineral de tipo comercial para poder hacer una adecuada comparación con éste.



La elección del uso de la composta como suelo experimental pudo influir en los resultados ya que ésta es muy fértil y posee gran cantidad de nitrógeno proveniente de la descomposición de la materia orgánica con que se fabrica.

Pese a todos los puntos antes mencionados, consideramos que el uso de orina en el suelo, sí mejora la calidad de éste, nosotros elegimos composta porque es lo que tenemos a la mano y es lo más próximo en donde podemos aplicar esta técnica, sin embargo parece ser muy eficiente y de gran ayuda para suelos de cultivo, sobre todo en regiones donde éstos están empobrecidos o desgastados.

Se sugiere hacer las modificaciones pertinentes en el desagüe de los baños secos del INHUMYC para la captación y tratamiento de la orina. Nuestra escuela cuenta con grandes extensiones de terreno, de jardines y áreas verdes donde puede aplicarse este "fertilizante" alternativo rico en nutrientes, de fácil manipulación y sin costo.

Lo más importante de este trabajo es saber que de esta forma podremos aliviar un poco la contaminación que se produce a nuestros cuerpos de agua ya tan golpeados

REFERENCIAS

- Tesis de Maestría y doctorado de Concha Santos Sibila
- Ganrot Z. 2005 urine processing for efficient nutrient recovery and reuse in agricultura (PhD Thesis). Sweden. Gödeborg University . Faculty of science 170 p.
- Guzha E., Nhapi I., Rockstron J.2005 An assessment of the effect of human feces and urine on maize production and water productivity. Phys. Chem . Earth. 30 , 840- 845
- Jönsson H., Stintzing A., Vinnerås B., Salomon E. 2004. Lineamientos para el uso de la orina y heces en la producción de cultivos. Serie de publicación ecosan. Stockholme Enviroment Institute. Reporte 2004-2.
- Karak T., Bhattacharyya P. 2011. Human urine as a source of alternative natural fertilizer in agricultura: a fight of fancy or a n achievable reality. Resources, conservation and recycling. 55, 400-408.



- Jönsson H. 2012. Urine separating sewage systems- environmental effects and resources usage. Water science and technology. 46,6-7, 333-340
- Kass D. Fertilidad de suelos . Ed. Euned, 1ra. Edición, 2007
- Kauffman O. 2008. Atropogenic plant nutrients as fertilizer. (Phd Thesis). Germany University of Berlin.
- http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20526-DETALLE_REPORTAJESPADRE
- <http://www.botanical-online.com/trigo.htm>
- Jones C., Jacobseb J. 2001 Nutrient management module No. 2 Plant nutrición and soil fertility. Montane's state University. (en línea) <http://landresources.montana.edu/nm/modules/mt44492.pdf>

