



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y
Recursos Hidráulicos, (ERIS)

MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE LA ORINA HUMANA COMO FERTILIZANTE EN PLANTAS DE MAÍZ

Ing. Ricardo Augusto Reyes Arana

Asesorado por el M.Sc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre Collazos

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE LA ORINA HUMANA COMO
FERTILIZANTE EN PLANTAS DE MAÍZ**

ESTUDIO ESPECIAL

PRESENTADO A LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y
RECURSOS HIDRÁULICOS -ERIS-
POR

RICARDO AUGUSTO REYES ARANA

ASESORADO POR EL M.Sc. ING. ADÁN ERNESTO POCASANGRE C.

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
**MAESTRO (MAGISTER SCIENTIFICAE) EN CIENCIAS
DE INGENIERA SANITARIA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS
HIDRÁULICOS -ERIS- A NIVEL POSTGRADO



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgén Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

DIRECTOR DE LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y
RECURSOS HIDRÁULICOS

MSc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Célis

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE ESTUDIO ESPECIAL

EXAMINADOR	MSc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Célis
EXAMINADOR	MSc. Ing. Joram Gil Laroj
EXAMINADOR	MSc. Adán Ernesto Pocasangre Collazos

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que las leyes de la Universidad de San Carlos de Guatemala establecen, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE LA ORINA HUMANA COMO FERTILIZANTE EN PLANTAS DE MAÍZ

Tema que me fuera autorizado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos -ERIS-

Ing. Ricardo Augusto Reyes Arana



Guatemala, 16 de noviembre de 2017

Señores Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS-:

Respetuosamente les comunico que he revisado y aprobado, en mi calidad de asesor y coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria, el informe final del Estudio Especial titulado.

**MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE LA ORINA HUMANA COMO
FERTILIZANTE EN PLANTAS DE MAÍZ**

Preparado por el estudiante:

Ing. Ricardo Augusto Reyes Arana

Les manifiesto que el estudiante cumplió en forma satisfactoria con todos los requisitos establecidos por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos – ERIS- y por la Universidad de San Carlos de Guatemala en la realización de su estudio.

Agradeciéndoles de antemano la atención a la presente, se suscribe de ustedes,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

MSc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre Collazos
Coordinador Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria

Msc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre Collazos
Coordinador Maestría Ingeniería Sanitaria
ERIS / USAC

USAC
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y
Recursos Hidráulicos
2017

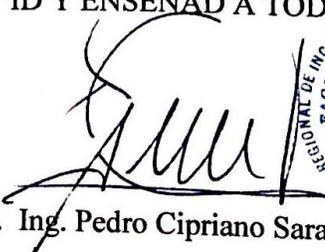


Guatemala, 20 de noviembre de 2017

El director de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos – ERIS- después de conocer el dictamen del tribunal examinador integrado por los profesores siguientes: MSc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis, MSc. Adán Ernesto Pocasangre Collazos, y MSc. Joram Gil Laroj, así como el visto bueno del Coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria; MSc. Adán Ernesto Pocasangre Collazos y la revisión lingüística realizada por la Licenciada Ruth Nohemí Cardona Mazariegos, colegiada No. 12489, al trabajo del estudiante Ing. Ricardo Augusto Reyes Arana, titulado: **MANEJO Y REUTILIZACIÓN DE LA ORINA HUMANA COMO FERTILIZANTE EN PLANTAS DE MAÍZ**. En representación de la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado, procede a la autorización del mismo, en Guatemala a los 20 días del mes de noviembre de 2017.

Imprimase

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis
DIRECTOR

DEDICATORIA

Especialmente a mi madre Odilia Esperanza Arana Marroquín (DEP) y a mi hermano Eliot Renato Reyes Arana (DEP), quienes creyeron en mí y no será posible compartir este logro.

DIOS PODEROSO Por iluminarme, guiarme y brindarme sabiduría en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, por ello he llegado a ser quien soy y he alcanzado esta nueva meta, con ello seré un mejor profesional y así servir mejor a la sociedad.

A MIS PADRES Ricardo A. Reyes Lima y Odilia Esperanza Arana Marroquín (DEP), por su apoyo incondicional, por ser los pilares fundamentales en mi vida, por guiarme y confiar en mí para la realización de esta meta.

A MIS HERMANOS Gerson Alexander, Christopher José e Iveth María de Lourdes con mucho cariño.

A MIS SOBRINOS Melanny Elizabeth, Joseph Alexandro, Eliot Alexander.

A MI FAMILIA EN GENERAL Y AMIGOS

AGRADECIMIENTO A

La Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS–, por brindarme la oportunidad para ampliar mis conocimientos y tener una formación especializada.

Mi asesor, M.Sc. Ing. Adán Pocasangre Collazos, por haber despertado el interés sobre el tema de investigación propuesto, por su colaboración, asesoría técnica e interés puesto en la realización de este estudio de investigación.

Mis compañeros de la ERIS, por haber compartido experiencias, consejos, logros, altas y bajas durante la realización de este sueño.

Agradecimiento especial a todos los que de una manera u otra, hicieron posible la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
GLOSARIO	IX
SIMBOLOGÍA	XIII
RESUMEN.....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIX
JUSTIFICACIÓN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
HIPÓTESIS.....	XXV
ANTECEDENTES.....	XXVII
ALCANCES Y LIMITACIONES	XXXI
INTRODUCCIÓN	XXXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Aspectos teóricos	1
1.1.1. Definición del ecosaneamiento	1
1.1.2. Principios básicos del ecosaneamiento	2
1.1.3. Ventajas y desventajas del ecosaneamiento	4
1.1.4. Ciclo de nutrientes en un ecosistema	6
1.1.5. Estrategias para la adopción de sistemas ecosaneamiento	7
1.1.5.1. Costo-beneficio de sistemas alternativos.....	9
1.2. Generalidades de la orina.....	10
1.2.1. Definición de orina y su uso.....	10
1.2.2. Características de la orina	12
1.2.3. Análisis de la orina humana	13

1.2.4. Condiciones de la orina para su uso	14
1.2.5. Valor económico de la orina.....	15
1.3. La orina en la agricultura	16
1.3.1 Propiedades y ventajas de la orina como fertilizador.....	16
1.3.2. Manejo de la fertilización nitrogenada	18
1.3.3. Uso de orina como fertilizante.....	19
1.4. Lineamientos para el manejo de excretas humanas en la agricultura	20
2. BIOENSAYO	25
2.1. Objetivo general del bioensayo	25
2.2. Metodología y diseño del bioensayo	26
2.2.1 Recolección, tratamiento y análisis de la orina humana	26
2.2.2. Descripción del material experimental	29
2.3. Diseño experimental	30
2.3.1. Unidad experimental	31
2.3.2. Unidad de muestreo.....	31
2.3.3. Preparación, acondicionamiento del área de trabajo y metodología a seguir	32
2.4. Impacto de DBO ₅ , DQO, nitrógeno fósforo de la orina en las aguas residuales.....	38
3. RESULTADOS DEL BIOENSAYO	43
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL BIOENSAYO.....	63
5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y APLICACIÓN DE ORINA	75
5.1. Técnicas de recolección.....	76

5.2. Técnicas de tratamiento	78
5.3. Técnicas de aplicación	79
5.4. Cómo debo aplicar la orina (técnicas de aplicación)	80
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Enfoque de ciclo cerrado	3
2. Comparación de orina y heces desde la perspectiva de los patógenos	3
3. Sustancias, tratamiento y utilización	5
4. Ciclo de nutrientes	7
5. Esquema para la implementación de sistemas ecosaneamiento.....	9
6. Características de la orina humana en varias etapas	13
7. Manejo de la orina	15
8. Recolección y tratamiento de la orina	26
9. Preparación del área del ensayo	32
10. Inicio del ensayo, siembra de maíz	33
11. Riego de las plantas.....	33
12. Aplicación de abono en la etapa de crecimiento de la planta	34
13. Equipo de medición utilizado	35
14. Medición y aplicación del tratamiento químico	36
15. Medición y aplicación de tratamiento con abono orgánico.....	36
16. Medición y aplicación del tratamiento con orina.....	36
17. Medición y aplicación del tratamiento con orina diluida 1:10	37
18. Medición y aplicación del tratamiento con orina diluida 1:10 más abono orgánico	37
19. Medición y aplicación del tratamiento con orina más abono orgánico	37
20. Valor de parámetros en aguas residuales al hacer separación de orina	41

21. Porcentaje de los parámetros que aporta la orina a las aguas residuales...	42
22. Estado nutricional de las plantas luego de la primera aplicación (seis semanas).....	47
23. Estado nutricional de las plantas, luego de la segunda aplicación	48
24. Estado nutricional de las plantas, luego de la tercera aplicación.....	48
25. Estado nutricional de las plantas, luego de la cuarta aplicación	49
26. Valores de DBO ₅ Y DQO en la orina a diferentes tiempos	51
27. Valores de macro nutrientes presentes en la orina en el tiempo	52
28. Resultados del bioensayo.....	57
29. Concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio encontradas en las plantas en análisis foliar realizado	58
30. Porcentaje de crecimiento con respecto al testigo.....	60
31. Tiempo de almacenamiento recomendado.....	67
32. Dispositivos para la recolección de orina.....	76
33. Dispositivo de recolección utilizado	76
34. Tanques para almacenamiento y recolección de orina.....	78
Ilustración 35. Regla general de aplicación de orina	79
36. Aplicación de orina con espaciamiento entre plantas	81
37. Técnicas de aplicación de orina	82
38. Aplicación de orina a cultivos densos	83
39. Aplicación de orina en árboles frutales	83

ÍNDICE DE TABLAS

I. Análisis costo beneficio de los sistemas ecosaneamiento	10
II. Análisis de la muestra de suelo utilizada	29
III. Porcentaje de nutrientes presentes en el abono orgánico	30
IV. Diferentes métodos de tratamientos a utilizar.....	31
V. Aplicación de abono en los diferentes tratamientos	34
VI. Cronograma para realizar los análisis de laboratorio	38
VII. Composición y concentración típica del agua residual cruda	39
VIII. Valor de parámetros en la orina	40
IX. Valor de parámetros en aguas residuales al hacer separación de orina	41
X. Valores de orina y aguas residuales expresados en porcentaje.....	42
XI. Dosis aplicadas en cada fecha de abono	47
XII. Resultados de laboratorio, muestra fresca y a las seis semanas	51
XIII. Resultados de las variables evaluadas en el bioensayo.....	56

GLOSARIO

Bidón	Recipiente para almacenar.
Bioensayo	Es el uso de un organismos vivos como un agente de prueba para la presencia o concentración de un compuesto químico o un efecto ambiental.
Creatinina	Compuesto orgánico generado a partir de la degradación de la creatina (que es un nutriente útil para los músculos). Se trata de un producto de desecho del metabolismo normal de los músculos que habitualmente produce el cuerpo en una tasa muy constante (dependiendo de la masa de los músculos), y que normalmente filtran los riñones excretándola en la orina. La medición de la creatinina es el modo más simple de monitorizar la correcta función de los riñones.
Ecosan	Eco saneamiento.
Ecosaneamiento	Nuevo enfoque de la ingeniería sanitaria que tiene como propósito no utilizar agua o lo menos posible de ese recurso para la evacuación de desechos.

Ecosanres	Por sus siglas en inglés <i>Ecological Sanitation Research</i> .
Estruvita	Es un mineral de la clase de los minerales fosfatos, y dentro de esta pertenece al llamado “grupo de la estruvita”.
Eutrofia	Estado correcto de nutrición.
Eutrofización	Enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
Holístico	Cada sistema ya sea físico, biológico, económico, etc., y sus propiedades, deben ser estudiadas de forma general y no individual, ya que de esta forma se puede tener un mayor entendimiento de su continuidad, sin tener que hacerlo por medio de las partes que lo integran.
NPK	Nitrógeno, fósforo y potasio.
Orín	Líquido acuoso transparente y amarillento, de olor característico, secretado por los riñones y eliminado al exterior por el aparato urinario en la orina pueden determinarse algunas enfermedades.
Panojamiento	Emisión de polen.

Purines

Son cualquiera de los residuos de origen orgánico, como aguas residuales y restos de vegetales, cosechas, semillas, concentraciones de animales muertos, pesca, comida, excrementos sólidos o líquidos, o mezcla de ellos, con capacidad de fermentar o fermentados que tienen impacto medioambiental.

Recursos naturales

Bienes materiales y servicios que proporciona la naturaleza sin alteración por parte del ser humano y que son valiosos para las sociedades humanas, por contribuir a su bienestar y desarrollo de manera directa (materias primas, minerales, alimentos) o indirecta (servicios ecológicos).

Saneamiento

Conjunto de acciones técnicas y socioeconómicas de salud pública que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental.

Urea

Compuesto químico cristalino e incoloro, de fórmula $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Se encuentra abundantemente en la orina.

T FLO

Tratamiento fluido líquido orgánico.

T FLO Dsln 1:10

Tratamiento fluido líquido orgánico en dilución.

T FLO Dsln 1:10 + orgánico	Tratamiento fluido líquido orgánico diluido más abono orgánico.
T FLO + ORG	Tratamiento fluido líquido orgánico más abono orgánico.
T Org	Tratamiento orgánico.
TQ	Tratamiento químico.
TT	Tratamiento testigo.

SIMBOLOGÍA

Símbolo	Interpretación
° C	Temperatura en grados celsius
PH	Potencial de hidrógeno
g/L	Gramos por litro
ONGs	Organizaciones no gubernamentales
%	Porcentaje
Litros/ha	Litros por hectárea
t ha-1	Toneladas por hectárea
kg/ha	Kilogramos por hectárea
mm	Milímetros
m²	Metro cuadrados
A	Área
OMS	Organización Mundial de la Salud

DQO	Demanda química de oxígeno
DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno
g	Gramos
Kg	Kilogramo
Cm	Centímetro
AU	Agricultura urbana
mEq/L	Mili equivalentes por litro

RESUMEN

Como una tecnología alternativa de saneamiento que parte de la idea de separar los desechos humanos, tratarlos y aprovechar sus subproductos en este caso la orina, surge el interés de qué forma se podrá realizar el manejo y reutilización de la orina humana.

La necesidad de productos alternativos como el uso de orín en forma de fertilizante, se justifica por la creciente deficiencia de nutrientes en los suelos, además, por ser estos recursos cada vez más escasos. Los nutrientes contenidos en la orina humana hacen que ésta obtenga propiedades como fertilizante una vez que haya pasado por un adecuado proceso de tratamiento.

Este trabajo se basa en los resultados del bioensayo realizado con plantas de maíz, cuyo objetivo fue realizar una prueba piloto del proceso de recolección, tratamiento y aplicación de orina humana como fertilizante orgánico en plantas de maíz, con el fin de determinar sus efectos.

Surge el interés de manejar y reutilizar la orina humana, para comprobar que se puede reutilizar como fertilizante, se realizó una prueba piloto sobre la recolección, tratamiento, y aplicación como fertilizante en plantas de maíz, se colocaron dos uriniales con capacidad de 10 litros cada uno, el volumen total de recolección de orina fue de 19 litros, se les dio tratamiento (reposo) durante veinticuatro semanas se analizaron parámetros físico, químico y microbiológico, se plantearon siete métodos de tratamiento, a los cuales se les sembró maíz realizando cuatro aplicaciones de fertilizante; la primera, 15 días después de la siembra; la segunda, 44 días después; la tercera, 85 días después y, la cuarta, 120 días después, en un período de 125 días desde la siembra hasta la toma de

datos finales.

Las variables que se evaluaron para los métodos de tratamiento a los que se les fue aplicado orina humana fueron altura de la planta de maíz, largo de su raíz y porcentaje de absorción de nutrientes de esas plantas de maíz; también se analizó el impacto de la orina sobre las aguas residuales en los parámetros BDO₅, DQO, nitrógeno y fósforo. Con la realización de este ensayo se evalúa una de las alternativas de saneamiento ecológico que se han venido desarrollando en varios países, sus ventajas y desventajas.

Se aplicaron todas las técnicas básicas para la recolección, formas de como se debe de hacer el tratamiento y de cómo aplicar la orina humana a diversos tipos de cultivo, lo cual hizo fiable el bioensayo y la salud de las personas que lo realizaron.

La orina tratada (reposito como mínimo seis semanas), mantiene sus propiedades químicas, y está libre de contaminantes. El tiempo de almacenamiento depende de la temperatura, a mayor temperatura menor tiempo.

Los datos analizados en el bioensayo no avalan un efecto claro de la orina como fertilizante sobre el cultivo de maíz, solo en combinación con el abono orgánico, donde al parecer existe una complementación de ambos abonos.

El estudio sobre el efecto como fertilizante en plantas de maíz reveló que el tratamiento con mejores resultados fue el de orina con abono orgánico en comparación con los tratamientos con solo orina y abono orgánico. La combinación de los dos abonos tuvo efectos positivos en el crecimiento y estado nutricional en las plantas de maíz.

Las tendencias de NPK analizadas en orina humana, están dentro de los valores reportados en bibliografías alcanzando concentración de nitrógeno entre 3-7 g/L y de fósforo entre 0.2 – 0.5 g/L.

Se determinó el impacto de la orina sobre las mismas, analizando los siguientes parámetros DBO₅, DQO, NITRÓGENO, FÓSFORO. La orina contribuye en un 7.11% en la DBO₅, 9.67% EN DQO, 9.35% NITRÓGENO Y 16.37% FÓSFORO de las aguas residuales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el medio ambiente manifiesta cada vez más, un mayor deterioro, debido al uso indiscriminado de los recursos naturales; por tal razón, existe una mayor conciencia e interés por el aprovechamiento y la conservación de los recursos naturales.

El consumo mundial de fertilizante es aproximadamente de 85 millones de toneladas de nitrógeno y 14 millones de toneladas de fósforo por año. La fijación de nitrógeno requiere de grandes cantidades de energía.

Para el año 2100, fuentes económicas de fósforo minado estarán acercándose al agotamiento. La geopolítica del fósforo son más delicadas que el Petróleo, debido a una dispareja distribución (40% se encuentra en un solo lugar, Marruecos / Sahara del Este). Debe ser puesto en marcha un programa global para el reciclaje del fósforo.

Cuando la orina es vertida masivamente en los afluentes, los nutrientes presentes en la orina pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada provocando la asfixia de la fauna, su mala disposición y la salud humana están estrechamente conectados, un saneamiento pobre conlleva directa o indirectamente a la transmisión de enfermedades. La fertilización química en la agricultura destruye la calidad de los suelos.

Para la reutilización y manejo de excretas por medio de la implementación de sistemas de ecosaneamiento se tiene una gran resistencia cultural al uso y manejo de la excreta humana, riesgos higiénicos si el sistema

no se maneja adecuadamente, Falta de información sobre tecnologías ecosan en el mercado, necesidad de estructuras reguladoras sobre el reúso de reciclados, implementar cambios en creencias y practicas sobre el saneamiento (usuarios y funcionarios). Estas deficiencias y la negatividad a la utilización de estos sistemas es generada por tendencia cultural al rechazo a la reutilización de desechos humanos (orina), falta de cultura ambiental, falta de apoyo institucional, fallas en mantenimiento y operación de los sistemas, precios subsidiados para el agua, deficiencia en la legislación para el reúso de aguas residuales, la agricultura es de carácter temporal. Razón por la cual la presente investigación busca responder la pregunta como solución a esta problemática, la cual sería, ¿se puede usar la orina humana como fertilizante en cultivos de maíz, desde el punto de vista físico, químico y microbiológico?

JUSTIFICACIÓN

No hay estudios de esta naturaleza, pero se piensa que esta investigación ofrecerá significativos aportes, con la utilización de la orina. Por ejemplo, uno de los aportes más significativos será el hecho de solventar los requerimientos de abono químico en las comunidades y la contaminación de los suelos. Además, se espera una disminución de los costos referidos a la adquisición de fertilizantes, también permite la conservación de las fuentes de abastecimiento al no ser necesaria la disposición en estos cuerpos de agua, así como un aporte a la disminución de cargas contaminantes en las aguas residuales.

Cada día aumenta la preocupación por la deficiencia de nutrientes en los suelos, y consecuentemente, la disminución de los cultivos. Los fertilizantes químicos aportan a los suelos los nutrientes que les hacen falta, pero con el pasar del tiempo los degradan. Los nutrientes contenidos en la orina humana hace que ésta obtenga propiedades como fertilizador una vez que haya pasado por un proceso de tratamiento, ya que los elementos que contiene son accesibles para las plantas. El efecto fertilizador de la orina es similar al de fertilizantes químicos.

El nitrógeno es el elemento que con mayor frecuencia limita los rendimientos en los trópicos. En general, todos los suelos, requieren el suplemento de este nutriente para producir rendimientos aceptables.

El fósforo es uno de los tres nutrientes principales que se requieren en la agricultura industrializada de forma mineral para el crecimiento de las plantas junto al nitrógeno y potasio.

En relación al fósforo, diversos autores advierten que estamos ya ante la parte descendente, a nivel mundial, de la curva de Hubbert, la misma que ayuda a explicar el comportamiento en la obtención de un recurso natural no renovable, o renovable, pero que se extrae a una tasa muy superior a su capacidad de recuperación.

El rendimiento que se obtiene al fertilizar con orina varía dependiendo de muchos factores. Un aspecto importante es la condición de los suelos. El efecto de la orina, así como el de los fertilizantes químicos, es probablemente algo menor en un suelo con un bajo contenido de sustancias orgánicas que en uno con un alto contenido.

La orina humana es un fertilizante barato, eficaz y abundante (aproximadamente 1,5 litros por persona al día) luego de un tratamiento no tiene virus o bacterias y es biodegradable.

OBJETIVOS

General

Implementar un sistema de ecosaneamiento, por medio de un bioensayo y demostrar que la orina humana, luego de un tratamiento está libre de patógenos, contiene nutrientes que pueden ser utilizados como fertilizante en las plantas de maíz y reducir los efectos dañinos al medio ambiente y proporcionar una alternativa técnica y económica apropiada.

Específicos

- Realizar una prueba piloto (bioensayo) del proceso de recolección, tratamiento y aplicación de la orina humana como fertilizante en cultivos de maíz.
- Realizar análisis físico químico y microbiológico de la orina, para demostrar que está libre de infección y que es fuente de nutrientes NPK.
- Determinar para cada método de tratamiento al que se le aplicó orina, altura de la planta de maíz, largo de su raíz y % de absorción de nutrientes NPK.
- Establecer técnicas básicas de recolección, tratamiento y aplicación de orina humana en los cultivos.
- Realizar análisis de DBO₅, DQO, nitrógeno y fósforo en muestras de orina fresca, para establecer sus valores y determinar su impacto en las

aguas residuales.

- Determinar si la orina humana puede ser degradada biológicamente por medio de tratamiento.

HIPÓTESIS

Se puede utilizar la orina humana como fertilizante, debido a que puede ser una fuente en concentraciones de Nitrógeno de 3-7 g/L, fósforo 0.20-0.50 g/L y potasio de 0.90-4.88 g/L, que a las seis semanas de reposo está libre de patógenos, y así tener un fertilizante que no tenga efectos dañinos hacia el medio ambiente, ya que esta puede ser usada como un recurso nutriente en la agricultura y puede ser una alternativa técnica y económica apropiada.

ANTECEDENTES

En el Centro de Información de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (CIERIS) no se registran investigaciones sobre reúso de orines humanos. No obstante, si se han realizado diversas investigaciones acerca de la utilización de las aguas residuales para riego de plantas ornamentales, las cuales son tratadas en la planta piloto de tratamiento de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Entre las que se destacan, los estudios especiales siguientes:

Estudio de la calidad de agua de tres efluentes provenientes de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales “Ing. Arturo Pazos Sosa” para su reutilización en el riego de cultivo de pepino *Cucumis sativus* L. En este estudio se llegó a concluir que la cantidad de coliformes fecales encontrados en los tres efluentes (filtros percoladores, laguna de estabilización y reactor anaerobio de flujo ascendente) fue mayor de 2,500 NMP/100 cm³ y la norma establece que se acepta un máximo de 1,000 NMP/100 cm³, por lo tanto, no cumple con la calidad microbiológica requerida. En cuanto a la calidad agrícola, después de analizar cada uno de los parámetros, se clasificó en aguas de tipo C2S2, la cual no puede ser utilizada para el riego de cultivo de pepino (García, 2006).

Al rededor de todo el mundo se llevan a cabo investigaciones sobre la orina como fertilizante, yendo desde ensayos demostrativos de aplicación a estudios científicos rigurosos. A continuación se describen algunas de las actividades en curso o ya concluidas. Los ejemplos buscan proporcionar una visión general de los resultados de la investigación y puesta en marcha e, inspirar la labor futura en este ámbito.

La orina humana fue utilizada frecuentemente como abono en jardinería en pequeña escala, aunque esto no ha sido documentado en su mayoría.

Cereales en el norte de Europa

La orina fue probada como un fertilizante para la cebada en Suecia durante los años 1997 a 1999. Los resultados mostraron que el efecto del N de la orina corresponde alrededor del 90% de la misma cantidad de fertilizantes minerales de nitrato de amonio, que se estima que corresponden a un 100% de la misma cantidad de fertilizantes de amonio, después de considerar la pérdida de N en forma de amoníaco de la orina.

La orina ha sido probada como fertilizante para la cebada y el prado en ensayos de invernadero y de campo en Alemania. En algunos tratamientos, se acidificó la orina para reducir las emisiones de amoníaco y la contaminación microbiana. Los resultados de las pruebas de campo mostraron que el efecto fertilizante de la orina fue mayor que el de los fertilizantes minerales en la producción de cebada. No hubo diferencias en el rendimiento entre las parcelas fertilizadas con orina acidificada y orina no tratada.

Cereales en la India

Experimentos de campo fueron conducidos en campos agrícolas en la aldea de Nagasandra, Doddaballapura Tq, distrito de Bangalore en la India durante un año para estudiar la respuesta del maíz a la orina humana aplicada, para cubrir el requerimiento de nitrógeno. Los tratamientos fueron de control, dosis recomendada de fertilizantes, dosis recomendada de nitrógeno, mediante orina humana con y sin yeso y fertilizantes aplicados al suelo y diferentes

combinaciones de orina humana y los fertilizantes. Los resultados de los experimentos de campo revelaron que la dosis recomendada de nitrógeno, a través de la orina humana dividida en 6 dosis con agua de riego + yeso incrementó el rendimiento del grano (8,10 t ha⁻¹) y el rastrojo (33,88 t ha⁻¹) del maíz. Se observó en los cultivos un incremento significativo del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en las muestras de las plantas. El resultado de la investigación reveló que los sistemas de sanitarios de separación de orina contribuyeron a dotar de un mejor saneamiento, ayudaron a los agricultores a ahorrar el costo de los fertilizantes sin que se presenten efectos negativos en la producción de los cultivos, contribuyendo así a alcanzar la seguridad alimentaria.

Hortalizas en América

En México, se ha probado orina como fertilizante en lechuga de invernadero. Los tratamientos compararon la orina con el compost, la mezcla de orina-compost y sin fertilizante. La dosis de aplicación fue de 150 kg de N total por hectárea en todos los tratamientos, excepto para el control sin fertilizar. La orina dio el mejor rendimiento en la lechuga, gracias a su alta disponibilidad de N. La orina ha sido probada como fertilizante en amaranto en México (Clark, comunicación personal). Los resultados mostraron que una combinación de orina y gallinaza dio el mayor rendimiento, 2.350 kg/ha. La gallinaza sola dio un rendimiento de 1.900 kg/ha. La orina humana sola dio un rendimiento de 1.500 kg/ha y el control sin fertilizar dio un rendimiento de 875 kg/ha. La cantidad de N aplicado fue de 150 kg N/ha en los tres tratamientos.

ALCANCES Y LIMITACIONES

El estudio comprende análisis físico, químico y microbiológico a la orina humana para aplicarla como fertilizante, a través del reposo con base a los nutrientes presentes en la misma. Se considera varios métodos de tratamiento a ser utilizados como abono utilizando la orina, se analizará el impacto de la DBO₅, DQO, nitrógeno y fósforo de la orina en las aguas residuales. Lo anterior requiere las siguientes consideraciones:

- Establecimiento de las condiciones sanitarias de la orina, a través de análisis de laboratorio en diferentes tiempos.
- Determinación teórica de los diferentes tratamientos que se aplicarán a las plantas.
- Condiciones en las que se aplicará la orina en las plantas y determinar qué tan efectivo y confiable es su uso.

Entre las limitaciones del presente estudio, se consideró para las plantas de maíz.

- En la presente investigación no se pretende analizar el fruto.
- El análisis del comportamiento de la orina bajo tratamiento será de seis meses.
- Para la orina se determinaron parámetros físicos, químicos, microbiológicos, solo se analizó DBO₅ Y DQO a la muestra fresca, seis semanas y 24 semanas.
- Los parámetros que se analizaron en las plantas de maíz fueron altura, largo de raíz y % de absorción de NPK.
- El periodo de investigación de las plantas de maíz fue de 125 días.

INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable y el saneamiento forman parte de las necesidades básicas de las poblaciones, no es posible vivir sin ellos, preguntamos de dónde viene el agua, pero no preguntamos hacia dónde se dirigen nuestros desechos, tanto líquidos como sólidos.

Ante esta situación, surge la necesidad de tomar medidas para la protección y disminución del consumo de agua. La atención a esta situación requiere de un enfoque integral desde la visión del orden político, social, económico y técnico.

La utilización de la orina como fertilizante es un método utilizado desde la antigüedad como recurso valioso. Olvidado en la nueva sociedad del consumo y la comodidad donde los residuos son tratados como desperdicios que hay que eliminar rápidamente.

Este trabajo presenta un estudio base para la implementación de técnicas de saneamiento ecológico, plantea la búsqueda de soluciones adaptadas a las condiciones locales que permitan cerrar el ciclo de nutrientes entre el saneamiento y la agricultura, sus ventajas y desventajas.

Las ventajas de una desviación de la orina se dan en la recuperación de recursos presentes en ella, en el ahorro de agua y la disminución de carga de nitratos y fosfatos en aguas residuales.

Es importante una mayor investigación e implementación de proyectos

pilotos, con el fin de desarrollar una variedad de soluciones tecnológicas y viables económicamente y que sean aceptadas a nivel social.

Los análisis efectuados a la orina humana demuestran una menor sobrevivencia de patógenos a mayor tiempo de reposo, y a mayor temperatura, las muestras examinadas de orina fresca fueron positivas para bacterias, después de seis semanas de reposo las muestras analizadas dieron resultados negativos en el cultivo.

Los resultados y lecciones aprendidas del bioensayo indican que con el almacenamiento de la orina, esta alcanza valores de pH mayores a 8, lo que elimina la posible presencia de patógenos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Aspectos teóricos

1.1.1. Definición del ecosaneamiento

El ecosaneamiento es un nuevo enfoque de la Ingeniería Sanitaria que tiene como propósito no utilizar agua o lo menos posible de ese recurso, para la evacuación de desechos. Pasar de una sociedad que consume grandes cantidades de agua por día, a una sociedad consciente del uso del agua, será una verdadera necesidad de los pueblos en no muchos años. Por ello, las acciones para la validación de tecnologías alternativas para no usar agua y el desarrollo de estrategias, para la transferencia de estas se convierten en tema prioritario. Se requiere un cambio radical de hábitos. No es posible continuar tirando a los cuerpos de agua materiales que pertenecen a la tierra y de esa manera se siga con la contaminación de los cuerpos receptores que actualmente se da.

El ecosaneamiento, como nueva filosofía de la Ingeniería Sanitaria y de la Ingeniería Ambiental, no se refiere solamente a la utilización de letrinas secas, sino que tiene una concepción más amplia, sobre el flujo real de la materia como parte de un verdadero manejo ecológico y económicamente sostenible de la gestión integrada y administrativa del agua, según sean las condiciones locales.

Es un nuevo paradigma que nos ofrece otro esquema para el manejo del agua, donde ya no se tendrán desechos, sino que remanentes aprovechables en

la cadena alimentaria o de interacción con la sociedad moderna. Este movimiento, a escala mundial, defiende el ambiente y está en contra de la tradición de usar el agua, un recurso tan importante, para evacuar los excrementos por sistemas de alcantarillado hasta plantas de tratamiento o haciendo descargas directas en cuerpos de agua. Esta nueva apreciación en la Ingeniería plantea como principio la separación de las aguas en una vivienda y una comunidad.

Esto es, tomar por un lado, los orines; por otro lado, las heces; por otro, las aguas “grises” o jabonosas, dándole también atención a los desechos orgánicos, que salen de las casas sin dejar de atender el agua de lluvia. Los propósitos básicos establecen que de las viviendas ya no salen “desechos”, sino que productos que pueden ser utilizados en “algo” adicional.

Con el ecosaneamiento se pretende cerrar el ciclo de producción, donde los recursos “extraídos” de la tierra regresen a ella y no se tiren a cursos de agua. De esta manera, el ecosaneamiento se distingue por: 1) separar las descargas de una vivienda; 2) dar tratamiento a lo recogido para lograr principalmente su desinfección; y 3) definir en la siguiente acción, las aplicaciones de lo obtenido en los ciclos de producción.

1.1.2. Principios básicos del ecosaneamiento

Ecosan es una propuesta integral para el manejo y disposición de los desechos, que previene la contaminación en vez de controlarla, después de contaminar. Se basa en un enfoque de ciclo cerrado.

Figura 1. Enfoque de ciclo cerrado



Fuente: Ron Sawyer, Conferencia internacional Agua y Seguridad Alimentaria para América Latina fortaleza de Caerá, Brasil noviembre, 2007.

La orina representa el 80 % del volumen de excreciones humanas y también contiene el 75 % de los nutrientes que segrega el cuerpo humano.¹

Al desviar la orina podemos disminuir la carga de nutrientes en sistemas de arrastre hidráulico. La orina solo requiere de un tiempo de reposo antes de usarla.

Figura 2. Comparación de orina y heces desde la perspectiva de los patógenos

<p>▪ ORINA</p> <ul style="list-style-type: none"> - En principio la orina de una persona sana es estéril - Pocos patógenos se transmiten a través de la orina y, a excepción de <i>Schistosoma haematobium</i>, se consideran de poca importancia. - Por lo tanto el mayor riesgo es: <p>¡CONTAMINACIÓN CON MATERIA FECAL!</p>	<p>▪ HECES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muchos patógenos, protozoos, helmintos y virus se transmiten por medio de las heces: <ul style="list-style-type: none"> • P.e. <i>Salmonella typhi</i> • <i>Vibrio cholera</i> • <i>Giardia</i> • <i>Ascaris</i> • <i>Rotavirus</i> • <i>Hepatitis A</i> • Etc, etc, etc... - La exposición a heces sin tratamiento siempre se considera riesgosa
---	--

Fuente: Elisabeth Kvarnström, EcoSanRes / SEI

¹ (Sawyer, noviembre 2007)

1.1.3. Ventajas y desventajas del ecosaneamiento

Las principales desventajas de los sistemas convencionales utilizados para el manejo de aguas residuales son:

- Consumo de agua valiosa para la limpieza de las excretas en los sanitarios.
- Altos costos de inversión, en energía, operación y mantenimiento.
- Frecuente subsidio en áreas “pudientes”, mal servicio en asentamientos pobres.
- Contaminación de las aguas por nutrientes, sustancias peligrosas, patógenos, residuos farmacéuticos, hormonas.
- Pérdida de nutrientes contenidos en los excrementos, al realizar las descargas en las aguas.
- Empobrecimiento de los suelos agrícolas, dependencia de fertilizantes.

Ante estas situaciones, surge la necesidad de replantear los sistemas de manejo de excretas por medio del saneamiento ecológico; éste parte de un enfoque alternativo con una nueva filosofía, la cual consiste en eliminar las excretas humanas sin el uso de agua, con el fin de disminuir la contaminación y recuperar los nutrientes, como un ciclo cerrado en donde la excreta humana es considerada como un recurso seguro y libre de patógenos, además permite usar el agua donde previamente se ha controlado la contaminación.

ECOSAN parte de los siguientes principios:

- La dignidad humana, calidad de vida y seguridad ambiental deben ser elementos centrales; el cual debe responder y actuar con responsabilidad ante las necesidades y demandas de las condiciones locales.

- Todas las partes afectadas deben participar en la toma de decisiones, especialmente los consumidores y proveedores de servicios.
- El desecho debe considerarse como un recurso, por lo que su manejo debe ser holístico y formar parte de un proceso integral que involucre acuíferos, flujo de nutrientes y el manejo de desechos.
- La solución a los problemas ambientales y de saneamiento deberá practicarse desde la esfera más pequeña de la sociedad (el hogar, la comunidad, el pueblo, el municipio), mientras que el desecho debe diluirse al mínimo posible.

La estrategia del saneamiento ecológico consiste en la separación de sustancias cuyos tratamientos difieren en cuanto a su utilización. En la siguiente ilustración, se presenta en detalle las diferentes sustancias, su tratamiento y reutilización.

Figura 3. **Sustancias, tratamiento y utilización**



Fuente: GTZ, 2000.

Las principales ventajas en el uso de estas alternativas de separación, manejo de orina y excretas son:

- Reutilización (extracción higiénicamente segura y uso de nutrientes, agua y energía).
- Conservación de recursos (menor consumo de agua, sustitución de fertilizantes, minimización de la contaminación del agua).
- Enfoque interdisciplinario e integral (manejo de aguas residuales domésticas, conservación de recursos, protección ambiental, agricultura, irrigación, seguridad alimentaria, promoción de la pequeña empresa, higiene)
- Ciclo de flujo de materiales en lugar de eliminación.

1.1.4. Ciclo de nutrientes en un ecosistema

En los ecosistemas, la materia presente mantiene un ciclo casi cerrado. En un ecosistema las plantas toman del suelo los elementos que le son útiles para su crecimiento, toman la energía solar y la transforman en energía bioquímica.

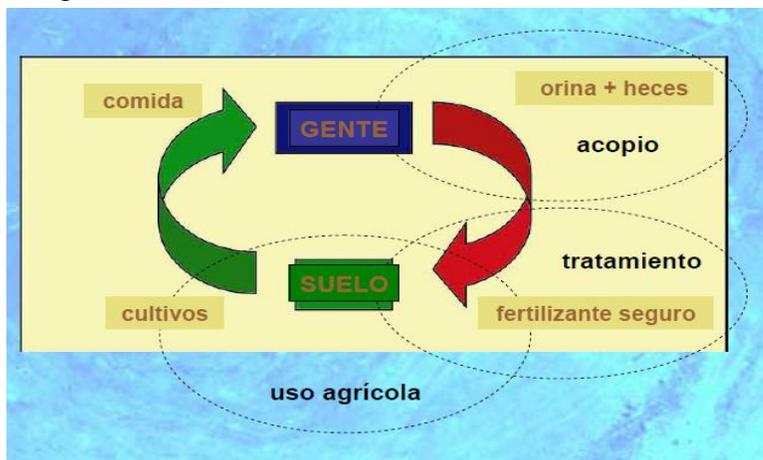
Las plantas son las principales fijadoras de energía en el ecosistema, de esta energía se alimentan el resto de los organismos, a través de las cadenas alimenticias. La cadena alimenticia permite que los elementos fijados por las plantas, fluyan a través de los organismos presentes en el sistema (bajo diferentes formas químicas).

Los organismos descomponedores son los que finalmente vuelven estos elementos a formas químicas asimilables por las plantas, y de esta manera se cierra el ciclo. El ciclo de nutrientes y energía en un ecosistema se lleva a cabo de manera natural, sin necesidad de la intervención del hombre. En los sistemas en donde se establece el hombre, es de vital importancia cuidar los ciclos

naturales.

La conservación del ecosistema en presencia del hombre, requiere de prácticas que nutran y protejan los diferentes aspectos de él. En lo concerniente al saneamiento ecológico, algunas de las prácticas son regresar al suelo, de manera adecuada, los nutrientes y la materia orgánica generada en el mismo.

Figura 4. **Ciclo de nutrientes**



Fuente: Ron Sawyer, Conferencia internacional Agua y Seguridad Alimentaria para América Latina fortaleza de Caerá, Brasil noviembre, 2007

1.1.5. Estrategias para la adopción de sistemas ecosaneamiento

Para desarrollar las estrategias es necesario el diseño de un plan por etapas “paso a paso”, comenzando con estudios de línea base, para evaluar la situación actual del área y los lugares escogidos como posibles proyectos piloto, asimismo medir la aceptación de este nuevo enfoque a nivel socio-económico y cultural. Posteriormente con la puesta en marcha de programas piloto, demostraciones de tecnologías ecosan y estudios de campo en áreas agrícolas, tanto los usuarios como las autoridades locales y generadores de opinión adquieren mayor conocimiento y confianza con el sistema y todos sus componentes. También se deben establecer pautas para un manejo adecuado y

seguro del sistema, así como del producto reciclado.

Para su aplicación a mayor escala se requiere determinar la viabilidad y sostenibilidad del sistema, a través de una valoración de los impactos ambientales y de un análisis de rentabilidad económica.

A largo plazo para su difusión se requiere incluirle en los planes locales de ordenamiento físico, gestión ambiental, salud, agricultura urbana etc. Establecer reformas normativas y un mercado local de estos productos.

Todo el proceso desde su fase inicial debe estar acompañado de estrategias de promoción, educación y capacitación en varios niveles; autoridades locales, usuarios, agricultores, instituciones, centros de enseñanza y miembros de la comunidad. Dentro de las medidas a incluir en estas estrategias se plantean:

- Divulgación de la información, a través de campañas, folletos y medios masivos de comunicación.
- Métodos de mercadeo.
- Preparación de un grupo de promotores de ecosan en las diferentes áreas.
- El respaldo de los líderes locales.

Para la posible adaptación de sistemas de saneamiento ecológico, se requiere en la fase inicial la participación de diferentes actores locales en la promoción de campañas de higiene y programas de información para la comunidad, así como en la búsqueda de estrategias de financiamiento.

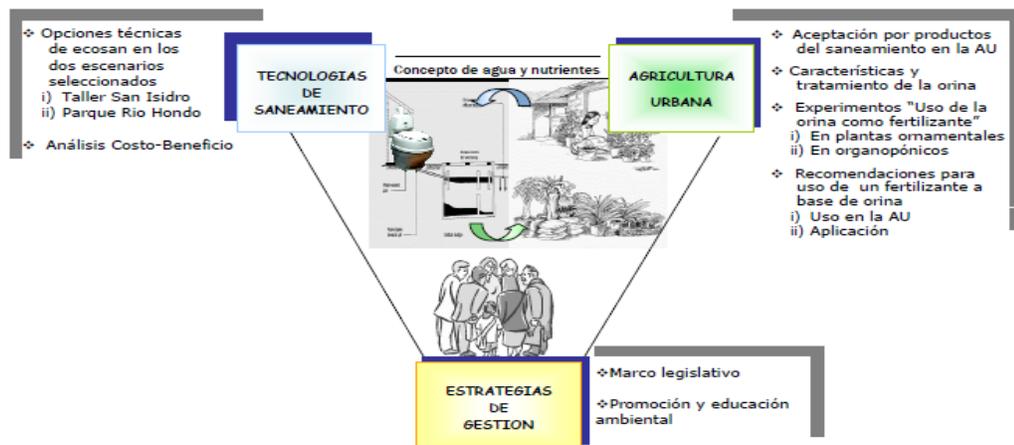
La participación de escuelas técnicas, instituciones de investigación y asociaciones profesionales es importante para los análisis, adecuación,

vigilancia y operación de estas nuevas tecnologías.

Organizaciones internacionales y donantes juegan un papel de coordinación, en la fase piloto, y ayudan a fomentar el financiamiento externo para el despliegue inicial de actividades.

Cualquiera que sea la metodología de promoción e impulso de los programas de saneamiento ecológico, la combinación de las iniciativas de la comunidad y la regulación oficial son esenciales para el éxito y la sustentabilidad del proyecto a largo plazo.

Figura 5. **Esquema para la implementación de sistemas ecosaneamiento**



Fuente: Propuesta para la implementación de saneamiento ecológico. Mercy Viviana Avendaño

1.1.5.1. Costo-beneficio de sistemas alternativos

Para la cuantificación de costos y beneficios de los sistemas ecosan, es necesario primero realizar un proceso de consulta pública con los interesados, informarles acerca de las opciones diagnosticadas y ratificar el interés por continuar en la siguiente fase, para la realización de un proyecto piloto en el

área. Como parte del estudio de prefactibilidad se debe incluir un análisis económico.

Tabla I. **Análisis costo beneficio de los sistemas ecosaneamiento**

BENEFICIOS	COSTOS
Tratamiento integrado de desechos domésticos	Costos de operación y mantenimiento bajos
Obtención de fertilizante orgánico y sustitución de fertilizantes artificiales	Costos de funcionamiento y traslado
Ahorro de agua	Proyectos piloto
Protección del medio ambiente	Costos de funcionamiento
BENEFICIOS EXTERNOS	COSTOS ADICIONALES
Mejoramiento del suelo e incremento en el rendimiento de las cosechas	Costos de personal bajos
Reducción de costos en salud	Costos de operación y mantenimiento bajos
Reducción de costos en medio ambiente	Costos de operación y mantenimiento bajos

Fuente: Propuesta para la implementación de saneamiento ecológico. Mercy Viviana Avendaño

1.2. Generalidades de la orina

1.2.1. Definición de orina y su uso

La orina es una solución acuosa formada por más de un 95 % de agua, urea, creatinina, iones disueltos (cloruro, sodio, potasio, entre otros), compuestos orgánicos e inorgánicos o sales. La mayoría de estos permanecen en la solución; sin embargo, sustancias ricas en fósforo tienden a sedimentarse en los contenedores de almacenamiento e higienización. Esta sustancia tiene una textura semejante a la de un jarabe, y si la orina es recolectada en un sistema de

tuberías, este “jarabe de orina” puede sedimentarse en los tubos, si la inclinación es insuficiente.

El color de la orina depende en gran medida de su concentración. La orina puede presentar distintos colores, debido a los alimentos ingeridos en la alimentación, medicamentos o por diversas enfermedades.

El pH:

La alimentación humana es casi neutra con un contenido pequeño de compuestos ácidos por lo que el pH de la orina suele ser menor de 7.0, ya que los riñones generalmente deben eliminar el exceso de ácido. Además las orinas alcalinas (mayor de 7.0) pueden producirse por muestras envejecidas que se almacenan por largos períodos, esto debido a la presencia de bacterias productoras de amonio, a partir de la urea.

La concentración de nitrógeno alcanza valores en la orina fresca entre 1.0-5 g/L, después de pocos días de reposo este elemento presenta en la orina concentraciones entre 2-4 g/L. Por ello se toma como regla general que la orina humana, después del tratamiento posee 3 g de nitrógeno en un litro.

La orina es un fertilizante líquido bien equilibrado de acción rápida, rico en nitrógeno. El contenido de nutrientes en la orina depende de la dieta alimenticia.

El fósforo en la orina se excreta en una forma asimilable para las plantas, produciendo la orina un fertilizante de fósforo eficiente también. La cantidad de orina producida por un adulto depende de la cantidad de líquido que bebe, siendo generalmente de 0,8 a 1,5 litros por adulto por día.

La orina aplicada directamente o tras el almacenamiento es una

alternativa de gran calidad y bajo costo a la utilización de fertilizantes minerales ricos en nitrógeno para la producción agrícola. Los nutrientes se encuentran en la orina en forma iónica y su disponibilidad para las plantas es comparable con la de fertilizantes químicos. La orina contiene además grandes cantidades de fósforo, potasio, azufre y micronutrientes, debido a su alto contenido de nitrógeno, sus relaciones fosforo/nitrógeno y potasio/nitrógeno son más bajas que en muchos fertilizantes minerales utilizados en la producción de cultivos, e inferiores a lo que algunos cultivos necesitan de acuerdo a las recomendaciones de fertilización.

Una ventaja de la orina en comparación con los fertilizantes orgánicos es que el fósforo se encuentra en una forma asimilable para las plantas. Siendo la orina un fertilizante bastante eficiente en términos de fósforo, esto tiene implicaciones para el futuro en relación con el concepto del pico del fósforo y el hecho de que el fósforo es un recurso limitado.

1.2.2. Características de la orina

La orina es un excelente fertilizante por sus adecuados contenidos de nitrógeno (N), fósforo (PO₄) y potasio (K); además de micro-elementos (S, Mg, Mn, Fe, Ca, Na, Zn, Br, I, Br, etc.), Las personas en promedio, producen suficiente orina por año, para cubrir 300-400 m² de terreno con niveles de 50-100kg/ha de nitrógeno.

Algunos valores anuales de los nutrientes:

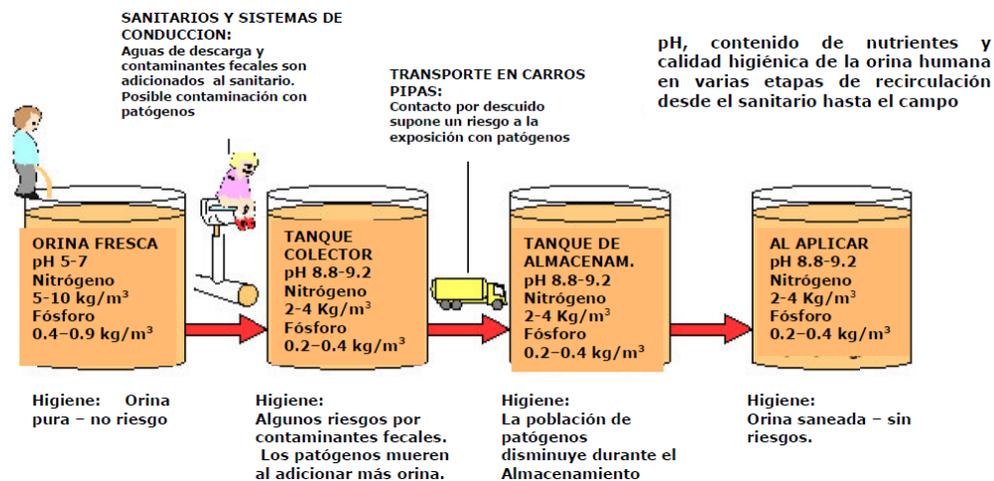
- 3,5 kg de nitrógeno
- 0.5 kg fósforo
- 1,0 kg potasio

La orina es una fuente de nutrientes para organismos benéficos, algunos

de ellos se multiplican durante el almacenamiento de la misma y son los responsables del cambio de pH y transformación de amonio a nitratos.

Los malos olores se asocian culturalmente con patógenos. Sin embargo, el olor también puede ser una señal de que la orina contiene nutrientes puesto que el amoníaco tiene un olor fuerte. La experiencia demuestra que si la orina se aplica cerca y directamente en el suelo y luego es enjuagada existe poco olor. El manejo de la orina es naturalmente una actividad con mal olor y procedimientos que minimicen el contacto con el aire, por ejemplo, mediante el uso de recipientes cerrados, la aplicación cercana al suelo y la incorporación inmediata de riego, son altamente recomendados. Todas estas medidas contribuirán a disminuir las pérdidas de amoníaco y a proteger la salud.

Figura 6. Características de la orina humana en varias etapas



Fuente: Johansson, 2000.

1.2.3. Análisis de la orina humana

El muestreo y análisis exacto de la orina es difícil y los resultados de análisis de muestras individuales simples deben ser interpretados cuidadosamente. Los análisis de laboratorio proveen medidas exactas, sin

embargo, estos análisis no siempre se pueden ejecutar en las condiciones de campo y sin equipos de laboratorio.

Métodos simples de análisis se encuentran disponibles, pero estos no han sido validados para la orina humana. Una buena sugerencia es realizar mediciones de conductividad. Se ha desarrollado una herramienta para el análisis de purines y ha sido utilizada exitosamente para la orina humana, no obstante, podría ser necesario calibrarla. El método se basa en que el amonio disuelto en el fertilizante reacciona con un aditivo, para formar amoníaco gaseoso. La herramienta mide la presión del gas resultante, e indica una cifra aproximada del contenido de nitrógeno amoniacal del compuesto.

1.2.4. Condiciones de la orina para su uso

La orina es esencialmente estéril cuando sale del cuerpo humano. El principal problema para el uso de la orina en la agricultura es como evitar la contaminación fecal cruzada. Adicionalmente, existen enfermedades que en algunas regiones del mundo son propagadas por la orina. Existen varias actividades de fácil ejecución que hacen el uso de la orina seguro. Cabe señalar que las ventajas de usar orina para la producción de alimentos superan el riesgo de transmisión de enfermedades.

Los riesgos para la salud asociados con el uso de la orina humana en la producción agrícola son generalmente bajos. Sin embargo, durante la separación en la fuente, en el sanitario puede ocurrir contaminación fecal cruzada de la orina. La cantidad de contaminación fecal cruzada es directamente proporcional a los riesgos para la salud. Si la materia fecal entra en la orina, la orina contendrá diferentes tipos de patógenos entéricos que pueden representar un riesgo potencial para la salud. Su presencia depende naturalmente de si los usuarios están infectados o son portadores de dichos organismos. En el caso de

diarrea, el riesgo de contaminación fecal cruzada es mayor.

1.2.5. Valor económico de la orina

La evaluación del valor económico de la orina tiene varias dimensiones. El valor de la reutilización de la orina en la producción agrícola es mayor que el de los nutrientes contenidos en ella. El incremento del rendimiento que puede ser atribuido a la aplicación de orina, rica en nutrientes, comparado con no emplear fertilizantes realza la importancia de la reutilización de recursos en la agricultura y en los sistemas de saneamiento sostenibles. Los argumentos monetarios son útiles al crear conciencia sobre el potencial del saneamiento productivo. Los beneficios para la salud y el medio ambiente son bastante difíciles de evaluar en términos monetarios, mientras que el valor económico de las excretas en el fertilizante químico equivalente es más fácil de evaluar. Esto se puede hacer mediante la comparación de la cantidad de nutrientes presentes en las excretas con el precio de los mismos contenidos en fertilizantes químicos, como la urea, fosfato y otros abonos del tipo nitrógeno, fósforo, potasio.

Figura 7. Manejo de la orina



Fuente: Ron Sawyer, Conferencia internacional Agua y Seguridad Alimentaria para América Latina fortaleza de Caerá, Brasil noviembre, 2007.

1.3. La orina en la agricultura

1.3.1 Propiedades y ventajas de la orina como fertilizador

En la orina de origen humano se localizan la mayoría de los nutrientes excretados por humanos, aproximadamente 85-90% de nitrógeno (N), 50-80% de fósforo (P), y 80-90% de potasio (K).² Además de los elementos mencionados, la orina contiene calcio, azufre, hierro, cobre, zinc, boro, entre otros. Los nutrientes contenidos en la orina humana hace que ésta obtenga propiedades como fertilizador una vez que haya pasado por un adecuado proceso de tratamiento, sobre todo, debido a que los elementos que contiene son accesibles para las plantas. El efecto fertilizador de la orina es similar al de fertilizantes químicos por ejemplo, la urea.

La orina es considerada como una sustancia estéril si proviene de personas sanas, no obstante, existe el riesgo de ser contaminada con materia fecal. Según investigaciones en la orina pueden encontrarse organismos patógenos en particular huevos de áscaris y sistosomas, así como bacterias como la *Salmonella typha* y *S. paratyphi*, entre otros, cuya eliminación varía dependiendo de las condiciones ambientales. Sin embargo, si la orina es tratada adecuadamente, la carga de patógenos será reducida considerablemente.³

Las ventajas de una desviación y utilización de orina se dan por ejemplo, en la recuperación de recursos presentes en ella, en el ahorro de agua, así como en la disminución de carga de nitratos y fosfatos en aguas residuales.⁴ Según estudios realizados en Hamburgo, Alemania, un 85% del total de nitrógeno entra a las aguas residuales concentrado en forma de orina y con la producción anual

² (Larsen, 2003)

³ (al, 1998), (Schönning, 2003)

⁴ (Larsen, 2003)

de orina de una persona se podría proveer un área de cultivo de 200 m².⁵

Por otro lado, una utilización de orina podría ser de gran utilidad en la agricultura orgánica. Según la FAO (2003) uno de los mayores desafíos de la agricultura orgánica, es incorporar nitrógeno en formas o fuentes orgánicas, ya que las fuentes inorgánicas de este nutrimento no son aceptadas en este tipo de prácticas.

La orina es de las excretas humanas, la que más contiene nutrientes. Además de nitrógeno, fósforo y potasio, que son los 3 principales elementos que absorben las plantas, la orina contiene buenas cantidades de: sodio, azufre, calcio, magnesio y la mayoría de los llamados elementos menores, debido a que las plantas requieren de ellos cantidades muy pequeñas, como el cobre, zinc, manganeso, boro y hierro.

En los ecosistemas terrestres naturales, no modificados por la actividad humana, la orina y excretas se reciclan en el suelo, devolviendo los nutrientes a las plantas, cerrando el ciclo natural: vegetales – herbívoros – carnívoros – suelo – vegetales.

Cuando las aguas residuales se descargan a cuerpos de agua, sea por sistemas de drenaje o por infiltración, el agua receptora se contamina y eutrofia, lo cual significa que algas y plantas acuáticas prosperen causando diferentes disturbios en los ecosistemas acuáticos, pudiendo llegar al extremo de liquidarlos totalmente.

El nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) contenidos en las aguas negras pueden ser utilizados substituyendo a los fertilizantes artificiales y la materia orgánica incrementa el humus contenido en las tierras agrícolas.

⁵ (Rakelmann, 2003)

El reciclaje de nutrientes de las aguas residuales como fertilizantes reduce la necesidad de producir (o importar) fertilizantes químicos y también reduce las descargas de aguas ricas en nutrientes de las plantas de tratamiento (cuando ellas existen), a los cuerpos y corrientes de agua.

De esta manera, los ecosistemas transformados podrían parecerse más a los naturales, logrando con ello una mejor sustentabilidad.

1.3.2. Manejo de la fertilización nitrogenada

Para almacenar orina sin fermentar lo que conviene son recipientes plásticos que pueden ser de diferentes capacidades, entre 20 y 1100 litros, según el cantidad de tazas separadoras y/o mingitorios conectados a él. De preferencia no deben presentar apertura para minimizar las pérdidas de amonio.

El tiempo entre la aplicación de la orina y la cosecha debe ser mínimo de un mes. Las pérdidas de nitrógeno pueden ser muy bajas si la orina se almacena en tanques no ventilados. La alta temperatura y elevado pH procura el saneamiento de la orina, así, se minimizan los riesgos higiénicos y que pueda estar disponible en un lugar cercano al cual será aplicada durante la temporada de lluvia.

La orina fermentada debe aplicarse al cumplirse el mes y medio, o lo más próximo a esta fecha, pues de otra manera, la población de actinomicetos se puede reducir, al agotarse la fuente de carbono presente en el inoculo, y/o ser desplazada por otro tipo de microorganismos.

Las relaciones entre nitrógeno, fósforo, potasio y azufre están bien balanceadas, y con dosis apropiadas, se corresponde a las necesidades de los cultivos demandantes de nitrógeno como maíz y espinacas, y si se combina con

heces composteadas, se puede lograr un buen balance para reponer los nutrientes que los cultivos remueven del suelo. Lo anterior es especialmente factible de aplicación en producciones de traspatio para el auto abasto.

1.3.3. Uso de orina como fertilizante

Almacenar en contenedores plásticos cerrados para evitar pérdida de nitrógeno.

Almacenar mínimo seis semanas para que el pH cambie de ácido a básico como método de tratamiento.

Mejor almacenar sin diluir, debido a que es un ambiente más hostil para los patógenos.

Regar agua después de la aplicación de orina

- Para reducir su olor
- Para reducir su exposición
- Para los requerimientos de plantas
- Su aplicación depende del tiempo y tipo de cultivo

Los productos farmacéuticos y las hormonas se degradan mejor en sistemas terrestres (comparado con sistemas acuáticos).

La mayoría de los nutrientes esenciales para la agricultura nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K), están presentes en la orina. Las heces contienen pequeñas cantidades de esos nutrientes, por lo que sus cantidades en el agua negra son insignificantes.

Separando la orina, la cual representa sólo el 1% del total de las aguas

residuales⁶. Usándola como fertilizante, se logra utilizar la mayor parte de los nutrientes contenidos en el agua residual. Si la materia fecal también se separa, sólo una pequeña parte de nutrientes queda en las aguas grises.

La orina en el agua es un problema ecológico cada vez mayor para ríos, lagos, mares y aguas subterráneas. El contenido de fármacos y hormonas en la orina llega a afectar a organismos acuáticos.

Por otra parte, la orina en la tierra se puede aprovechar como fertilizante dado su aceptable y balanceado contenido de nutrientes. El contenido de hormonas y fármacos puede descomponerse en la tierra sin causar mayores problemas.

1.4. Lineamientos para el manejo de excretas humanas en la agricultura

Los lineamientos de la OMS (2006) para el manejo seguro de excretas humanas, toman en cuenta los lineamientos preparados por Ecosan, tanto en lo concerniente a las recomendaciones para la fertilización como los métodos de saneamiento y barreras para disminuir al mínimo los riesgos a la salud.

Estrategia de barreras múltiples de la OMS:

En las guías locales podría ser relevante mencionar que, la OMS ha presentado directrices internacionales sobre el uso de la orina en la agricultura. Las “Directrices de la OMS para el uso seguro de aguas residuales, excretas y el uso de aguas grises en la agricultura y la acuicultura (2006)” promueven una estrategia flexible de barreras múltiples para la gestión de los riesgos para la salud asociados con el uso de las excretas en la agricultura. Este concepto

⁶ (Francisco J. Arroyo G.D., febrero del 2005)

comprende una serie de medidas y barreras desde “el sanitario a la mesa”. Cada una de las barreras tiene el potencial de reducir los riesgos para la salud asociados con el uso de la excreta, y es recomendado por la OMS poner en práctica varias de estas barreras de ser necesario, con el fin de reducir los riesgos para la salud a un mínimo aceptable. Las directrices locales deberían presentar entonces barreras que sean relevantes en el contexto local.

Barrera I: Separación en la fuente

La separación en la fuente es una barrera eficaz para la reducción de riesgos en comparación con el sistema de alcantarillado combinado. Un objetivo clave de la recolección de orina es minimizar la contaminación fecal cruzada.

Barrera II: Almacenamiento y tratamiento

Se recomienda que antes de la aplicación la orina sea tratada con el fin de higienizarla y reducir los riesgos microbianos para la salud. El almacenamiento a temperatura ambiental es considerado una opción de tratamiento válida. Los tiempos de almacenamiento recomendados varían dependiendo del tipo de sistema. Esto también se aplica para climas fríos, ya que la temperatura es un factor que determina en la mortandad. Como regla general: Mientras más largo sea el almacenamiento, mejor.

La orina debe ser almacenada en recipientes cerrados para evitar el contacto directo de personas y animales con la orina. La orina no debe ser diluida durante su almacenamiento, para proveer un medio ambiente más severo para los microorganismos e incrementar la tasa de mortandad de los patógenos.

Barrera III: Técnicas de aplicación

Debe recomendarse siempre la aplicación de la orina cerca del suelo. Esto reduce el contacto directo con las partes comestibles de las plantas. Por ejemplo no se debe aplicar la orina con la regadera en las partes comestibles u hojas de las hortalizas. La orina debe incorporarse en el suelo ya sea mecánicamente o seguida de riego con agua. Si la orina se aplica antes o durante la siembra una mortandad adicional de los patógenos restantes ocurrirá y por tanto el riesgo disminuirá.

Barrera IV: Restricción de cultivos

Cuando se usa orina tratada no es necesario aplicar restricciones de cultivos en particular. Sin embargo, como una medida de seguridad adicional, la utilización de la orina debe restringirse a cultivos no alimentarios (por ejemplo, algodón), cultivos que son procesados (por ejemplo, trigo) o cocidos antes de su consumo (por ejemplo, patatas), así como a los cultivos y árboles que permiten una distancia mínima entre el suelo y la parte del cultivo a ser cosechada.

En general, se puede aseverar que cuanto más largo sea el tiempo entre la aplicación y la cosecha, existe menos riesgo. Así, para los cultivos de ciclo corto, como la espinaca, cultivos de ensaladas y el rábano el riesgo será mayor, y el tratamiento previo debe ser mejor, pero en caso de las piñas (tiempo de rotación 1 a 2 años), por ejemplo, no existe riesgo por la orina.

Barrera V: Período de espera

Un período de espera de un mes entre la última aplicación de la orina y la cosecha es una barrera que da tiempo para la mortandad de los patógenos, y es siempre recomendado.

Barrera VI: Equipo de protección

Aunque no existe un riesgo alto asociado con la orina tratada, se recomienda de ser posible que los trabajadores de campo agrícola usen ropa de protección apropiada (zapatos y guantes) como una barrera efectiva adicional para reducir los riesgos potenciales para la salud.

Barrera VII: Lavarse las manos con jabón después de manipular la orina

Lavarse las manos con jabón después de manipular la orina puede ser considerado como una barrera adicional en el sistema. Prácticas básicas de higiene y salud recomendadas, como lavarse las manos después de usar el sanitario y antes de las comidas, deben cumplirse siempre.

Barrera VIII: Manejo de los alimentos y cocción

Siempre se debe lavar los cultivos cosechados antes de su consumo. Cocer o pelar las frutas y hortalizas es otra medida eficaz para reducir considerablemente los riesgos para la salud (reducción de patógenos entre 2 y 6 unidades logarítmicas)

Barrera IX: La salud y la promoción de la higiene

Se debe efectuar una educación y promoción de higiene efectiva, con el fin de informar a los productores locales y comerciantes de alimentos (en los mercados, restaurantes, hogares y quioscos de comida) cómo y por qué deben lavar los productos fertilizados con orina.

Este marco permite en forma objetiva, apreciar las bondades y entender

los riesgos de los sistemas ecosan, y así crear las barreras adecuadas para el manejo seguro de los subproductos de los sanitarios secos.

2. BIOENSAYO

Este bioensayo fue realizado en un vivero propio. El diseño del bioensayo se dividió en dos partes. Una se enfocó a la recolección, tratamiento y análisis de la orina; la otra parte, se orientó el experimento para determinar el efecto de la orina como fertilizante en plantas de maíz.

La densidad de siembra para el cultivo de maíz es de 60.000 plantas por hectárea, es decir, un total de 6 plantas por metro cuadrado; sin embargo, algunas bibliografías recomiendan una densidad que oscila entre 50.000 y 55.000 plantas por hectárea.⁷ Esta tasa de siembra está basada en la obtención de una tonelada de grano por hectárea, aplicando para obtener esta cantidad 2gr de nitrógeno por m².

2.1. Objetivo general del bioensayo

El principal objetivo fue realizar una prueba piloto del proceso de recolección, tratamiento y aplicación de orina humana como fertilizante orgánico en plantas de maíz, con el fin de determinar sus efectos.

Para captar la orina humana se instaló un orinal y el tratamiento, se realizó por medio de la instalación de un tanque para el reposo de la orina.

Se ejecutaron análisis de laboratorio a las muestras del proceso de tratamiento, para la caracterización microbiológica, bacteriológica y química de la orina humana y así establecer y demostrar que ésta, recolectada a cierta

⁷ (Violic, 2001) (Jaramillo, 2004)

temperatura, pH y tiempo de reposo disminuye su posible carga de patógenos y puede ser utilizada, sin riesgos sanitarios, como fertilizante líquido orgánico.

La pequeña práctica de aplicación, además de mostrar la posibilidad y viabilidad del uso de la orina como fertilizante fue útil para poner en contacto a los involucrados con la orina y percibir e identificar barreras.

Se analizaron los resultados obtenidos de absorción y acumulación de biomasa después de la aplicación de la orina humana en plantas de maíz.

2.2. Metodología y diseño del bioensayo

2.2.1 Recolección, tratamiento y análisis de la orina humana

La recolección de la orina se hizo en las instalaciones del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, por medio de la instalación de dos uriniales que depositan la misma en recipientes de 10 litros. En el recolector se instaló una bomba de hule flexible, ya que permite el paso del líquido (orines) hacia el recipiente e impide la salida de los olores. Una vez que se obtuvo la mayor cantidad en cada recipiente se vació en un tanque de 19 litros para su reposo. En lo posible se evitó el contacto con el aire para evitar la pérdida de nitrógeno.

Figura 8. Recolección y tratamiento de la orina



Fuente: ACEPESA, 2009.

Las muestras para los exámenes de laboratorio se tomaron con orina fresca, en reposo a la sexta semana, octava, decima, doce, dieciséis, veinte y veinticuatro semanas.

Análisis de laboratorio

Análisis físicos para valorar su color y aspecto que pueden indicar diversas patologías.

El color de la orina depende en gran medida de su concentración. La orina puede presentar distintos colores, debido a sustancias ingeridas en la alimentación.

El aspecto de la orina recién emitida es transparente más cuando se someten a bajas temperaturas y se dejan durante largos períodos se enturbian y forman un precipitado que se produce por la disminución de la solubilidad de sales disueltas.

También la turbidez que se desarrolla en orinas en reposo se debe principalmente a la presencia de restos de mucosa que solidifican cuando se almacenan las orinas en lugares fríos. La mucosa está compuesta principalmente de glicoproteínas que constituyen más de un tercio de las proteínas en las orinas normales, dicha mucosa es poco significativa desde el punto de vista clínico.

Análisis químicos para determinar la densidad y el pH, además de la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) que se midió solo en muestras de orina fresca y en muestras de orina en reposo.

La densidad: La orina es una mezcla de sustancias disueltas y suspendidas en agua, en la orina normal estas sustancias son principalmente urea y cloruro sódico. La densidad de la orina es la relación entre el peso de un volumen de orina y el peso de un volumen igual de agua destilada a la misma temperatura; como es una relación no tiene unidades. Los valores normales de la densidad de una muestra de orina de cualquier hora están comprendidos entre 1.010 y 1.040 puede disminuir su valor al dejar la orina en reposo.

El pH: La alimentación humana es casi neutra con un contenido pequeño de compuestos ácidos por lo que el pH de la orina suele ser menor de 7.0, ya que los riñones generalmente deben eliminar el exceso de ácido, las orinas con pH alcalino (mayor de 7.0) se dan en la alcalosis metabólicas o respiratorias. Además, las orinas alcalinas pueden producirse por muestras envejecidas que se almacenan por largos períodos, esto debido a la presencia de bacterias productoras de amonio, a partir de la urea.

Análisis microbiológicos para establecer una eventual presencia de leucocitos y/o eritrocitos, ambos indicativos de la presencia de bacterias que señalan la existencia de infección en el tracto urinario o riñones, también se comprobó la existencia o no de protozoarios y helmintos que reportan una contaminación fecal.

Análisis bacteriológico permitió, en diferentes medios, la identificación de bacterias gram positivas y gram negativas, además de enterobacterias como Salmonella y Shigella o Vibrio cholerae.

Análisis inmunocromatográfico para determinar una posible presencia de Criptosporidium parvum o Rotavirus.

Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno y de la demanda química de oxígeno.

2.2.2. Descripción del material experimental

Suelo: se utilizaron 900 libras aproximadamente de tierra con las condiciones químicas mostradas en la tabla de análisis del suelo que se utilizó como medio de crecimiento de las plantas de maíz para la elaboración de los 49 ensayos.

Tabla II. **Análisis de la muestra de suelo utilizada**

Identificación	PH	ms/cm C.E	ppm		Meq/100gr		ppm				%	%
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.	N.T.
RANGO MEDIO			12 a 16	120 a 150	6 a 8	1.5 a 2.5	2 a 4	4 a 6	10 a 15	10 a 15		
M-1	6.00	159.00	3.31	78.00	11.54	1.34	0.50	5.50	12.00	4.00	5.52	0.29

Fuente: Laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo orellana”, Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala. (VER ANEXO 2)

Maíz: Características morfológicas.

Nombre común: maíz

Nombre científico: Zea mays

Familia: Gramíneas

Género: Zea

Abono químico

Otros Nombres: triple 15 complejo

Contenido de Nitrógeno Total (N): 15% de Nitrógeno (w/w)

- Nitrógeno Amoniacal 9% (w/w)

- Nitrógeno Nítrico 6% (w/w)

Contenido de Fósforo Total (P₂O₅): 15% de Pentóxido de Fósforo (w/w)

Contenido de Potasio (K₂O): 15%

Presentación Física: Sólido granulado color gris claro

Tamaño de partícula: 2.0 a 5.00 mm

pH en solución al 10%: 6.8 – 7.2 Unidades

Densidad aparente (Kg/m³): 923 Kg/m³

Humedad relativa crítica (a 30° C): 1 %

Abono orgánico:

El abono orgánico utilizado es Miorgánico (abono orgánico para el jardín y sus flores), se utilizó una bolsa de 5 libras, está libre de escherichia coli, salmonela y Nematodos, según datos proporcionados por el fabricante, este abono presenta los siguientes valores:

Tabla III. **Porcentaje de nutrientes presentes en el abono orgánico**

Nitrógeno	1.20%
Fósforo	0.70%
Potasio	0.90%

pH	7.7
Humedad relativa	35 a 75%
Materia orgánica	25 a 30%

Fuente: elaboración propia, 2017.

La suma de los elementos N, K, Ca, Mg y S deben alcanzar un mínimo de 10%, en este caso la suma es de más o menos 5%, lo cual es relativamente bajo, el nitrógeno se encuentra en un ámbito por debajo del 2%, esto influirá en el estado nutricional de la planta.

2.3. Diseño experimental

La información se obtuvo de los resultados brindados por cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones para lo cual se utilizó un diseño experimental. El diseño estadístico utilizado fue el de bloques al azar, debido a que existe una gradiente de variabilidad, donde se realizó la investigación, la cual es el trayecto del sol. El modelo estadístico para el diseño de bloques al azar es

$y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$. El número de tratamientos en total fueron siete incluyendo el testigo al cual se le aplicará únicamente agua potable, el número de repeticiones fueron siete.

Tratamientos

Número de tratamientos= 7

Número de repeticiones= 7

Número de unidades experimentales= 49

Tabla IV. **Diferentes métodos de tratamientos a utilizar**

TRATAMIENTOS
Químico (TQ)
Orina (TFLO)
Testigo (TT)
Orina y orgánico (T FLO + Org)
Orgánico (T Org)
Orina Diluida (T FLO Dsln)
Orina diluida y orgánico (T FLO Dsln 1:10 + Org)

Fuente: elaboración propia, 2017.

2.3.1. Unidad experimental

Cada unidad experimental consistió de 2 plantas de maíz, habiendo un total de 49 unidades experimentales, por lo tanto, 98 plantas de maíz en total.

2.3.2. Unidad de muestreo

Debido a que las plantas se desecharon por destrucción de las mismas en el momento de tomar los datos, se utilizó únicamente una planta por unidad experimental, tomándose esta en forma aleatoria dentro de cada unidad experimental.

VARIABLES DE RESPUESTA

Después de transcurridos 125 días, a partir de la siembra se midió la altura de las plantas, largo de la raíz, estado nutricional de la planta.

2.3.3. Preparación, acondicionamiento del área de trabajo y metodología a seguir

Se realizó la preparación del lugar en donde se llevaría a cabo el bioensayo de acuerdo al diseño experimental establecido, en el cual se determinó un total de 49 unidades o bolsas de siembra de 8" de diámetro, es decir 7 métodos de tratamientos con 7 repeticiones cada uno.

Figura 9. Preparación del área del ensayo



Fuente: elaboración propia, 2017.

Luego de tener el área lista se realizó la siembra de los 49 ensayos, utilizando tierra a la que previamente se envió al laboratorio para conocer sus características químicas y en que rango los presentaba.

Figura 10. **Inicio del ensayo, siembra de maíz**



Fuente: elaboración propia, 2017.

La frecuencia de riego a partir de la siembra de las semillas fue de cada dos días, debido a la época en que se realizó el ensayo, el riego se realizó al atardecer, porque así se minimiza la evaporación. Se tomaba el cuidado que, a través del riego el sustrato se humedeciera, pero sin saturación. La cantidad de agua que se utilizaba en cada riego fue de dos a cuatro litros por tratamiento.

Figura 11. **Riego de las plantas**



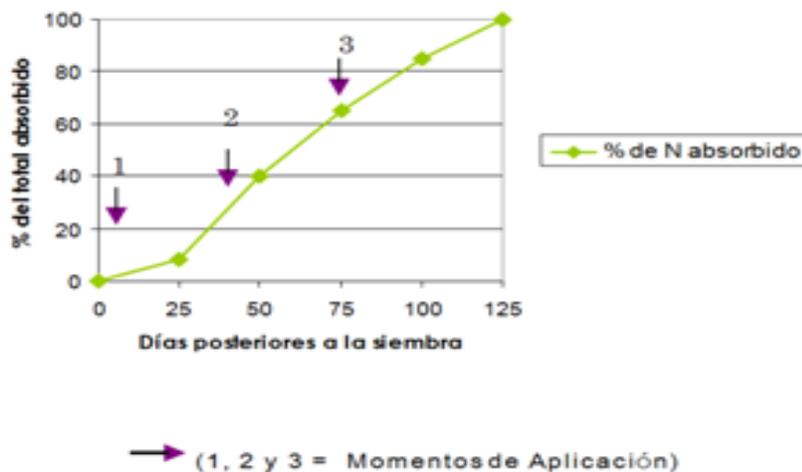
Fuente: elaboración propia, 2017.

Para la primera aplicación de los diferentes abonos se tomó la orina ya con un tratamiento, el cual consistió en seis semanas de reposo, se envió una muestra al laboratorio y luego se realizó la aplicación a los diferentes tratamientos.

Para las aplicaciones de los diferentes tratamientos a las plantas, se

consultó en todo momento a un ingeniero agrónomo, quien basado en la absorción de nitrógeno de las plantas de maíz definió tres momentos de aplicación.

Figura 12. Aplicación de abono en la etapa de crecimiento de la planta



Fuente: Fertilización de maíz, río Colorado.

Durante el ciclo de crecimiento se realizaron las aplicaciones de fertilizante de los diferentes métodos de tratamiento en diferentes días, luego de la siembra según el % de nitrógeno absorbido, para este caso, se realizó una aplicación más para cubrir la demanda de nitrógeno de las plantas.

Tabla V. Aplicación de abono en los diferentes tratamientos

<i>MOMENTO DE APLICACIÓN</i>	<i>DIAS POSTERIORES A LA SIEMBRA</i>	<i>FECHA DE APLICACIÓN</i>
1	15 días	27 de diciembre 2011
2	44 días	25 de enero 2012
3	85 días	06 de marzo 2012
4	120 días	10 de abril 2012

Fuente: elaboración propia, 2017.

La primera aplicación se realizó 15 días, luego de la siembra, estos días las plantas obtuvieron el nitrógeno de lo que aporta el suelo, esta aplicación se realizó con orina ya tratada (tratamiento fue de seis semanas, de reposo), en esta etapa el cultivo deberá disponer de una oferta de nitrógeno adecuada para satisfacer su demanda para el crecimiento. Para esta aplicación, la orina en reposo llevaba seis semanas.

La segunda aplicación se realizó cuando la planta comienza un importante requerimiento de nitrógeno (cuando está en seis hojas), que necesita ser satisfecho para mantener una alta tasa de producción de materia seca. Para esta aplicación la orina en reposo llevaba diez semanas.

La tercera y cuarta aplicación, se realizaron en la etapa en la que la demanda de nitrógeno es alta, es la etapa próxima al panojamiento, según condiciones climáticas, estado nutricional y riegos. Para esta etapa, el suelo ha agotado sus reservas y lo aportado ha sido absorbido y perdido por lavados de riego. Lo que absorba en este momento va a ser destinado a definir el rendimiento y calidad del grano. Para esta aplicación la orina en reposo llevaba dieciséis y veinte semanas.

Para la aplicación de los diferentes tratamientos, se utilizó el siguiente equipo de medición:

Figura 13. **Equipo de medición utilizado**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 14. Medición y aplicación del tratamiento químico



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 15. Medición y aplicación de tratamiento con abono orgánico



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 16. Medición y aplicación del tratamiento con orina



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 17. **Medición y aplicación del tratamiento con orina diluida 1:10**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 18. **Medición y aplicación del tratamiento con orina diluida 1:10 más abono orgánico**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 19. **Medición y aplicación del tratamiento con orina más abono orgánico**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Cronograma para realizar los análisis de laboratorio de la orina humana en cada tratamiento.

Tabla VI. Cronograma para realizar los análisis de laboratorio

Tiempo de almacenamiento	fecha
fresca	15 de noviembre 2011
6 semanas	27 de diciembre de 2011
8 semanas	10 de enero de 2012
10 semanas	24 de enero de 2012
12 semanas	7 de febrero de 2012
16 semanas	6 de marzo de 2012
20 semanas	3 de abril de 2012
24 semanas	1 de mayo de 2012

Fuente: elaboración propia, 2017.

En general, a mayor tiempo de reposo de la orina hay menor sobrevivencia de patógenos, según análisis de laboratorio, esto se debe a los altos valores de pH alrededor de 9.0 que se alcanzan ya en las primeras semanas de almacenamiento.

El tratamiento consiste en un almacenamiento, el cual dependiendo de la temperatura varia entre 6 semanas (25°C) y seis meses (20°C).

Por ello tomar en cuenta los valores obtenidos en los análisis de laboratorio de los nutrientes presentes en la orina, se realizó el cálculo de la cantidad de los diferentes abonos que se aplicaran a los ensayos. Para lo cual partiremos de un dato muy importante como la cantidad de nitrógeno necesaria para cada planta o cultivo.

2.4. Impacto de DBO₅, DQO, nitrógeno fósforo de la orina en las aguas residuales

La composición de las aguas residuales domésticas es semejante entre poblaciones, puede variar de acuerdo al tamaño de la población, consumo de agua, cultura, clima, y otros factores. Se presentan valores típicos de algunos

parámetros de aguas residuales crudas en la planta experimental “Ing. Arturo Pazos Sosa”.⁸

Tabla VII. **Composición y concentración típica del agua residual cruda**

Parametro	promedio	Desv. Estandar
Temperatura	23.00	1.50
pH	7.44	0.46
color	404.00	404.00
BDO5	253.00	84.00
DQO	422.00	138.00
solidos totales	641.00	148.00
Solidos suspendidos t.	283.00	191.00
Nitrogeno total	40.50	11.70
Fosforo total	11.60	7.00
Coliformes totales	9.70E+11	1.30E+12
Coliformes fecales	6.80E+11	1.20E+12

Fuente: (Salgado, 2015)

La orina corresponde al 1% de las aguas residuales. Partiendo de esta información, se puede determinar el porcentaje que aporta la orina de DBO₅, DQO, Nitrógeno y fósforo a las aguas residuales.

Si tiene un litro de agua residual, según lo mencionado tendríamos 0.01 litro de orina. El litro de agua residual estaría formado por 0.99 litros de aguas residuales y por 0.01 litros de orina.

Según análisis de laboratorio la orina presenta 1,800 mg/L de DBO₅, para 0.01 L se tiene 18 mg/L de DBO₅.

⁸ (Salgado, 2015)

El valor promedio de DBO₅ es de 253mg/L, el porcentaje de DBO₅ que aporta la orina a las aguas residuales es de 7.11%.

Según análisis de laboratorio la orina presenta 4,081 mg/L de DQO, para 0.01 L se tiene 40.81 mg/L de DQO.

El valor promedio de DQO es de 422 mg/L, el porcentaje de DQO que aporta la orina a las aguas residuales es de 9.67%.

Según análisis de laboratorio la orina presenta 379 mg/L de nitrógeno, para 0.01 L se tiene 3.79 mg/L de nitrógeno.

El valor promedio de nitrógeno es de 40.5 mg/L, el porcentaje de Nitrógeno que aporta la orina a las aguas residuales es de 9.35%.

Según análisis de laboratorio la orina presenta 190 mg/L de fosforo, para 0.01 L se tiene 1.9 mg/L de fósforo.

El valor promedio de fósforo es de 11.6 mg/L, el porcentaje de fósforo que aporta la orina a las aguas residuales es de 16.37%.

Tabla VIII. **Valor de parámetros en la orina**

Parámetro	Valor en orina mg/L	% de aporte a las aguas residuales
DBO ₅	18.00	7.11
DQO	40.81	9.67
Nitrógeno total	3.79	9.35
Fósforo total	1.90	16.37

Fuente: elaboración propia, 2017.

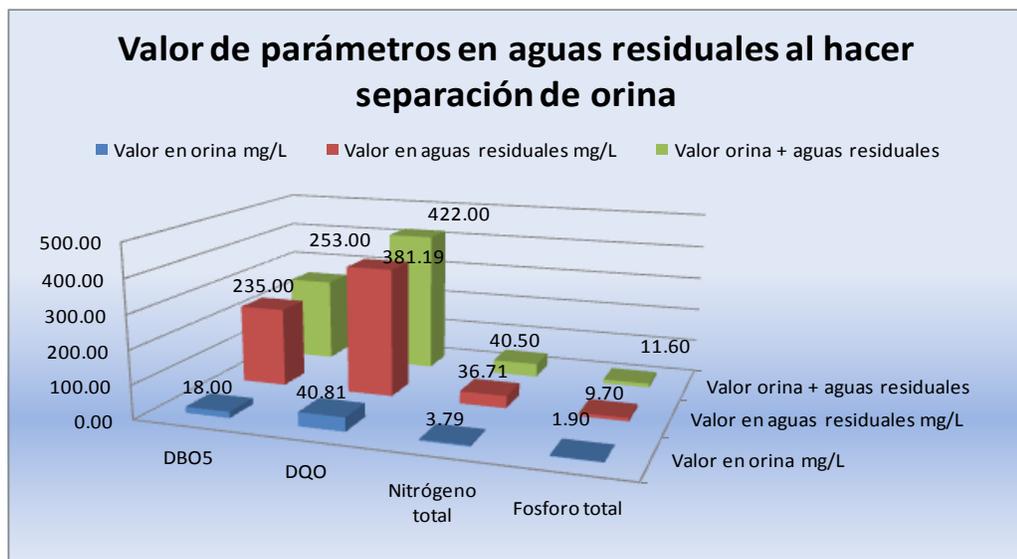
Teniendo los valores de orina para cada parámetro, se puede expresar en mg/L las cantidades de las aguas residuales al hacer una separación de la orina, estos valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla IX. **Valor de parámetros en aguas residuales al hacer separación de orina**

Parámetro	Valor en orina mg/L	Valor en aguas residuales mg/L	Valor orina + aguas residuales
DBO ₅	18.00	235.00	253.00
DQO	40.81	381.19	422.00
Nitrógeno total	3.79	36.71	40.50
Fósforo total	1.90	9.70	11.60

Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 20. **Valor de parámetros en aguas residuales al hacer separación de orina**



Fuente: elaboración propia, 2017.

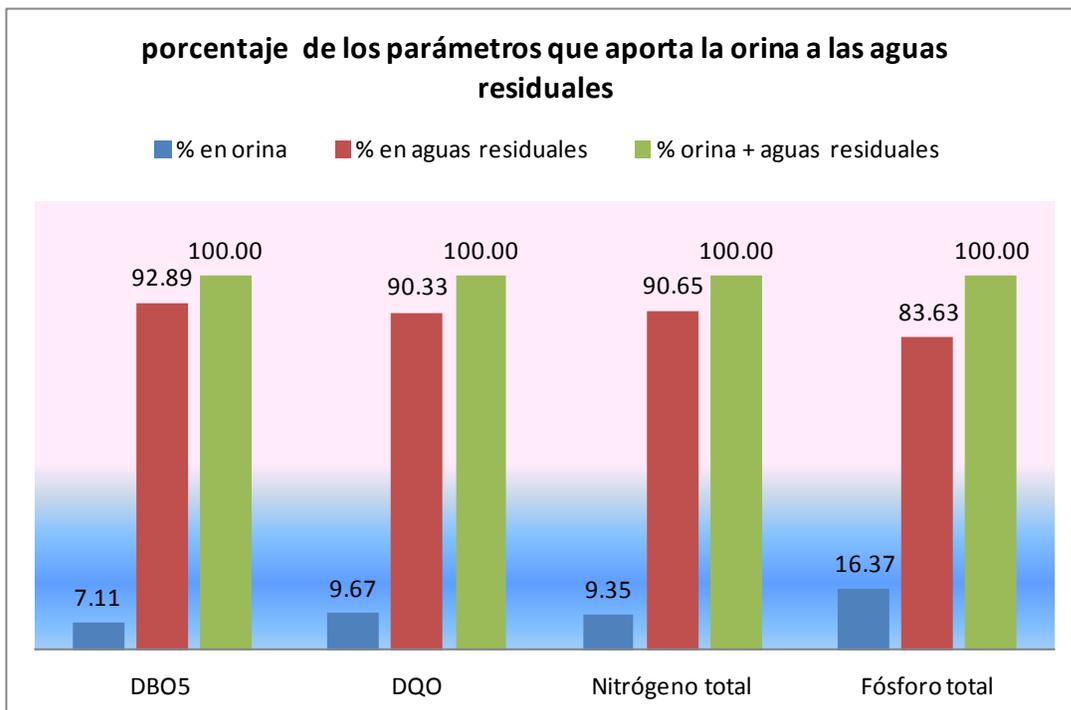
Conociendo el porcentaje de cada parámetro presente en la orina, se puede expresar que porcentaje es el que contribuye la orina en las aguas residuales.

Tabla X. Valores de orina y aguas residuales expresados en porcentaje

Parámetro	% en orina	% en aguas residuales	% orina + aguas residuales
DBO ₅	7.11	92.89	100.00
DQO	9.67	90.33	100.00
Nitrógeno total	9.35	90.65	100.00
Fósforo total	16.37	83.63	100.00

Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 21. Porcentaje de los parámetros que aporta la orina a las aguas residuales



Fuente: elaboración propia, 2017.

3. RESULTADOS DEL BIOENSAYO

Datos obtenidos de los análisis de laboratorio muestra a las seis semanas de tratamiento: 2.99 gramos/ litro de nitrógeno. A continuación una descripción de cómo se obtuvo la dosis adecuada para cada tratamiento:

Como primer paso, conociendo la cantidad de nitrógeno que necesita la planta y los gramos por litro presentes en la orina humana, se puede conocer la cantidad de orina a utilizar por unidad de área, se debe conocer el área con la que vamos a trabajar, que para este bioensayo será el área de la bolsa de siembra que es de 8 pulgadas, se debe conocer el requerimiento de nitrógeno de la planta a ensayar, para este caso el requerimiento de nitrógeno del maíz es de 2 gramos por metro cuadrado.

La siembra de maíz, se realizó en bolsas de 8 pulgadas de diámetro, y para obtener el área a la que se le aplicará los diferentes tratamientos, se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Diametro} = \frac{8 \text{ pulg}}{1} * \frac{2.54 \text{ cms}}{1 \text{ pulg}} * \frac{1 \text{ metro}}{100 \text{ cms}} = 0.2032 \text{ metros}$$

$$\text{Radio} = 0.1016 \text{ metros}$$

$$\text{Área} = \pi * r^2$$

$$\text{Área} = \pi * 0.1016^2$$

$$\text{Área} = 0.03242 \text{ m}^2$$

Cálculo de la dosis adecuada para cada uno de los diferentes tratamientos

- TRATAMIENTO ORINA (T FLO)

Para calcular la cantidad de orina a utilizar por tratamiento (unidad de análisis) partimos de la cantidad de nitrógeno necesaria de 2 gramos de N por metro cuadrado y de 2.99 gramos de nitrógeno por litro presente en la orina humana, según análisis de laboratorio a las seis semanas.

Al dividir la cantidad necesaria de nitrógeno por metro cuadrado entre la cantidad de nitrógeno en la orina, según análisis de laboratorio se obtiene la cantidad de litros por metro cuadrado, conoce el área de aplicación y puede determinar la dosis necesaria para este caso es de 0.022 litros en el área que se tiene.

- TRATAMIENTO ORGÁNICO (T Org)

Para el cálculo de la cantidad de abono orgánico a utilizar, vamos a partir de la especificación del fabricante que establece lo siguiente, puede usarse una libra de abono orgánico por m².

El porcentaje de los nutrientes indica que el nitrógeno está en un 1.2%, entonces como se conoce el área que ocupa cada bolsa que se tiene:

$$A = 0.03242 \text{ m}^2.$$

Una libra de abono al porcentaje de 1.2% de nitrógeno contiene entonces 0.012 libras de nitrógeno por metro cuadrado.

Según la necesidad de nitrógeno del maíz, se necesitan 2 gramos de nitrógeno por metro cuadrado, 0.012 libras de nitrógeno /m² equivalen a 5.44

gramos de nitrógeno/m², entonces se necesita 0.3676 libras de abono orgánico para tener el requerimiento de 2 gramos de nitrógeno/ m², luego 0.3676 libras de abono orgánico es para un metro cuadrado, para el área se necesecita 0.01191759 libras de abono orgánico, esto es equivalente a 5.40 gramos de abono el que se necesita en el área de trabajo.

- TRATAMIENTO QUÍMICO (T Q)

Para el cálculo de la cantidad de abono químico a utilizar por bolsa, vamos a partir de la especificacion de 2 gramos de nitrógeno por m².

El porcentaje de los nutrientes indica que el nitrógeno está en un 15%, entonces como se conoce el área que ocupa cada bolsa se tiene:

$$A= 0.03242 \text{ m}^2.$$

Una libra de abono al porcentaje de 15% de nitrógeno contiene entonces 0.15 libras de nitrógeno.

Según la necesidad de nitrógeno de las plantas de maiz, se necesitan 2 gramos de nitrógeno/ m², se tiene 0.15 gramos de nitrógeno, se necesita aplicar 13.33 gramos de abono químico/ m² para obtener el requerimiento de 2 gramos de nitrógeno/ m², entonces se conoce el requerimiento de 13.33 para un m², entonces para el área que se tiene queda 0.43 gramos de abono químico.

- TRATAMIENTO ORINA DILUIDA AL 1:10 (T FLO DsIn)

$$A= 0.03242 \text{ m}^2.$$

6.688963211 litros proporciona dos granos de nitrógeno en un metro cuadrado.

Ahora el valor de la orina diluida 1:10 es 0.299 gramos de nitrógeno/ m² que representa la décima parte del valor de laboratorio, para el área utilizada se necesitará 0.21 litros de orina, más nueve partes de agua para un total de 2.16 litros de orina diluida 1:10 con agua para cumplir con la cantidad necesaria de nitrógeno.

- TRATAMIENTO ORINA Y ORGÁNICO (T FLO + Org)

Para esta combinación se plantea utilizar 50% de abono orgánico y 50% de orina concentrada.

La orina concentrada tiene un valor de 0.022 litros, el cual se divide entre dos y se tiene 0.01084591 litros, para el abono orgánico se tiene 2.70 gramos, con estos valores se tendrá cubierta la necesidad de nitrógeno en el área de trabajo.

- TRATAMIENTO ORINA DILUIDA 1:10 Y ORGÁNICO (T FLO Dsln + Org)

Entonces se tiene 2.16 litros de orina diluida 1:10, para este caso, la orina diluida aportará el 50% de nitrógeno y el abono orgánico proporcionará el 50% restante de nitrógeno.

La orina diluida quedará de 1.08 litros de orina diluida que proporcionará la mitad del requerimiento, y el abono orgánico proporcionará 2.70 gramos de abono orgánico, cantidades para cumplir con el requerimiento de nitrógeno para

el área de trabajo.

- TESTIGO

El testigo no se le aplicó ningún tipo de tratamiento más que agua, ya que este será nuestra línea base para comparar que tan eficientes son los distintos tratamientos aplicados.

Diferentes dosis utilizadas para la aplicaciones de abono

Tabla XI. Dosis aplicadas en cada fecha de abono

TRATAMIENTOS	DOSIS APLICADAS			
	APLICACIÓN #1	APLICACIÓN #2	APLICACIÓN #3	APLICACIÓN #4
Químico (TQ)	0.43 gramos	0.43 gramos	0.43 gramos	0.43 gramos
Orina (TFLO)	0.022 litros orina	0.051 litros	0.021 litros	0.022 litros
Testigo (TT)				
Orina y orgánico (T FLO + Org)	0.010 lts de orina + 2.70 g de org.	0.0255 lts de orina + 2.70 g de org.	0.0105 lts de orina + 2.70 g de org.	0.011 lts de orina + 2.70 g de org.
Orgánico (T Org)	5.40 gramos	5.40 gramos	5.40 gramos	5.40 gramos
Orina Diluida (T FLO Dsln 1:10)	2.16 litros	5.1 litros	2.09 litros	2.16 litros
Orina diluida y orgánico (T FLO Dsln 1:10 + Org)	2.70 g de orgánico+ 1.08 lts	2.70 g de orgánico+ 2.55 lts	2.70 g de orgánico+ 1.045 lts	2.70 g de orgánico+ 1.08 lts

Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 22. Estado nutricional de las plantas luego de la primera aplicación (seis semanas)



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 23. Estado nutricional de las plantas, luego de la segunda aplicación



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 24. Estado nutricional de las plantas, luego de la tercera aplicación



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 25. **Estado nutricional de las plantas, luego de la cuarta aplicación**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Para la orina fresca: En el examen macroscopico se obtuvo color amarillo, aspecto ligero turbio, la densidad 1.010 gr/ml, sedimento escaso.(VER ANEXO 1)

En el examen químico a la muestra de orina fresca se obtuvieron resultados negativos para glucosa, proteínas, cetonas, urobilinogeno, bilirrubina, nitritos, sangre, pH de 7.0. (VER ANEXO 1)

En los analisis para rotavirus negativo, adenovirus negativo, cryptosporidium negativo, investigación de quistes negativo, y un valor de 70 mEq/L de sodio y 31mEq/L de cloruro. (VER ANEXO 1).

En el examen microscópico fueron negativos epitelo, leucocitos, eritrocitos, cristales, cilindros, moco, lebadura, positivo para bacterias muy abundantes (citrobacter agglomerans, enterococcus sp). (VER ANEXO 1).

La muestra examinada de orina fresca fueron positivas para los siguientes bacilos gram negativos: citrobacter agglomerans, gram positivo: Enterococcus Staphylococcus sp. Estos últimos bacilos son considerados generalmente no patógenos. (VER ANEXO 1).

En la muestra de orina fresca se obtuvieron para la demanda química de oxígeno (DQO) 4,081 mg/L, y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) un valor de 1800 mg/L. (VER ANEXO 1).

Para las muestras de orina luego de seis semanas: En el examen macroscópico se obtuvo color amarillo, aspecto ligero turbio, la densidad 1.000 gr/ml, sedimento escaso. (VER ANEXO 1).

En el examen químico a la muestra de orina a las seis semanas de almacenamiento se obtuvieron resultados negativos para glucosa, proteínas, cetonas, urobilinogeno, bilirrubina, nitritos, sangre, pH de 9.0. (VER ANEXO 1).

En el examen microscópico fueron negativos epitelio, leucocitos, eritrocitos, cristales, cilindros, moco, lebadura, positivo para bacterias (*Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus*). (VER ANEXO 1).

Para la muestra de orina a seis semanas se obtuvieron para la demanda química de oxígeno (DQO) 5300 mg/L, y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) un valor de 900 mg/L. (VER ANEXO 1).

Las mediciones tomadas muestran que el pH de la orina fresca se encuentra en 7 y después del almacenamiento el valor se mantuvo entre 9.00. El elevado pH es causado por la conversión de urea en amonio y es beneficioso para la inactivación de los microorganismos en la orina.

Luego de transcurridas seis semanas, se pudo sentir un poco de olor fuerte característico de orina fermentada.

Tabla XII. **Resultados de laboratorio, muestra fresca y a las seis semanas**

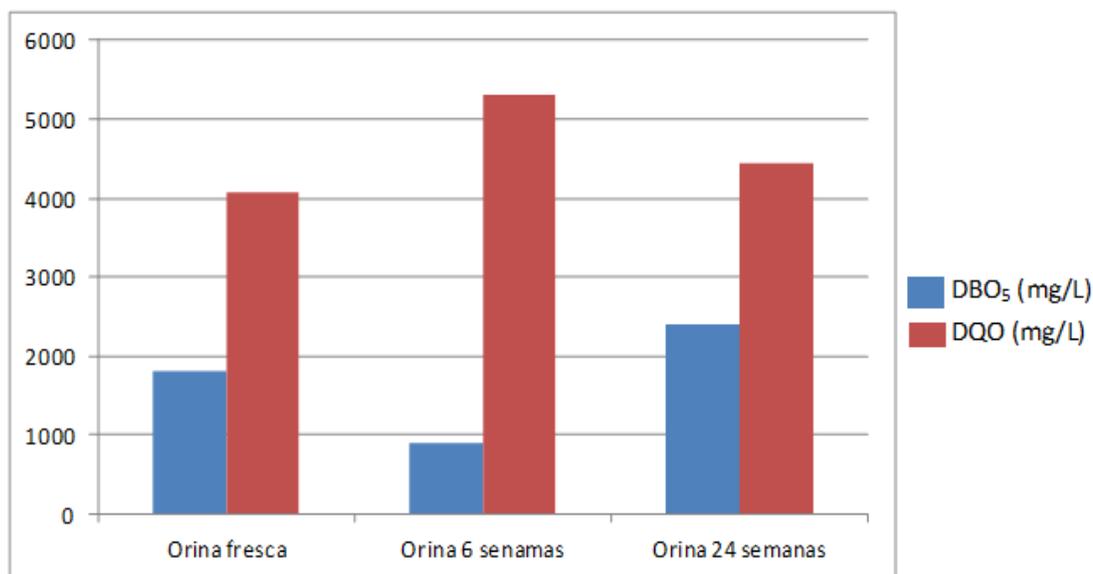
Tiempo de almacenamiento	pH	Nitrógeno (g/L)	Fosforo (g/L)	Potasio (g/L)
Fresca	7	3.79	0.19	0.741
6 semanas	9	2.99	0.1089	0.6747

Fuente: elaboración propia, 2017.

Para las muestras de orina luego de seis semanas se pudo observar que en el caso del pH tubo un incremento, la densidad de la orina se redujo, ya la presencia de bacterias es escasa, los valores de NPK tubieron una disminuci3n, la demanda qu3mica de ox3geno (DQO) 5,300 mg/L, y de la demanda bioqu3mica de ox3geno (DBO₅) un valor de 900 mg/L. (VER ANEXO 1).

Para las muestras de orina de veinticuatro semanas se tiene presencia escasa de bacterias (*Citrobacter freundii*), negativo para epitelio, glucosa y leucocitos. Los valores de DBO₅ 2,400 mg/L y DQO 4,455 mg/L. (VER ANEXO 1).

Figura 26. **Valores de DBO₅ Y DQO en la orina a diferentes tiempos**

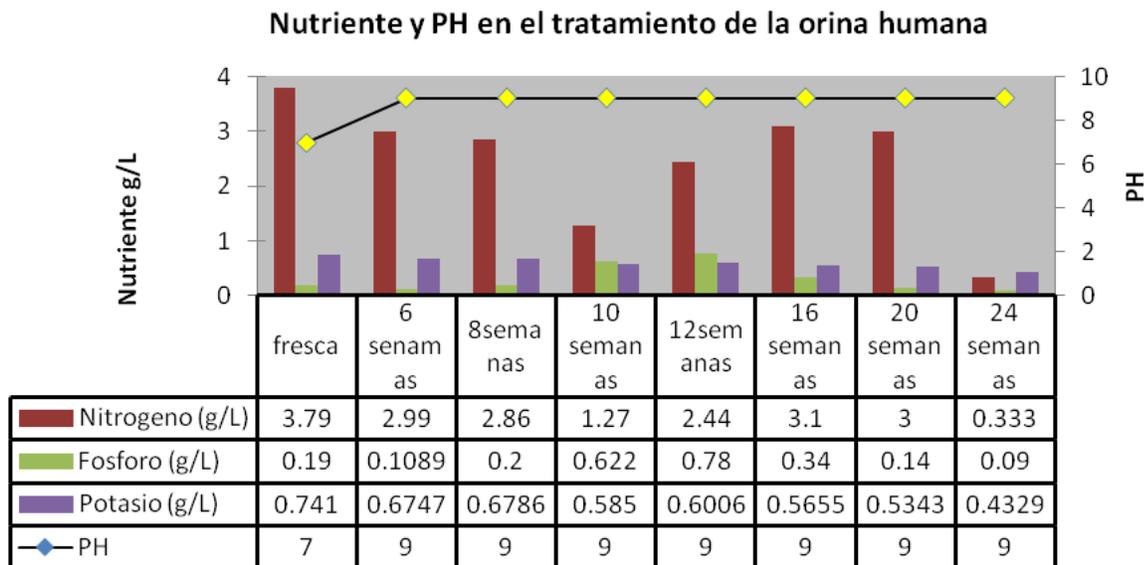


Fuente: elaboración propia, 2017.

La muestra fresca y a las 24 semanas arrojaron un índice de biodegradabilidad (relación de DBO₅/DQO) en 0.44 y 0.51, respectivamente, aunque a las 6 semanas dio un resultado que se sale de la tendencia, porque la relación es de 0.18 dando como interpretación que el residuo no es tratable por ser un ambiente tóxico, o sea, un vertido con predominancia inorgánica.

En los ensayos se determinó un tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente entre seis y veinticuatro semanas de almacenamiento de la orina. En el siguiente diagrama, se muestra los valores de pH en relación con la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en muestras frescas y almacenadas a seis, ocho, diez, doce, dieciseis, veinte y veinticuatro semanas. La concentración del nitrógeno oscila entre 1.27 y 3.79 g/L en las muestras, el fósforo entre 0.09 y 0.78 g/L y el potasio varía entre 0.43 y 0.74 g/L.

Figura 27. **Valores de macro nutrientes presentes en la orina en el tiempo**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Al dejar la orina en reposo, después de unos días, el pH alcanza valores

muy altos, alrededor de 9. Este elevado pH se debe al proceso de transformación de la urea en amonio. Muchos organismos no sobreviven a esta alcalinidad. La temperatura indicará el tiempo que se debe dejar la orina descansar, a menor temperatura mayor tiempo de reposo.

Para las muestras de orina, luego de ocho semanas: En el examen macroscópico se obtuvo color amarillo, aspecto ligero turbio, la densidad 1.000 gr/ml, sedimento escaso. (VER ANEXO 1).

En el examen químico a la muestra de orina a las ocho semanas de almacenamiento se obtuvieron resultados negativos para glucosa, cetonas, urobilinogeno, bilirrubina, nitritos, sangre, pH de 9.0. para proteínas se presentó 30 mg/dl.

En el examen microscópico fueron negativos epitelio, leucocitos, eritrocitos, cristales, cilindros, moco, lebadura, positivo para bacterias (*Citrobacter freundii*). (VER ANEXO 1).

Para las muestras de orina luego de diez semanas: En el examen macroscópico se obtuvo color amarillo, aspecto ligero turbio, la densidad 1.000 gr/ml, sedimento escaso. (VER ANEXO 1).

En el examen químico a la muestra de orina a las diez semanas de almacenamiento, se obtuvieron resultados negativos para glucosa, cetonas, urobilinogeno, bilirrubina, nitritos, sangre, pH de 9.0. para proteínas se presentó 30 mg/dl. (VER ANEXO 1).

En el examen microscópico fueron negativos epitelio, leucocitos, eritrocitos, cristales, cilindros, moco abundante, lebadura, positivo para bacterias

(citrobacter freundii). (VER ANEXO 1).

Para las muestras de orina, luego de doce semanas: En el examen macroscopico se obtuvo color amarillo, aspecto turbio, la densidad 1.000 gr/ml, sedimento abundante. (VER ANEXO 1).

En el examen químico a la muestra de orina a las doce semanas de almacenamiento, se obtuvieron resultados negativos para glucosa, cetonas, urobilinogeno, bilirrubina, nitritos, sangre, pH de 9.0. para proteínas se presentó 30 mg/dl. (VER ANEXO 1).

En el examen microscopico fueron negativos epitelio, leucocitos, eritrocitos, cristales, cilindros, moco, levadura, positivo para bacterias (citrobacter freundii). (VER ANEXO 1).

Para las muestras de orina luego de dieciseis semanas: En el examen macroscopico, se obtuvo color amarillo, aspecto turbio, la densidad 1.000 gr/ml, sedimento escaso. (VER ANEXO 1).

En el examen químico a la muestra de orina a las dieciseis semanas de almacenamiento, se obtuvieron resultados negativos para glucosa, cetonas, urobilinogeno, bilirrubina, nitritos, sangre, pH de 9.0. para proteínas se presentó 30 mg/dl. (VER ANEXO 1).

En el examen microscópico fueron negativos epitelio, leucocitos, eritrocitos, cristales, cilindros, moco, levadura, positivo para bacterias (citrobacter freundii), se aislaron mas de 100,000 UFC/mL. Con mas de 100,000 UFC/mL existe una posibilidad de bacteriuria (bacterias en la orina significativa cuando el numero es mayor a 100,000 UFC/mL) significativa de 80%. (VER

ANEXO 1).

Para las muestras de orina, luego de veinte semanas: En el examen macroscópico se obtuvo color amarillo, aspecto turbio, la densidad 1.000 gr/ml, sedimento escaso. (VER ANEXO 1).

En el examen químico a la muestra de orina a las veinte semanas de almacenamiento se obtuvieron resultados negativos para glucosa, cetonas, urobilinogeno, bilirrubina, nitritos, sangre, pH de 9.0. para proteínas se presentó 30 mg/dl. (VER ANEXO 1).

En el examen microscópico fueron negativos epitelio, leucocitos, eritrocitos, cristales, cilindros, moco regular cantidad, lebadura, positivo para bacterias (*Citrobacter freundii*), se aislaron más de 100,000 UFC/mL. Con más de 100,000 UFC/mL existe una posibilidad de bacteriuria (bacterias en la orina significativa cuando el número es mayor a 100,000 UFC/mL) significativa de 80%. (VER ANEXO 1).

Para las muestras de orina luego de veinticuatro semanas: En el examen macroscópico se obtuvo color amarillo, aspecto turbio, la densidad 1.000 gr/ml, sedimento escaso. (VER ANEXO 1).

En el examen químico a la muestra de orina a las veinticuatro semanas de almacenamiento se obtuvieron resultados negativos para proteínas, cetonas, urobilinogeno, bilirrubina, nitritos, sangre, pH de 9.0. para glucosa se presentó 30 mg/dl. (VER ANEXO 1).

En el examen microscópico fueron negativos epitelio, leucocitos, eritrocitos, cristales, cilindros, moco abundantes, lebadura, positivo para

bacterias (*Citrobacter freundii*), menos de 10,000 UFC/mL, menos de 10,000 UFC/mL se trata de contaminación. (VER ANEXO 1).

Para la muestra de orina a veinticuatro semanas, se obtuvieron para la demanda química de oxígeno (DQO) 4,455 mg/L, y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) un valor de 2,400 mg/L. (VER ANEXO 1).

Según los resultados el sustrato utilizado para el bioensayo se encuentra en condiciones normales, con un adecuado pH, acidez baja y ningún elemento se encuentra deficiente en el suelo. Con respecto al abono orgánico, este tiene un pH normal, el nitrógeno se encuentra en un 1.2%, contiene materia orgánica en un 25% a 30%. (VER ANEXO 2).

El tratamiento con mejores resultados fue el de orina con abono orgánico, esta combinación tuvo efectos positivos en el crecimiento de las plantas de maíz, ya que poseen mayor altura y largo de raíz en comparación con el testigo, también su porcentaje de nutrientes esta en los parámetros existentes de porcentaje de absorción de nutrientes de las plantas, lo que indica un crecimiento vigoroso de la planta.

Tabla XIII. Resultados de las variables evaluadas en el bioensayo

Variables	TRATAMIENTOS						
	Testigo	Quimico	Organico	FLO	FLO Dsln	FLO + ORG	FLO Dsln + org
Altura de la planta (Cms)	67	125	90	90	90	100	97
Largo de raíz (Cms)	30	45	40	35	45	48	47

Fuente: elaboración propia, 2017.

La disolución de la orina aplicada junto al abono orgánico y la orina concentrada con abono orgánico tuvieron una diferencia relevante en la altura de la planta y en el análisis foliar con respecto al testigo y del resto de

tratamiento, esto podría indicar que el abono orgánico es el que tiene efecto en el rendimiento, esto se refuerza demostrando que el tratamiento orgánico es estadísticamente igual al de la orina concentrada y orina diluida.

En los tratamiento en donde se adicionó FLO se redujo el tiempo de crecimiento y desarrollo de las plantas, es decir, que el crecimiento de las plantas fue más rapido. Esto se observó tanto en el aumento de área foliar con en la altura final de las plantas.

Los tratamientos en donde se adicionó abono orgánico a la orina diluida y orina concentrada se comportaron por encima del testigo.

El abono orgánico tiene porcentajes de nutrientes disponibles para las plantas y posee otras características como mejorar las condiciones físicas del suelo, esto se ve reflejado en los resultados.

El tratamiento que solo se le aplicó orina fue un tanto diferente al testigo en cuanto a los parámetros de comparación, con respecto a los tratamientos con abono orgánico tambien presento diferencia.

El tratamiento químico como era de esperarse presentó una gran diferencia con respecto a los otros tratamientos.

Figura 28. Resultados del bioensayo

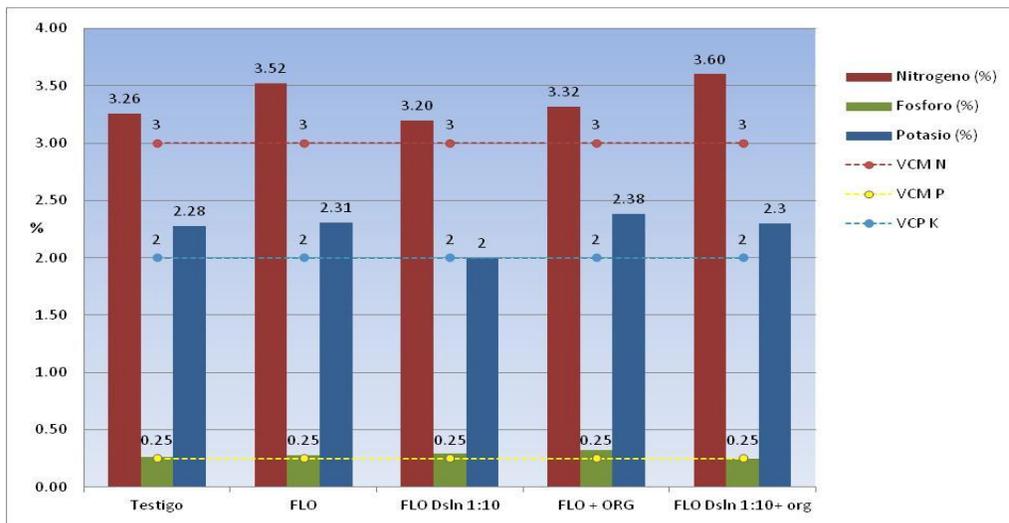


Fuente: elaboración propia, 2017.

En el gráfico se puede observar las concentraciones (%) encontradas de NPK en el análisis foliar realizado en plantas de maíz bajo los diferentes tratamientos. También se indica el valor crítico mínimo (VCM) para cada nutriente.

En el gráfico también se puede observar las concentraciones (%) encontradas de nitrógeno, fósforo y potasio en el análisis foliar realizado en plantas de maíz bajo los diferentes tratamientos. También se indica el valor crítico mínimo (VCM) para cada nutriente. De todos los elementos el fósforo fue el único que mostró valores ligeramente por encima al valor crítico mínimo. Los demás elementos poseen valores dentro del ámbito adecuado, por lo que no se presenta ninguna deficiencia.

Figura 29. **Concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio encontradas en las plantas en análisis foliar realizado**



Fuente: elaboración propia, 2017.

En resumen, los resultados de la aplicación de orina en plantas de maíz tomando en cuenta parámetros de altura de planta, largo de raíz y análisis foliar,

revelaron que la orina en combinación con abono orgánico tiene un efecto fertilizante más efectivo, esto se demostró con un mayor crecimiento de la raíz, fuerza en el tallo, alta resistencia a enfermedades y en el intenso color verde de sus hojas.

En general, se puede mencionar un buen estado nutricional de todas las plantas. Si se toma en cuenta, la función y el efecto de los nutrientes analizados en las plantas de maíz, estos fertilizantes fueron suficientes para incrementar el crecimiento de la planta en relación al testigo.

La mezcla de orina y abono orgánico lleva a una complementación en la tenencia de estos nutrientes lo que se demuestra con resultados positivos en relación a crecimiento y acumulación de materia seca de las plantas.

Las plantas de maíz requieren altas demandas nutricionales en sus diferentes fases de crecimiento para alcanzar un buen desarrollo. El nitrógeno es utilizado durante todo el ciclo de crecimiento de la planta. Existen dos etapas importantes para la acumulación de nutrientes; la primera es después de la cuarta semana de la emergencia de la planta en la cual se observa una elevada demanda y se inicia una máxima utilización de nitrógeno, y la segunda es después de las 8 semanas de crecimiento de la planta.⁹

Aún cuando el bioensayo en maíz se realizó en un vivero y condiciones de clima controlado, tomando como base, para calcular la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio que debió aportarse a los diferentes tratamientos, las recomendaciones sobre la dosis a aplicarse en fertilizantes y densidad de siembra y comparándola con la dosis en efecto aplicada, se puede observar que las dosis de aplicación de orina y de abono químico fueron muy bajas debido a

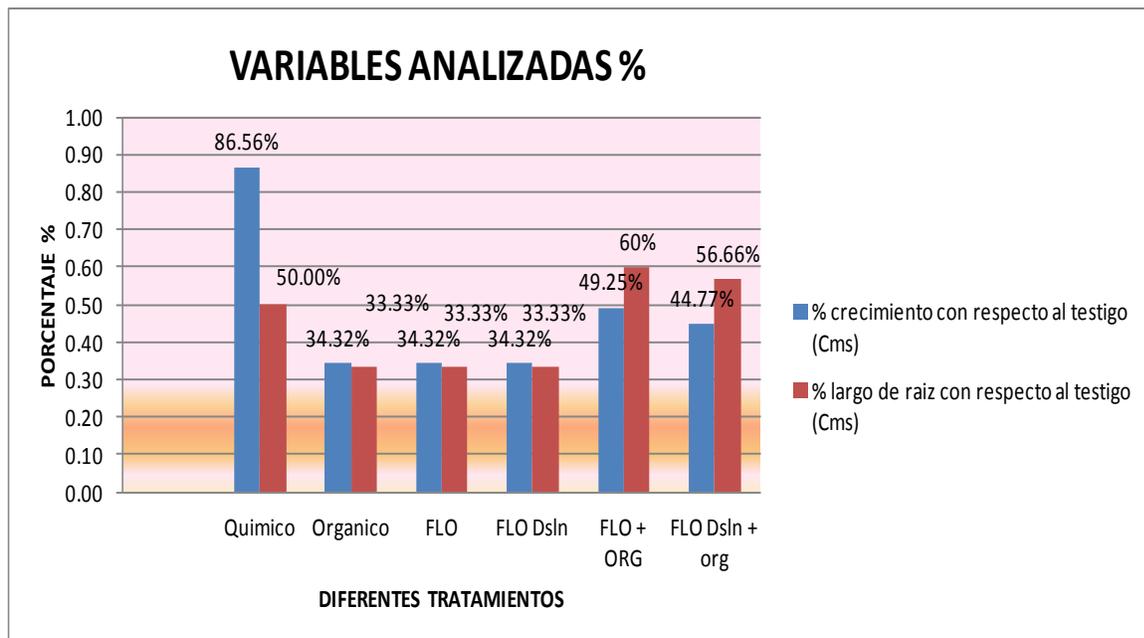
⁹ (Cruz, 2006)

variaciones en la medicion, forma de aplicación, manejo de la orina tratada.

La dosis de nitrógeno influye también en la susceptibilidad de las plantas hacia plagas y enfermedades. Una cantidad de abono excesiva puede ser tóxico para el cultivo y causar desequilibrio entre los nutrientes. Además una sobrefertilización con nitrógeno puede causar niveles altos residuales de nitratos en el suelo y el agua contribuyendo así a una contaminación de los mismos.¹⁰

El efecto positivo de la orina independientemente de su concentración fue en combinación con el abono organico. Este último mejora las características físicas y químicas del suelo que permiten una entrega inmediata de nutrientes asimilables a las plantas, además de aumentar la capacidad de almacenamiento de estos.

Figura 30. **Porcentaje de crecimiento con respecto al testigo**



Fuente: elaboración propia, 2017.

¹⁰ (Cano-Rios, 2001)

Se puede concluir según el cuadro anterior que el tratamiento que tiene un porcentaje de crecimiento muy por encima del testigo fueron el de orina con abono orgánico y orina diluida con abono orgánico, esta combinación tuvo efectos positivos en el crecimiento de las plantas de maíz, ya que se diferencian estadísticamente del resto de los tratamientos al poseer un porcentaje de crecimiento alto con respecto al crecimiento del testigo, lo cual refleja un adecuado y vigoroso crecimiento de la planta.

El tratamiento de orina en disolución con abono orgánico, tuvo altura de planta por encima del testigo al igual que el tratamiento de FLO + org. En el caso de largo de raíz el comportamiento fue mayor a la del testigo, esto podría indicar que el abono orgánico es el que está haciendo la diferencia y no la orina.

El tratamiento que solo se le aplicó orina presentaron valores mayores al testigo, pero menores al tratamiento con abono orgánico. El tratamiento químico presentó valores diferentes al resto de los tratamientos con respecto a la altura de planta, pero en largo de raíz presentó valores menores al del tratamiento de FLO+orgánico y FLO Dsln+orgánico esto se pudo deber a una ineficiencia del fertilizante o una subdosificación.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL BIOENSAYO

Para analizar y discutir los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos aplicados en las plantas de maíz es importante considerar datos sobre el ciclo de esta planta, la función de los nutrientes en ella, densidad de siembra, referencias sobre su fertilización y aplicaciones, efectos de una sobre fertilización, además de considerar las características y el efecto del abono organico también utilizado en los tratamientos.

Cuando se este realizando los cálculos para la aplicación de fertilizante se debe de tomar en cuenta que por el manejo de la orina en el momento de la aplicaicon se da pérdida por amoniaco provocando esto que la cantidad fuese un poco menor a la necesaria.

Es recomendable agitar la orina antes de aplicarla, a fin de que los precipitados vuelvan a diluirse. Esto cuando se esté realizando la toma de muestra para el laboratorio y para cuando se aplica a las plantas de maíz, de esta manera garantizar datos más cercanos a la realidad, por esta razón los valores obtenidos en los diferentes análisis de laboratorio presentan alguna variación.

Al agregar agua (de 1 a 10 partes por cada parte de orina) ayuda a que los precipitados se diluyan mejor.

Las dosis por hectárea para lograr el reemplazo de químicos con orina están en el orden de 20 a 30 mil litros/ha, lo cual es factible y viable si se cuenta con un sistema de recolecta, transporte, almacenamiento en campo y aplicación

adecuados.

El nitrógeno perdido en forma de amonio al momento de aplicar fue en todos los casos menor a 10% del total aplicado, y usualmente menor.

Existe un olor notable cuando la orina está siendo aplicada, pero esto desaparece en 24 horas. A corta distancia del campo el olor no es un problema. Si la orina se cubre con tierra inmediatamente después de aplicarla, el olor desaparece en 30 minutos o menos.

La presencia de estos nutrientes en la orina humana, le dan a ésta propiedades de fertilizante una vez que haya pasado por un adecuado tratamiento. Estos elementos son accesibles para las plantas, lo que significa que pueden ser absorbidos fácilmente. Por ello su efecto es similar al de fertilizantes químicos.

La ventaja del aprovechamiento de orina humana se da en la recuperación de los recursos presentes en ella. Estos nutrientes, generalmente no se utilizan y se pierden aumentando la carga de nitratos y fosfatos en las aguas residuales.

Esto se refuerza con los lineamientos aprobados por los suecos para tratamiento de orina a gran escala, que indican, se debe dar un tiempo de almacenamiento a la orina de por lo menos seis meses cuando es recolectada a una temperatura de 20° C y es aplicada en todo tipos de cultivos.¹¹

Si bien los valores de la composición química de la orina analizada en el bioensayo corresponden con los de la literatura, y por lo tanto, pueden ser

¹¹ (Schönning, 2003)

aprovechados por las plantas, la presencia de patógenos es un asunto de salud pública, si se pretende utilizar la orina con fines agrícolas.

En resumen, se puede mencionar que la eliminación de microorganismos en la orina depende de la temperatura y un elevado pH, por lo que debe ser almacenada antes de ser aplicada.

Para el uso de orina como abono, se recomienda utilizar la cantidad de nitrógeno usada en los fertilizantes basados en urea, en caso de no conocer el tamaño de esta, se puede utilizar, como regla general, 1.5 litros de orina por metro cuadrado, que corresponde aproximadamente a 40-80 kg de nitrógeno por hectárea.¹² La dosis máxima antes de que exista riesgo tóxico es de 5 veces esa dosis.

Indispensable es el análisis del suelo para programar una fertilización de acuerdo a las características del suelo y los requerimientos de la planta.

La falta de nutrientes podría estar relacionado con la falta de un preabonado, esto también podría explicar las leves concentraciones de fósforo demostradas en el análisis foliar. Es importante tomar en cuenta la necesidad de nutrientes en las plantas, sobre todo de nitrógeno sin incurrir en una sobre dosificación.

Se debe evitar el contacto de la orina almacenada con el aire para evitar la pérdida de nitrógeno y los malos olores.

Cuando existe presencia de mal olor en la orina, normalmente se asocia a la presencia de patógenos, sin embargo el olor presente en las muestras de

¹² (al V. e., 2003)

orina fue una señal de que esta contiene nutrientes.

Tiempo de almacenamiento recomendado por los lineamientos suecos para la desactivación de patógenos basado en el contenido de patógenos en la mezcla de orina y en los cultivos recomendados para sistemas más grandes. Se da por hecho que la mezcla de orina tiene un pH de por lo menos 8.8 y una concentración de nitrógeno de al menos 1 g/L.

Respecto a los resultados de los nutrientes primarios como el nitrógeno, se puede apreciar ligeramente una correlación de degradación de éste, aunque el nitrógeno total pudiera incrementarse como amoníaco disuelto (NH_3), debido a que la DBO_5 puede ser considerada como un proceso de oxidación de la materia carbonosa, transformándola en dióxido de carbono, agua y amoníaco. Con un pH mayor a 7, en este caso se mantuvo en casi todas las mediciones a 9, existió una descomposición de la urea a lo largo del tiempo produciendo nitrógeno amoniacal debido a la hidrólisis enzimática.

La interpretación de la relación DBO_5/DQO se da de la siguiente forma mayor a 0.4 es accesible a un tratamiento biológico, 0.2 - 0.4 inaccesible a tratamiento biológico y menor a 0.2 no es tratable y por lo tanto, es un ambiente tóxico. De acuerdo con los valores de índice de biodegradabilidad presentados las muestras de orina fresca, a las seis semanas y a las veinticuatro semanas serán de fácil tratamiento biológico.

Figura 31. **Tiempo de almacenamiento recomendado**

Temperatura de almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Patógenos que se pueden encontrar en la mezcla de orina	Cultivos recomendados
4°C	>= 1 mes	Virus, protozoarios	Cultivo de alimentos y forrajes que deben ser procesados ^{c)}
4°C	>= 6 meses	Virus	Cultivo de alimentos y forrajes que deben ser procesados ^{c)}
20°C	>= 1 mes	Virus	Cultivo de alimentos y forrajes que deben ser procesados ^{c)}
20°C	>= 6 meses	Probablemente ninguno	Todos los cultivos ^{d)}

a) no se incluyen bacterias gram-positivas ni bacterias que forman esporas

b) En este caso, un sistema a mayor escala es un sistema en el que la mezcla de orina es usada para fertilizar los cultivos que serán consumidos por personas que no pertenecen al hogar en el que se recolectó la orina.

c) No en caso de praderas para la producción de forraje, ni para el uso de paja.

d) Para el cultivo de alimentos que se consumen crudos se recomienda que la orina se aplique un mes antes de la cosecha y que se integre al suelo si las partes comestibles crecen sobre el nivel del suelo.

Fuente: Jönsson, 2000.

Es importante destacar que el resultado obtenido indica que solo la orina no es suficiente para un adecuado control nutricional de las plantas, ya que según los resultados se cree que el abono orgánico es el que hace la diferencia debido a que cuenta con fuentes de materia orgánica y otros nutrientes, por lo que las aplicaciones de orina deberían formar parte de un programa de manejo orgánico de los cultivos, el cual debe incluir el uso de abonos orgánicos.

Se recomienda repetir el tratamiento con menor densidad de plantas por tratamiento. También sería interesante realizar el ensayo durante todo el ciclo del maíz esto para ver los efectos de los tratamientos en la producción de plantas de maíz.

Mejores beneficios si se aplica antes de la siembra o antes de que transcurran 2/3 ó 3/4 partes del tiempo entre la siembra y la cosecha.

Usar las recomendaciones de la dosis de nitrógeno usadas por los fertilizantes basados en urea que se basan en la eficiencia de obtención de grano (ton/ha). A más toneladas de grano esperadas mayor será la necesidad de nitrógeno y nutrientes de la planta.

No rociar al aire ya que se pierde parcialmente el nitrógeno de la orina.

La pérdida de nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH_3) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial y la dosis y localización del fertilizante.

El cambio del pH está relacionado también con los cambios de las formas químicas del nitrógeno. Cuando la orina está ácida, están presentes ácidos úricos ($\text{NH}_3\text{-NH}_3\text{-COOH}$) que luego se dividen, por acción de bacterias amonificantes, a formas amoniacales (NH_4) y éstas, por acción de bacterias nitrificantes pasan a Nitratos y Nitritos (NO_3 y NO_2). Estas reacciones suceden a dos vías debido a que ambos tipos de bacterias pueden subsistir. En estos cambios químicos se liberan radicales -OH , los cuales provocan que el pH se torne alcalino.

Los valores de nitrógeno, fósforo y potasio analizados en las diferentes muestras que se enviaron al laboratorio han alcanzado concentraciones de nitrógeno entre 1.27 a 3.79 g/L, el fósforo entre 0.09 a 0.78 g/L y el potasio entre 0.43 a 0.74 g/L, estos valores se encuentran un poco por debajo de los valores reportados en las bibliografías que son de 3 a 7 g/L de nitrógeno y de 4 a

9 g/L de fósforo. Esto debido a la manipulación de las muestras.

Al aplicar la orina, se debe evitar rociar las hojas, ya que se pueden quemar por la alta concentración de sales si se deja secar el producto sobre las hojas.

No se debe empapar completamente la raíz con orina sin diluir, porque puede ser tóxica e incluso letal, específicamente para las plantas pequeñas. Se debe diluir o aplicar en un radio a distancia suficiente para que los nutrientes queden al alcance de la planta.

Los intervalos de aplicación dependen y deben ser establecidos, según los requerimientos nutricionales de cada planta, tipo de suelo y estados específicos del cultivo.

Para la aplicación en alimentos que se consuman crudos se debe garantizar la calidad higiénica del producto, por tanto, se debe cumplir estrictamente un tiempo mínimo de almacenamiento, asimismo debe de trascuir un mes entre la fertilización y la cosecha. La aplicación debe realizarse directamente a la tierra.

A temperaturas menores a 25° C es necesario un período mayor a las seis semanas para el almacenamiento. Se recomienda un lapso de seis semanas para orina almacenada a los 25° C y seis meses para temperaturas menores a los 20° C. A mayor temperatura menor tiempo, con esto se estará garantizando que ésta este libre de patógenos

Realizar análisis de laboratorio completos para descartar presencia de cualquier tipo de contaminante, y con ello garantizar una orina lista para utilizarse

como fertilizante.

Utilizar diluciones bajas de orina, al utilizar diluciones altas se incrementa el volumen a ser aplicado, por lo tanto, aumenta los costos, mano de obra, gastos de transporte. Este tipo de práctica cuenta con algunas ventajas como reducción de olores, cantidad de orina menor, menor riesgo de aplicación excesiva, el riesgo por contacto directo se reduce.

La orina puede ser aplicada pura o diluida con agua y se sugerirá la proporción adecuada de la dilución (o no dilución, respectivamente), dependiendo de las condiciones locales. No hay una recomendación estándar para la dilución o no dilución y las recomendaciones existentes varían ampliamente dependiendo de las condiciones locales. La dilución incrementa el volumen a ser aplicado y por lo tanto, aumenta la mano de obra, los gastos de transporte, el equipo necesario, etc., particularmente en los sistemas a gran escala.

Las ventajas de la dilución son: una reducción notable del olor y un menor riesgo de aplicación excesiva, a fin de no volverse tóxico para las plantas. Los pros y contras deben ser sopesados adecuadamente. Los niveles de dilución pueden variar, la orina debe ser aplicada siempre en la tasa correspondiente a la tasa de aplicación deseada de nitrógeno, mientras que el agua adicional debe ser aplicada de acuerdo a las necesidades de riego de las plantas.

La cantidad total de orina a ser aplicada depende también de la necesidad de nitrógeno de la planta. El tamaño de las raíces varía mucho entre los diferentes cultivos y las plantas, pueden beneficiarse de la aplicación repetida de orina.

El ecosaneamiento ecológico reconoce la orina humana como un recurso que puede ser recuperado, tratado y utilizado de manera segura.

Lo importante es tomar en cuenta el tipo de cultivo al que se le aplicará la orina. Si se trata de un cultivo de alimentos que serán procesados es suficiente con dejar la orina un mes en reposo, si se quiere aplicarla a cultivos de alimentos que se consumen frescos, entonces es aconsejable prolongar el almacenamiento incluso hasta seis meses.

El tratamiento le brinda a la orina características de un producto fertilizante libre de contaminantes, es decir, sin riesgos sanitarios para su uso.

Cuando se apliquen restricciones de riego con agua potable, debido a su escasez, puede evaluarse esta alternativa como agua de irrigación en la agricultura.

El bioensayo finalizó antes de que terminara el ciclo del maíz, y este tiene una absorción de nutrientes mayor al finalizar su ciclo, la programación de las fertilizaciones fueron hechas de acuerdo a las necesidades de las plantas.

En el abono orgánico la suma de los elementos N, K, Ca, Mg y S deben alcanzar un mínimo de 10%, en este caso la suma es de más o menos 5%, lo cual es relativamente bajo, el nitrógeno se encuentra en un ámbito por debajo de del 2%, pero el contenido de materia orgánica es alto, esto complementará a los tratamientos en los que se utilizó orina y este abono orgánico, esta complementación influyó en el estado nutricional de la planta.

Los valores del análisis foliar para los tratamientos en los cuales se utilizó orina presentan valores por encima de los valores mínimos críticos de nutrientes

nitrógeno, fósforo y potasio que necesita cada planta, también muestran un pequeño incremento en la absorción de nutrientes con respecto al testigo.

En la realización de este ensayo, se comprobó que la regla general de aplicar 1.5 L por metro cuadrado de cultivo, cumplió con el requerimiento de macronutrientes de la planta, según los resultados de laboratorio en las 24 semanas, la regla general en todo momento presentó valores de macronutrientes iguales o un poco mayor al requerimiento de la planta, para una eficiencia de una tonelada de granos por hectaria.

Los datos analizados en el bioensayo presentan un efecto bajo de la orina concentrada como fertilizante sobre el cultivo de maíz, en combinación con el abono orgánico, se obtuvieron los mejores resultados, al parecer existe una complementación de ambos abonos.

Al hacer la desviación y aprovechamiento de la orina humana, se da una disminución de carga de nitratos y fosfatos en las aguas residuales.

La orina representa el 1% total de la composición de las aguas residuales, por lo que la separación estaría relacionada más con el tema de aprovechar los nutrientes presentes en ella y no con el tema de disminución de cargas contaminantes presentes en las aguas residuales, la separación no sería factor por el bajo porcentaje que representa la orina en las aguas residuales, claro que si existe disminución de carga contaminante pero en un bajo porcentaje.

La absorción de nitrógeno, fósforo y potasio, representa datos ligeramente arriba de los valores mínimos críticos de nutrientes, debido a que para la aplicación de los diferentes tratamientos se colocó la cantidad exacta, según los cálculos realizados para ese momento, no se consideró que en el momento de la

aplicación se dio pérdida por amoniaco provocando esto que la cantidad de nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio fuera un poco menor a la sugerida, luego de la aplicación se realizó un riego, perdiendo por labado otro poco de nutrientes.

Los valores de nitrógeno obtenidos en los analisis de laboratorio para diferentes tiempos presentan unas pequeñas variaciones en cuanto a los valores teoricos, estas variaciones se dieron por la manipulación en el momento de tomar la muestra para el laboratorio, ya que se tenía que destapar el recipiente para colocar la muestra en otro contenedor y en ese punto se cree que hubo pérdidas del gas amoniaco.

El fósforo y el potasio permanecieron constantes y con una leve disminución, por lo que ambos nutrientes pudieran ser un factor limitante en términos de control del crecimiento de algas; aunque si se comparan los resultados del nitrógeno y del fósforo, no se ve una competencia de las bacterias acumuladoras de fosfatos y ni de desnitrificantes.

Según análisis de laboratorio de la semana ocho hasta la veinte se presentó una bacteria *Citrobacter Freudii*, en concentraciones significativas, en el análisis de laboratorio de la semana veinticuatro ya la presencia de esta bacteria fue escasa, por lo que se demuestra que a mayor tiempo de tratamiento de la orina si es capaz de eliminar cualquier patógeno.

En el momento de realizar la aplicación de la orina se debe usar equipo de protección para evitar el contacto directo.

Es necesario desarrollar más evidencias que apoyen la modificación de las creencias acerca de la orina para eliminar prejuicios en relación a su

utilización.

Será necesario realizar trabajo de sensibilización, socialización y capacitación con familias, promotores/as locales, personal municipal, técnicos y operarios locales para la implementación de estos sistemas de ecosaneamiento y la utilización de desechos humanos como fertilizante.

Realizar más trabajo de investigación para demostrar el valor económico y ambiental del ecosaneamiento desde la perspectiva de ahorro de agua, reducción del daño ambiental y valor de la recuperación de nutrientes.

Al hablar del ecosaneamiento debemos tener presente que estos sistemas tienen como principal objetivo evitar la contaminación del agua y el suelo, aprovechar los nutrientes (incluyendo materiales reciclables y desechos orgánicos), seguridad alimentaria, disminuir el consumo de agua para saneamiento.

Dada la presente crisis ambiental a nivel global, el daño a los ecosistemas acuáticos, la contaminación, escasez de alimentos, los costos elevados de fertilizantes industriales y la decreciente fertilidad del suelo, es esencial que los nutrientes presentes en los residuos domésticos se reincorporen al suelo.

5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y APLICACIÓN DE ORINA

Debido a su alto contenido de nitrógeno, la orina debe ser aplicada a una tasa correspondiente a las necesidades de nitrógeno de las plantas. Un punto de partida para estimar la tasa de aplicación de la orina son las recomendaciones locales para el uso de los fertilizantes minerales de nitrógeno disponibles en el mercado (urea o fertilizantes de amonio).

La orina es una fuente valiosa de nutrientes (particularmente de Nitrógeno), pero debido a su alto contenido de Nitrógeno en comparación con el bajo contenido de materia orgánica es a menudo recomendable complementar la aplicación de orina con otros nutrientes y fuentes de materia orgánica. La fuente más evidente que puede ser recomendada sería, por supuesto, las heces separadas en el origen debido a su alto contenido de materia orgánica y altas concentraciones de fósforo y potasio dado el caso de que sean aceptadas por los usuarios y los riesgos asociados para la salud sean manejados adecuadamente.

Otra fuente de materia orgánica puede ser humus o compost que pueden ser aplicados antes del tiempo de siembra. Si la demanda de fósforo y potasio de las plantas no puede ser cubierta con la orina solamente otros fertilizantes minerales ricos en fósforo y potasio pueden ser una buena solución complementaria.

El objetivo es presentar diferentes formas para utilizar la orina como un fertilizante líquido en cultivos o plantas ornamentales.

5.1. Técnicas de recolección

Cada persona emite por día una cantidad aproximada de orina de 1,5 L, como fertilizante se necesita primero recolectar una cierta cantidad, y después someterla a un tratamiento antes de poder utilizarla como fertilizante.

Existen diferentes formas y dispositivos para la recolección de orina humana, lo importante es separarla de las heces, desde un principio, para evitar su contaminación con materia fecal.

Entre los dispositivos mas sofisticados se encuentran los servicios sanitarios que poseen un separador de orina. De esta forma, el líquido es conducido directamente a un recipiente o tanque donde puede ser almacenada.

Figura 32. **Dispositivos para la recolección de orina**



Fuente: Manual para la recolección, tratamiento y aplicación de orina humana como abono en plantas ornamentales o cultivos. Dra. Xenia villavicencio.

Figura 33. **Dispositivo de recolección utilizado**



Fuente: elaboración propia, 2017.

Existen además orinales, la ventaja de ellos es que pueden ser instalados en cualquier lugar. Estos pueden encontrarse en el servicio sanitario, pero los hay también externos.

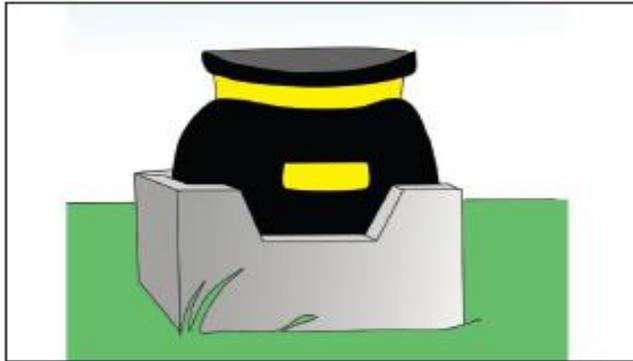
Los primeros funcionan de la misma forma que el servicio sanitario con separador de orina, es decir, un tubo conductor dirige la orina hacia el exterior de la vivienda donde se la acumula en garrafas o directamente en un tanque.

Los externos pueden ser más sencillos, en primer lugar se necesitan paredes para obtener privacidad, luego el orinal se conecta mediante una manguera a un recipiente. Para evitar los malos olores se puede utilizar un globo plástico o un sifón en la manguera.

En la a forma más sencilla y más económica es acumularla en forma directa en un recipiente con tapa hermética con la ayuda de un embudo. Los recipientes más adecuados para coleccionar la orina son envases plásticos herméticos que eviten la pérdida del nitrógeno, estos pueden ser tanques plásticos con una capacidad de hasta 250 L.

Una vez completada la recolección de la orina en los bidones o tanques, se procede a rotular con la fecha para controlar el tiempo de almacenamiento que se da en el tratamiento.

Figura 34. **Tanques para almacenamiento y recolección de orina**



Fuente: Manual para la recolección, tratamiento y aplicación de orina humana como abono en plantas ornamentales o cultivos. Dra. Xenia villavicencio.

5.2. Técnicas de tratamiento

El tratamiento le brinda a la orina características de un producto fertilizante libre de contaminantes, es decir, sin riesgos sanitarios para su uso y mantiene sus propiedades químicas en relación a las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio. El tratamiento consiste en almacenar o dejar la orina en reposo en recipientes cerrados herméticamente para que no se pierdan los nutrientes, sobre todo el nitrógeno que volatiliza muy fácilmente. El almacenamiento se puede realizar en los mismos envases donde se colectó la orina.

El almacenamiento o reposo ayuda a eliminar la presencia de posibles patógenos en la orina. En general, se puede decir que a mayor tiempo de reposo hay menor sobrevivencia de patógenos.

Existen lineamientos, como por ejemplo, el elaborado por algunas instituciones suecas para el tiempo de almacenamiento de la orina a gran escala, que indican que se debe almacenar la orina por lo menos seis meses cuando es recolectada a una temperatura igual o menor a 20° C. En otras experiencias, en

orina libre de patógenos.

No se debe olvidar, dejar la orina en reposo en recipientes herméticos y a la sombra. El tiempo de almacenamiento dependerá entonces de la temperatura ambiente del lugar, es decir, cuanto más caliente el lugar menor tiempo se necesita para el reposo.

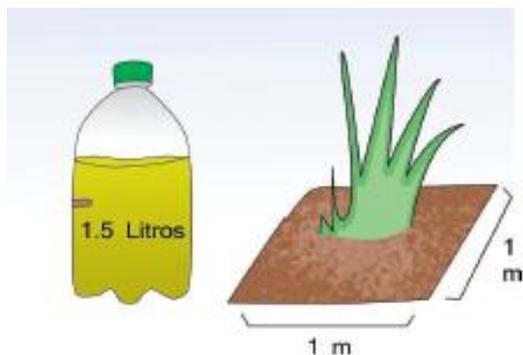
Cómo transportar la orina

La forma más sencilla de transportarla es en los mismos recipientes donde fue almacenada con la ayuda de un vehículo que se tenga a disposición, puede ser una camioneta, carreta, carretillo, etc. Si la demanda del fertilizante, es decir abono de orina, es muy grande se pueden emplear camiones cisterna.

5.3. Técnicas de aplicación

Existe la regla general de aplicar 1.5 L por metro cuadrado de cultivo. La dosis máxima antes de un riesgo de intoxicación es 5 veces más esta dosis, es decir, si se aplicará una cantidad de 7.5 L por metro cuadrado pone en riesgo de sobre dosificar con nitrógeno e intoxicar el cultivo.

Figura 35. Regla general de aplicación de orina



Fuente: Manual para la recolección, tratamiento y aplicación de orina humana como abono en plantas ornamentales o cultivos. Dra. Xenia villavicencio.

Otra forma de calcular la medida de orina que se puede aplicar, es tomar en cuenta las recomendaciones para la cantidad de fertilizantes químicos con base a la urea que existen para una región y para un tipo de cultivo. Por medio de esas recomendaciones se puede realizar un cálculo de la cantidad de nitrógeno que se necesita y así establecer la dosis o cantidad de orina, tomando en cuenta que ésta tiene una concentración aproximada de 3g/L.

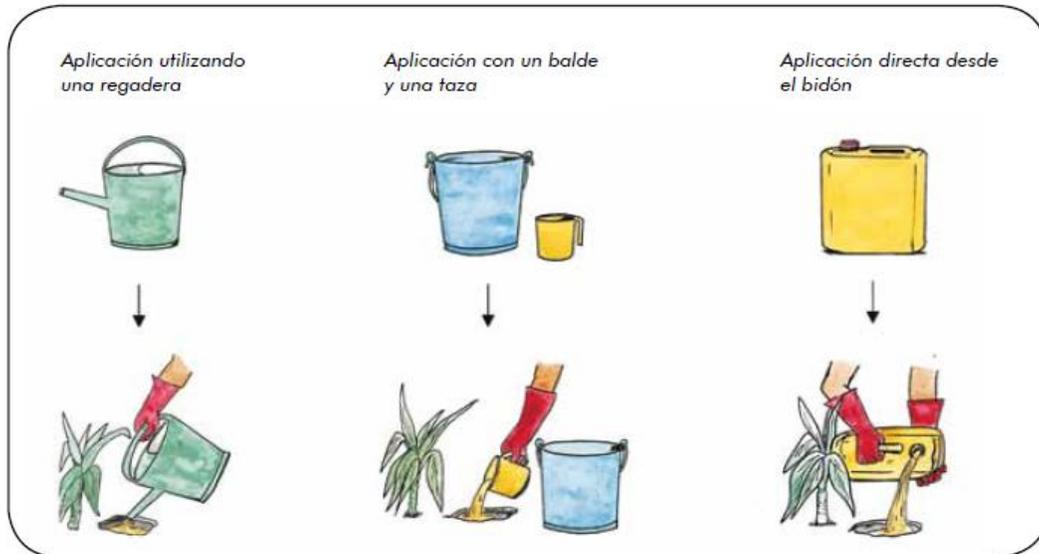
La orina sin diluir es mejor en la época lluviosa. Sin embargo, otra alternativa es la de diluir la orina para la aplicación, ésta se puede hacer diluyendo una cantidad de orina en la misma cantidad de agua, por ejemplo 1 litro de orina en 1 litro de agua o incluso una parte de orina en tres partes de agua. Esta última mezcla puede ser aplicada con más frecuencia, ya que la concentración del nitrógeno será menor.

Se debe dar recomendaciones detalladas de cómo se debe aplicar la orina. Para obtener un mejor efecto fertilizante y evitar pérdidas de amoníaco, la orina debe ser incorporada en el suelo tan pronto como sea posible luego de su aplicación, instantáneamente de ser posible. Una incorporación superficial es suficiente, y existen diferentes métodos.

5.4. Cómo debo aplicar la orina (técnicas de aplicación)

Se puede aplicar orina con una regadera, un balde o directamente desde el bidón. El metal se oxida fácilmente en contacto con la orina, y debe ser bien lavado después de su uso. Para facilitar la aplicación de la dosis recomendada utilice un recipiente de volumen conocido.

Figura 36. **Aplicación de orina con espaciamento entre plantas**



Fuente: EcoSanRes, Anna Richert, Robert Gensch, Haken Jönsson, Thor-Axel Stenström y limus Dagerskog.

Aplicación a los cultivos con espaciamento entre las plantas

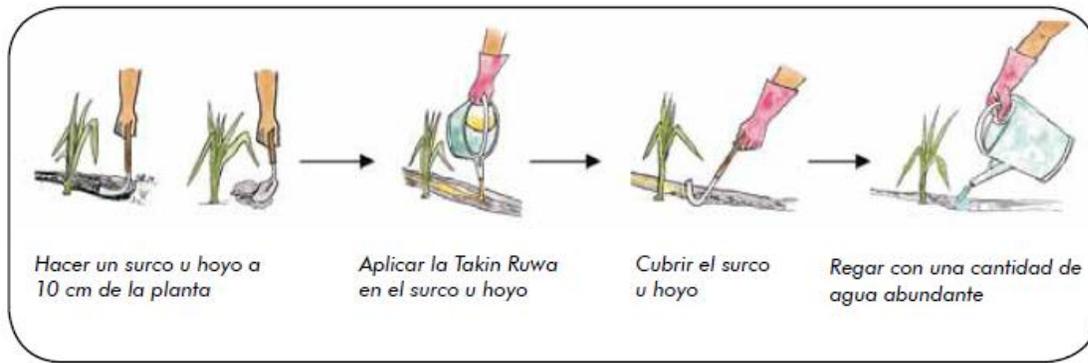
Para aplicar a las plantas individuales, hacer un surco junto o alrededor de la planta o simplemente un hoyo a unos 10 cm de la planta.

Aplicar la orina, y cubrir el surco u hoyo. La aplicación será seguida por el riego para evitar efectos tóxicos (opción 1). La alternativa es aplicar la orina después de una buena lluvia (opción 2).

Figura 37. Técnicas de aplicación de orina

Opción 1: Aplicación

seguido de un riego abundante



Opción 2: Aplicar

después de una buena lluvia

Para cultivos durante la temporada de lluvias (mijo, sorgo, etc.) las aplicaciones pueden ser realizadas después de una buena lluvia de por lo menos 15 mm de precipitación.

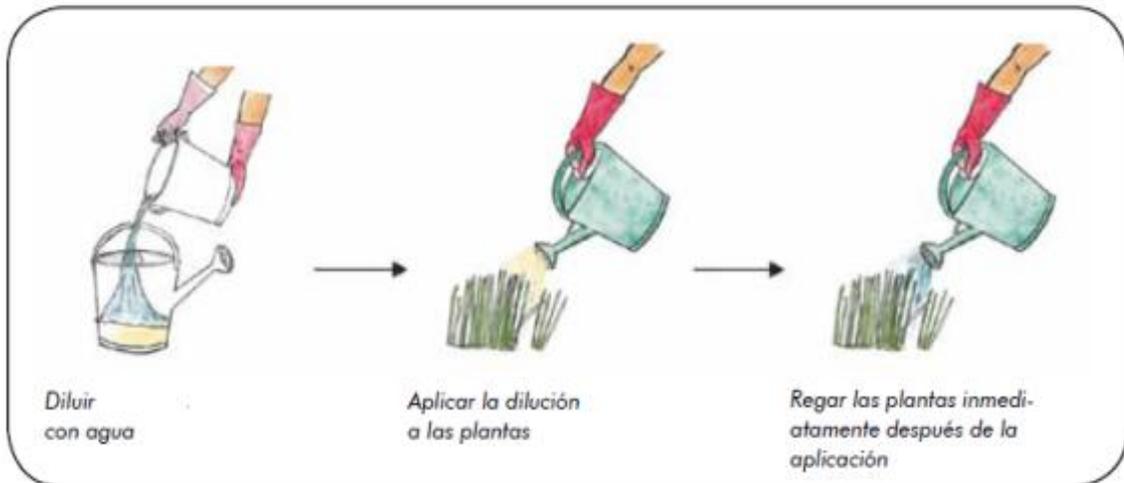


Fuente: EcoSanRes, Anna Richert, Robert Gensch, Haken Jönsson, Thor-Axel Stenström y limus Dagerskog.

Aplicación a los cultivos plantados densamente

Si es posible hacer surcos en forma cuadrática con una azada, y aplicar la orina antes de tapar los surcos. Si los cultivos son muy densos, diluir la orina por lo menos 200% (como mínimo dos volúmenes de agua por cada volumen de orina), y aplicar de manera uniforme inmediatamente, seguido por el riego abundante de las hojas (véase los dibujos).

Figura 38. **Aplicación de orina a cultivos densos**



Fuente: EcoSanRes, Anna Richert, Robert Gensch, Haken Jönsson, Thor-Axel Stenström y limus Dagerskog.

Árboles frutales

Para los árboles frutales hacer un surco de 5 a 10 cm de profundidad alrededor del árbol a partir de la distancia de la línea de sombra o goteo del árbol. El ancho del surco puede ser la mitad del ancho de copa, medido desde el borde hacia el centro. La aplicación de orina debe ser combinada con la aplicación de compost o estiércol para dotar de suficientes oligoelementos.

Figura 39. **Aplicación de orina en árboles frutales**



Fuente: EcoSanRes, Anna Richert, Robert Gensch, Haken Jönsson, Thor-Axel Stenström y limus Dagerskog.

¿En qué tipo de plantas puedo aplicar orina?

El fertilizante a base de orina humana se puede aplicar en cualquier tipo de cultivo, ya sean alimentos, forraje u plantas ornamentales. La orina humana puede ser también aplicada como fertilizante en jardines y en macetas.

Naturalmente un cultivo de extensión necesita de una gran cantidad de orina y sistemas más sofisticados de almacenamiento, transporte y aplicación. Este método es más fácil de emplear en plantaciones de pequeñas superficies.

La orina también se puede aplicar en el compost o abono orgánico, esto hace que el proceso de descomposición de la materia orgánica sea más rápido. Para ello se debe diluir 1 parte de orina en 20 partes de agua.

CONCLUSIONES

1. Se acepta la hipótesis, ya que sí se puede utilizar la orina humana como fertilizante, debido a que luego de seis semanas de tratamiento (reposo) se comprobó por medio de análisis de laboratorio que está esta libre de patógenos, y que es una fuente de nutrientes de nitrógeno con una cantidad entre 1.27 a 3.79 g/L, fósforo 0.09 a 0.78 g/L y potasio 0.43 a 0.74 g/L, que pueden ser aprovechados por las plantas de maíz.
2. Por medio de la realización del bionsayo, se demostró que la orina humana luego de seis semanas de reposo como mínimo tiene presencia escasa de bacterias (*Citrobacter freundii*) menos de 10,000 UFC/mL, y es una fuente de nutrientes de nitrógeno con una cantidad entre 1.27 a 3.79 g/L, fósforo 0.09 a 0.78 g/L y potasio 0.43 a 0.74 g/L, que si son aprovechados por las plantas de maíz, y con el aprovechamiento de la orina se estaría reduciendo el daño al medio ambiente, reduciendo el gasto por fertilizantes.
3. Los resultados de los análisis de laboratorio hechos a la orina indican concentraciones de nitrógeno con una cantidad entre 1.27 a 3.79 g/L, fósforo 0.09 a 0.78 g/L y potasio 0.43 a 0.74 g/L. En la orina fresca se obtuvieron para la demanda química de oxígeno (DQO) 4,081 mg/L, y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) un valor de 1,800 mg/L, pH de 7, Para la orina a seis semanas de reposo se obtuvieron para la demanda química de oxígeno (DQO) 5,300 mg/L, y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) un valor de 900 mg/L, pH de 9. Para la orina a veinticuatro semanas de reposo se tiene presencia escasa de bacterias

(citrobacter freundii) menos de 10,000 UFC/mL. Los valores de DBO₅ 2,400 mg/L y DQO 4,455 mg/L., pH de 9.

4. Los datos obtenidos en el bioensayo para la altura de las plantas de maiz, su largo de raiz y el % de absorción de nutrientes fueron testigo 67 cms de altura, 30 cms largo de su raiz, 3.26% de nitrógeno, 0.26% de fósforo, 2.28% de potasio, tratamiento químico 125 cms de altura, 45 cms largo de su raiz, tratamiento orgánico 90 cms de altura de planta, 40 cms largo de su raiz, fluido líquido orgánico FLO 90 cms altura de la planta, 35 cms largo de su raiz, 3.52% nitrógeno, 0.28% fósforo, 2.31% potasio, FLO Dsln 1:10 90 cms altura de la planta, 45 cms largo de su raiz, 3.20% nitrógeno, 0.29% fósforo, 2.00% potasio, FLO + ORG 100 cms altura de la planta, 48 cms largo de su raiz, 3.32% nitrógeno, 0.332% fósforo, 2.38% potasio, FLO Dsln 1:10 + org 97 cms altura de la planta, 47 cms largo de su raiz, 3.60% nitrógeno, 0.25% fósforo, 2.30% potasio.

Estos resultados avalan un efecto claro de la orina como fertilizante sobre el cultivo de maíz, con un mejor resultado en combinación con el abono orgánico, ya que este contiene fuentes de materia orgánica y otros nutrientes, la orina tiene bajo contenido de materia orgánica y es allí donde al parecer existe una complementación de ambos abonos produciendo rendimientos aceptables por encima del testigo.

5. Los valores en la orina fresca fueron 1,800 mg/L de DBO₅, 4,081 mg/L de DQO, 379 mg/L de nitrógeno, 190 mg/L de fósforo y el impacto que generan en las aguas residuales fue 18.00 mg/L de DBO₅, el porcentaje de aporte a las aguas residuales es de 7.11 %, 40.81 mg/L de DQO, el porcentaje de aporte a las aguas residuales de DQO es 9.67%, 3.79 mg/L de nitrógeno, el porcentaje de aporte a las aguas residuales de nitrógeno

es de 9.35%, 1.90 mg/L de fósforo, el porcentaje de aporte a las aguas residuales de fósforo total es de 16.37%.

6. En la muestra de orina fresca orina, se obtuvo para la demanda química de oxígeno (DQO) 4,081 mg/L, y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) un valor de 1,800 mg/L, y a las veinticuatro semanas DBO₅ 2,400 mg/L y DQO 4,455 mg/L, para la orina fresca la relación DBO₅/DQO= 0.44 y para la orina a las veinticuatro semanas la relación DBO₅/DQO= 0.51, esto quiere decir que el residuo es “accesible a un tratamiento biológico”. Los valores obtenidos de DBO₅ y DQO representan el 1% de las cargas contaminantes en las aguas residuales, por lo que la contribución a la reducción de cargas contaminantes es muy baja.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un ensayo de este tipo, incluyendo la etapa de cosecha del fruto y que sea sometido a análisis microbiológicos y bacteriológicos, con el fin de comprobar que estos frutos están libres de una posible presencia de patógenos.
2. Es necesario seguir con ensayos de este tipo probando otras concentraciones de orina, además de modificar los intervalos de aplicación de los tratamientos sobre todo implementándolos durante la siembra.
3. El ecosaneamiento sería enfocado a la reutilización de nutrientes presentes en la orina y no a la disminución de carga contaminante de aguas residuales.
4. En el momento de implementar un sistema de ecosaneamiento utilizando orina humana, es necesario tomar en consideración que se estará utilizando este sistema en primer plano con el propósito de aprovechar los nutrientes presentes en la orina, y en segundo plano una contribución a la reducción de cargas contaminantes de las aguas residuales.
5. Implementar técnicas como el uso adecuado de orina tratada como producto fertilizante que permite reducir la contaminación del medio ambiente, además de reducir los costos de producción.

6. En la medida de lo posible prolongar el tiempo de tratamiento de la orina, ya que a mayor tiempo mayor seguridad de que sea una orina en óptimas condiciones (desinfectada) para su uso.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANNA RICHERT, ROBERT GENSCH, HAKAN JÖNSSON, THOR-HOR-AXEL STENSTRÖM Y LINUS DAGERSKONG, 2011. Guía práctica de uso de orina en la producción Agrícola. SEI. 54 p.
2. ARROYO, F. 2003. El saneamiento ecológico y la autosuficiencia alimentaria, cedicar. En taller de entrenamiento ecosan. El Salvador.
3. ARROYO, F. & BULNES, M. 2005. Hortaliza de Traspatio. Como Producir Alimentos Nutritivos y Seguros Reintegrando Nutrientes de la Orina a los Suelos. En instrumentos Educativos para el Saneamiento Ecológico. Proyecto TepozEco. México.
<http://www2.gtz.de/dokumente/oe44/ecosan/es-hortaliza-traspatio-nutrientes-orina-2005.pdf>.
4. ARROYO, F. & BULNES M., 2005. Lo que sabemos de la orina como fertilizante. Proyecto TepozEco de Saneamiento Ecológico Urbano/ Sarar Transformación, SC. México. <http://www.sarar-t.org/portal/index.php>.
5. AVENDAÑO M. V., 2004. Propuesta para la implementación de saneamiento ecológico en ciudad de La Habana. Instituto de Tecnología en los Trópicos, Universidad de Ciencias Aplicadas de Colonia, La Habana, Cuba. 105 pag.

6. BOLIVIA, 2011. Tres experiencias: saneamiento ecológico sostenible descentralizado en Bolivia y guía de sistematización. 148 p.
7. CASTILLO, L. (2002). Sanitario Ecológico Seco: Manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento. Guadalajara, México.
8. CAVALLINI, J ET. ALL 2002. Guia para la formulación de proyectos de sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales domesticas. Convenio IDRC-OPS/HEP/CEPIS Lima.
9. CENCA. 2000. Propuesta innovadora y sostenible de evacuación, tratamiento y reúso de residuos sólidos y líquidos domésticos programa APGER-SENREM. Lima Perú.
10. CHAVERRY, B., 2006. Informe plan para la recolección, tratamiento y aplicación de Orina Humana en diferentes cultivos. San José, Costa Rica. 9 pa g.
11. ELISABETH KVARNSTRÖM, KARIN EMILSSON, ANNA RICHERT STINTZING, MATS JOHANSSON, HÅKAN JÖNSSON, EBBA AF PETERSENS, CAROLINE SCHÖNNING, JONAS CHRISTENSEN, DANIEL HELLSTRÖM, LENNART QVARNSTRÖM, PETER RIDDERSTOLPE, JAN-OLOF DRANGERT, 2006. Desviación de orina: un paso hacia el saneamiento sustentable. SEI 66 p.
12. ESREY, A. Y ANDERSSON, I. (1999). Saneamiento Ambiental desde una Perspectiva de Ecosistema. En: Ecological Sanitation: Closing the Loop for Food Security. Ahuatepec, México.

13. ESREY, S., GOUGH, J. RAPPORT, D., SAWYER, R., SIMPSON-HEBERT, M., VARGAS, J. Y WINBLAD, U. 1998. Ecological Sanitation. Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Estocolmo, pp.1-92.
14. ESREY, S. ET ALL, (2001). Saneamiento ecológico, 2 edición. ASDI. MEXICO. <http://w.w.w.gwpforum.org/wfmain.nfs/publications>.
15. GIRALDO, E. (1998). Perspectivas del tratamiento anaerobio de las aguas residuales domesticas en Colombia. Conferencia Internacional Agua 1998. En: Memorias del Seminario Internacional en Saneamiento Básico y Sostenibilidad. Universidad del Valle, Instituto Cinara. Santiago de Cali, Colombia.
16. GNAC (2000). Manual técnico de organológicos y huertos intensivos, INIFAT. Editorial AGRINFOR. La Habana Cuba.
17. JOHANSSON, M. 2000. Urine separation-closing the nutrient cycle: final report on the R & D project Source Separated Human Urine- A future source of fertilizer for agriculture in the Stockholm region? Stockholm Water Company.
18. LEBLANC, H.; CERRATO, M; MIRANDA, VALLE, G. 2007. Determinación de la Calidad de Abonos Orgánicos a través de Bioensayos. En: Tropical (2007) 3 (1): 97-107. <http://usi.earth.ac.cr/tierratropical>.
19. PERALTA SALGADO IVIS NOHELIA. (2016). Composición típica de las aguas residuales domesticas crudas en Guatemala. Agua, saneamiento & ambiente, 11(1), 50-59.

20. PERUSAN, 2008. Conferencia Peruana de Saneamiento 2008.
21. PINSEM, W. & VINNERÅS, B., 2003. Composta con orina humana: un enfoque para fertilizante de plantas. 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico. Lübeck, pag. 481-490. <http://www2.gtz.de/ecosan/download/ecosan-symposium-Luebeck-sesion-f-esp.pdf>.
22. PULIDO, S. & JARAMILLO C. 2004. Recomendaciones Básicas para Cultivar Maíz en Sistemas de Rotación en la Altillanura Plana Colombiana. <http://www.turipana.org.co/RotacionMaiz.htm>.
23. ROMERO ROJAS, JAIRO ALBERTO. 1999. Tratamiento de aguas residuales por lagunas estabilización. Alfaomega, México D.F.
24. RON SAWYER, 2007. *Cerrando el ciclo para alcanzar los objetivos de desarrollo del milenio. sarar transformacion s.c. p.6-15.*
25. RUIZ R., E. SATORRE, G. MADDONI, J. CARCOVA Y M. OTEGUI. 2001. Umbrales de decisión para la fertilización nitrogenada en maíz. VII Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
26. SIDA (1999). Saneamiento Ecológico. Agencia sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo/Fundación Friedrich Ebert. Granada, México.
27. STEVEN A. ESREY†, INGVAR ANDERSSON, ASTRID HILLERS, RON SAWYER, MÉXICO 2001. *Serrando el ciclo saneamiento ecológico*

para la seguridad alimentaria. AGENCIA SUECA DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL 91 p.

28. UNO WINBLAD (EDIT.), STEVEN ESREY, JEAN GOUGH, DAVE RAPAPORT, RON SAWYER, MAYLING SIMPSON-HÉBERT, JORGE VARGAS. 1999. Saneamiento ecológico. FRIEDRICH EBERT STIFTUNG 90 p.
29. VILLAVICENCIO, X. 2009. Sistematización de la Experiencia en Captación, Tratamiento y Aplicación de Orina Humana, como Fertilizante en Plantas de Maíz. San José. www.acepesa.org.
30. VINNERÅS, B., JÖNSSON, H., SALOMÓN E., RICHERT STINTZING, A. 2003. Directrices provisionales para el uso de la orina y las heces en la agricultura. 2o Simposio internacional sobre saneamiento ecológico. Lübeck, pag. 108- 116. <http://www2.gtz.de/ecosan/download/ecosan-symposium-Luebeck-sesion-a-esp.pdf>.
31. VLADIMIR ARANA YSA, diciembre 2009. guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales no convencionales. avida 106 p.

ANEXOS

1. Análisis de laboratorio de la orina a diferentes tiempos
 2. Análisis de laboratorio del sustrato de suelo
 3. Resultado de laboratorio de análisis foliar de las plantas de maíz.
-

ANEXO 1

Análisis de laboratorio de la orina a diferentes tiempos.

Resultados de laboratorio para orina fresca

BIOLAB®

**LABORATORIO
DE ANALISIS
DE REFERENCIA**

30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa • PBX: 2442 3981
E-MAIL: biolab@intelnett.com

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES (MUESTRA DE TRABAJO DE TESIS) Edad : 99 años, 0 meses, 0 días Sexo : M
Referido por : Fecha : 15/11/2011 No. Muestra: 012 0022357

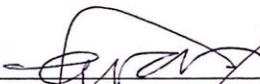
VALORES DE REFERENCIA

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

4,081 mg/L

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO)

1,800 mg/L


Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

LABORATORIO DE REFERENCIA
ANALISIS CLINICOS E INDUSTRIALES



30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa
PBX: 2442-3981
Avenida Petapa 28-98 Zona 12
Edificio "La Gran Vía"
Teléfono: 2442-2220 • Telefax: 2442-3929

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1



LABORATORIO
DE ANALISIS
DE REFERENCIA

30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa • PBX: 2442 3981
E-MAIL: biolab@intelnnett.com

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES (MUESTRA DE TRABAJO DE TESIS)	Edad :99 años,0 meses,0 días	Sexo:M
Referido por :	Fecha :15/11/2011	No. Muestra:012 0022357

VALORES DE REFERENCIA

UROCULTIVO

DEL CULTIVO SE AISLÓ

A. CITROBACTER AGGLOMERANS

B. ENTEROCOCCUS SP.

Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES (MUESTRA DE TRABAJO DE TESIS) Edad :99 años,0 meses,0 días Sexo:M
Referido por : Fecha :15/11/2011 No. Muestra:012 0022357

ANALISIS RESULTADO VALORES DE REFERENCIA

ORINA

<< EXAMEN MACROSCOPICO >>

COLOR	AMARILLO		
ASPECTO	LIG. TURBIO		
DENSIDAD	1.010	gr/ml	gr/ml
SEDIMENTO	ESCASO		

<< EXAMEN QUIMICO >>

GLUCOSA	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
PROTEINAS	NEGATIVO	mg/d.	mg/dl
CETONAS	NEGATIVO		
UROBILINOGENO	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
BILIRRUBINA	NEGATIVO		
NITRITOS	NEGATIVO		
SANGRE	NEGATIVO		
PH	7.0		

<< EXAMEN MICROSCOPICO >>

EPITELIO	NEGATIVO
BACTERIAS	MUY ABUNDANTES
LEUCOCITOS	0 /CAMPO
ERITROCITOS	0 /CAMPO
CRISTALES	NEGATIVO
CILINDROS	NEGATIVO
MOCO	NEGATIVO
LEVADURAS	NEGATIVO



Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES (MUESTRA DE TRABAJO DE TESIS) Edad : 99 años, 0 meses, 0 días Sexo: M
Referido por : Fecha : 15/11/2011 No. Muestra: 012 0022357

ANALISIS RESULTADO VALORES DE REFERENCIA

ROTAVIRUS - ADENOVIRUS (HECES)

ROTAVIRUS NEGATIVO
ADENOVIRUS NEGATIVO

CRYPTOSPORIDIUM PARVUM (heces)

CRYPTOSPORIDIUM NEGATIVO
INVESTIGACION DE OOQUISTES NEGATIVO
METODO: Kinyoun Modificado

(METODOLOGIA: DETECCION DE COCCIDIOS INTESTINALES - KINYOUN MODIFICADO.)

NITROGENO DE UREA (ORINA)

NITROGENO DE UREA (ORINA) ----- gr/24 Horas 9 - 17 gr/24 Horas
<< DATOS >>
NITROGENO DE UREA 379.0 mg/dl mg/dl
VOLUMEN DE ORINA ----- ml/24 Horas ml/24 Horas

SODIO - CLORURO (ORINA)

SODIO --- mEq/24 Horas 80 - 290 mEq/24 Horas
--- 70.0 mEq/L mEq/L
CLORURO --- mEq/24 Horas 85 - 340 mEq/24 Horas
--- 31.0 mEq/L mEq/L
DATOS
VOLUMEN DE ORINA ml/24 Horas ml/24 Horas

POTASIO (ORINA)

POTASIO --- mEq/24 Horas 25 - 100 mEq/24 Horas
--- 19.0 mEq/L mEq/L
DATOS
VOLUMEN ORINA ml/24 Horas ml/24 Horas

FOSFORO (ORINA)

FOSFORO ----- mg/24 Horas 900 - 1300 mg/24 Horas
<< DATOS >>
FOSFORO (mg/dL) 19.0 mg/dl mg/dl
VOLUMEN ORINA ----- ml/24 Horas ml/24 Horas


Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1190

Resultados de laboratorio para orina a 6 semanas

LABORATORIO DE REFERENCIA
ANALISIS CLINICOS E INDUSTRIALES



30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa
PBX: 2442-3981
Avenida Petapa 28-98 Zona 12
Edificio "La Gran Vía"
Teléfono: 2442-2220 • Telefax: 2442-3929

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES (MUESTRA DE TRABAJO DE TESIS) Edad :99 años,0 meses,0 días Sexo M
Referido por : Fecha 27/12/2011 No. Muestra:015 0025232

ANALISIS	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA	
<u>NITROGENO DE UREA (ORINA)</u>			
NITROGENO DE UREA (ORINA)	----	gr/24 Horas	9 - 17 gr/24 Horas
<< DATOS >>			
NITROGENO DE UREA	299.0	mg/dl	mg/dl
VOLUMEN DE ORINA	----	ml/24 Horas	ml/24 Horas
<u>POTASIO (ORINA)</u>			
POTASIO	----	mEq/24 Horas	25 - 100 mEq/24 Horas
---	17.3	mEq/L	mEq/L
DATOS			
VOLUMEN ORINA	----	ml/24 Horas	ml/24 Horas
<u>FOSFORO (ORINA)</u>			
FOSFORO	----	mg/24 Horas	900 - 1300 mg/24 Horas
<< DATOS >>			
FOSFORO (mg/dL)	10.89	mg/dl	mg/dl
VOLUMEN ORINA	----	ml/24 Horas	ml/24 Horas
<u>UROCULTIVO</u>			
DEL CULTIVO SE AISLÓ			
A) CITROBACTER FREUNDII.			
B) CITROBACTER DIVERSUS.			
<u>DBO 5 Dias</u>			
900.00mg/L			
<u>DQO 5 dias</u>			
5,300.00mg/L			

Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

E-mail: biolab@intelnett.com

info@biolab.com.gt

www.biolab.com.gt

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES (MUESTRA DE TRABAJO DE TESIS)	Edad :99 años,0 meses,0 días	Sexo:M
Referido por :	Fecha :27/12/2011	No. Muestra:015 0025232

ANALISIS	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA
----------	-----------	-----------------------

ORINA

<< EXAMEN MACROSCOPICO >>

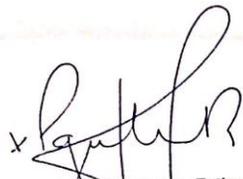
COLOR	AMARILLO		
ASPECTO	LIG. TURBIO		
DENSIDAD	1.000	gr/ml	gr/ml
SEDIMENTO	ESCASO		

<< EXAMEN QUIMICO >>

GLUCOSA	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
PROTEINAS	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
CETONAS	NEGATIVO		
UROBILINOGENO	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
BILIRRUBINA	NEGATIVO		
NITRITOS	NEGATIVO		
SANGRE	NEGATIVO		
PH	9.0		

<< EXAMEN MICROSCOPICO >>

EPITELIO	ESCASO
BACTERIAS	ESCASO
LEUCOCITOS	0-1 /CAMPO
ERITROCITOS	0 /CAMPO
CRISTALES	NEGATIVO
CILINDROS	NEGATIVO
MOCO	NEGATIVO
LEVADURAS	NEGATIVO


Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100



LABORATORIO
DE ANALISIS
DE REFERENCIA

30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa • PBX: 2442 3981
E-MAIL: biolab@intelnett.com

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES (MUESTRA DE TRABAJO DE TESIS) Edad :99 años,0 meses,0 días Sexo M
Referido por : Fecha 27/12/2011 No. Muestra:015 0025232

ANALISIS	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA
SODIO - CLORURO (ORINA)		
SODIO	-----	mEq/24 Horas 80 - 290 mEq/24 Horas
---	52.7	mEq/L mEq/L
CLORURO	-----	mEq/24 Horas 85 - 340 mEq/24 Horas
---	97.5	mEq/L mEq/L
DATOS		
VOLUMEN DE ORINA		ml/24 Horas ml/24 Horas


Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

Resultados de laboratorio para orina a 8 semanas

LABORATORIO DE REFERENCIA
ANALISIS CLINICOS E INDUSTRIALES



30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa
PBX: 2442-3981

Avenida Petapa 28-98 Zona 12
Edificio "La Gran Vía"
Teléfono: 2442-2220 • Telefax: 2442-3929

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES	Edad :99 años,0 meses,0 dias	Sexo:M
Referido por :	Fecha :10/01/2012	No. Muestra:003 0000563

ANALISIS	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA	
ORINA			
<< EXAMEN MACROSCOPICO >>			
COLOR	AMARILLO
ASPECTO	LIG. TURBIO		
DENSIDAD	1.005	gr/ml	gr/ml
SEDIMENTO	ESCASO		
<< EXAMEN QUIMICO >>			
GLUCOSA	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
PROTEINAS	30	mg/dl	mg/dl
CETONAS	NEGATIVO		
UROBILINOGENO	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
BILIRRUBINA	NEGATIVO		
NITRITOS	NEGATIVO		
SANGRE	NEGATIVO		
PH	9.0		
<< EXAMEN MICROSCOPICO >>			
EPITELIO	ESCASO		
BACTERIAS	ESCASO		
LEUCOCITOS	0 - 1 /CAMPO		
ERITROCITOS	0 /CAMPO		
CRISTALES	NEGATIVO		
CILINDROS	NEGATIVO		
MOCO	NEGATIVO		
LEVADURAS	NEGATIVO		

NITROGENO DE UREA (ORINA)

NITROGENO DE UREA (ORINA)	-----	gr/24 Horas	9 - 17 gr/24 Horas
<< DATOS >>	
NITROGENO DE UREA	286.0	mg/dl	mg/dl
VOLUMEN DE ORINA		ml/24 Horas	ml/24 Horas

POTASIO (ORINA)

POTASIO	-----	mEq/24 Horas	25 - 100 mEq/24 Horas
---	17.4	mEq/L	mEq/L
DATOS			
VOLUMEN ORINA		ml/24 Horas	ml/24 Horas

FOSFORO (ORINA)

FOSFORO	-----	mg/24 Horas	900 - 1300 mg/24 Horas
<< DATOS >>	
FOSFORO (mg/dL)	20.0	mg/dl	mg/dl
VOLUMEN ORINA		ml/24 Horas	ml/24 Horas


Leonel Penados Zetzi
Químico Biólogo
Colegiado 1100

E-mail: biolab@intelnett.com

info@biolab.com.gt

www.biolab.com.gt



**LABORATORIO
DE ANALISIS
DE REFERENCIA**

30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa • PBX: 2442 3981
E-MAIL: biolab@intelnett.com

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES	Edad 99 años,0 meses,0 días	Sexo M
Referido por :	Fecha 10/01/2012	No. Muestra 003 0000563

VALORES DE REFERENCIA

UROCULTIVO

DEL CULTIVO SE AISLÓ CITROBACTER FREUNDII



Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

Resultados de laboratorio para orina a 10 semanas

LABORATORIO DE REFERENCIA
ANALISIS CLINICOS E INDUSTRIALES



30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa
PBX: 2442-3981

Avenida Petapa 28-98 Zona 12
Edificio "La Gran Via"
Teléfono: 2442-2220 • Telefax: 2442-3929

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES	Edad :99 años,0 meses,0 días	Sexo M
Referido por :	Fecha 25/01/2012	No. Muestra 006 0001701

ANALISIS	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA	
----------	-----------	-----------------------	--

ORINA

<< EXAMEN MACROSCOPICO >>

COLOR	AMARILLO		
ASPECTO	LIG. TURBIO		
DENSIDAD	1.000	gr/ml	gr/ml
SEDIMENTO	ESCASO		

<< EXAMEN QUIMICO >>

GLUCOSA	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
PROTEINAS	30	mg/dl	mg/dl
CETONAS	NEGATIVO		
UROBILINOGENO	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
BILIRRUBINA	NEGATIVO		
NITRITOS	NEGATIVO		
SANGRE	NEGATIVO		
PH	9.0		

<< EXAMEN MICROSCOPICO >>

EPITELIO	ESCASO
BACTERIAS	ESCASO
LEUCOCITOS	1-2 /CAMPO
ERITROCITOS	0 /CAMPO
CRISTALES	NEGATIVO
CILINDROS	NEGATIVO
MOCO	ABUNDANTE
LEVADURAS	NEGATIVO

NITROGENO DE UREA (ORINA)

NITROGENO DE UREA (ORINA)	----	gr/24 Horas	9 - 17 gr/24 Horas
<< DATOS >>		-----	-----
NITROGENO DE UREA	127.0	mg/dl	mg/dl
VOLUMEN DE ORINA	----	ml/24 Horas	ml/24 Horas

POTASIO (ORINA)

POTASIO	15.0	mEq/24 Horas mEq/L	25 - 100 mEq/24 Horas mEq/L
DATOS			
VOLUMEN ORINA		ml/24 Horas	ml/24 Horas

FOSFORO (ORINA)

FOSFORO	----	mg/24 Horas	900 - 1300 mg/24 Horas
<< DATOS >>		-----	-----
FOSFORO (mg/dL)	62.2	mg/d	mg/dl
VOLUMEN ORINA		ml/24 Horas	ml/24 Horas

Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1400

E-mail: biolab@intelnnett.com

info@biolab.com.gt

www.biolab.com.gt

INFORME DE RESULTADOS

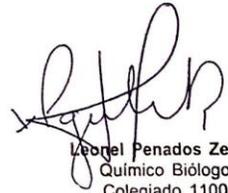
PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES	Edad :99 años,0 meses,0 días	Sexo:M
Referido por :	Fecha 25/01/2012	No. Muestra:006 0001701

VALORES DE REFERENCIA

UROCULTIVO

DEL CULTIVO SE AISLO CITROBACTER FREUNDII.



Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

Resultados de laboratorio para orina a 12 semanas



12 semanas

**LABORATORIO
DE ANALISIS
DE REFERENCIA**

30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa • PBX: 2442 3981
E-MAIL: biolab@intelnett.com

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES	Edad :99 años,0 meses,0 dias	Sexo:M
Referido por :	Fecha 08/02/2012	No. Muestra:012 0002895

VALORES DE REFERENCIA

UROCULTIVO

DEL CULTIVO SE AISLO CITROBACTER FREUNDII.

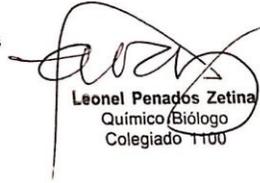

Leonel Peñados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : **RICARDO REYES** Edad : **99 años,0 meses,0 días** Sexo **M**
 Referido por : Fecha **08/02/2012** No. Muestra: **012 0002895**

ANALISIS	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA
NITROGENO DE UREA (ORINA)		
NITROGENO DE UREA (ORINA)	----	gr/24 Horas 9 - 17 gr/24 Horas
<< DATOS >>		*****
NITROGENO DE UREA	244.0	mg/dl mg/dl
VOLUMEN DE ORINA	----	ml/24 Horas ml/24 Horas
POTASIO (ORINA)		
POTASIO	-----	mEq/24 Horas 25 - 100 mEq/24 Horas
---	15.4	mEq/L mEq/L
DATOS		
VOLUMEN ORINA	----	ml/24 Horas ml/24 Horas
FOSFORO (ORINA)		
FOSFORO	----	mg/24 Horas 900 - 1300 mg/24 Horas
<< DATOS >>		*****
FOSFORO (mg/dL)	78.0	mg/dl mg/dl
VOLUMEN ORINA	----	ml/24 Horas ml/24 Horas


Leonel Penagos Zetina
 Químico/Biólogo
 Colegiado 1100

Resultados de laboratorio para orina a 16 semanas

BIOLAB® 16 Semanas

LABORATORIO DE ANALISIS DE REFERENCIA

30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa • PBX: 2442 3981
E-MAIL: biolab@intelnett.com

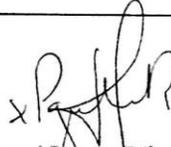
INFORME DE RESULTADOS PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES	Edad 39 años, 0 meses, 0 días	Sexo F
Referido por :	Fecha 06/03/2012	No. Muestra: 025 0005109

VALORES DE REFERENCIA

UROCULTIVO

Del cultivo se aislaron más de 100,000 UFC/mL de CITROBACTER FREUNDII


Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

Resultados de laboratorio para orina a 20 semanas

LABORATORIO DE REFERENCIA
ANALISIS CLINICOS E INDUSTRIALES



30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa
PBX: 2442-3981

Avenida Petapa 28-98 Zona 12
Edificio "La Gran Via"
Teléfono: 2442-2220 • Telefax: 2442-3929

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES	Edad :99 años,0 meses,0 días	Sexo:M
Referido por :	Fecha :10/04/2012	No. Muestra:002 0007609

ANALISIS	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA
ORINA		

<< EXAMEN MACROSCOPICO >>		
COLOR	AMARILLO	
ASPECTO	LIG. TURBIO	
DENSIDAD	1.000	gr/ml gr/ml
SEDIMENTO	ESCASO	
<< EXAMEN QUIMICO >>		
GLUCOSA	NEGATIVO	mg/dl mg/dl
PROTEINAS	30	mg/dl mg/dl
CETONAS	NEGATIVO	
UROBILINOGENO	NEGATIVO	mg/dl mg/dl
BILIRRUBINA	NEGATIVO	
NITRITOS	NEGATIVO	
SANGRE	NEGATIVO	
PH	9.0	
<< EXAMEN MICROSCOPICO >>		
EPITELIO	NEGATIVO	
BACTERIAS	ESCASO	
LEUCOCITOS	0 - 1 /CAMPO	
ERITROCITOS	0 /CAMPO	
CRISTALES	NEGATIVO	
CILINDROS	NEGATIVO	
MOCO	REG. CANTIDAD	
LEVADURAS	NEGATIVO	

Colonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100



**LABORATORIO
DE ANALISIS
DE REFERENCIA**

30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa • PBX: 2442 3981
E-MAIL: biolab@intelnett.com

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES	Edad :99 años,0 meses,0 dias	Sexo M
Referido por :	Fecha :10/04/2012	No. Muestra:002 0007609

ANALISIS	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA
NITROGENO DE UREA (ORINA)		
NITROGENO DE UREA (ORINA)	----	gr/24 Horas 9 - 17 gr/24 Horas
<< DATOS >>		*****
NITROGENO DE UREA	300.0	mg/dl mg/dl
VOLUMEN DE ORINA	----	ml/24 Horas ml/24 Horas
POTASIO (ORINA)		
POTASIO	----	mEq/24 Horas 25 - 100 mEq/24 Horas
---	13.7	mEq/L mEq/L
DATOS		
VOLUMEN ORINA	----	ml/24 Horas ml/24 Horas
FOSFORO (ORINA)		
FOSFORO	----	mg/24 Horas 900 - 1300 mg/24 Horas
<< DATOS >>		*****
FOSFORO (mg/dL)	14.0	mg/dl mg/dl
VOLUMEN ORINA	----	ml/24 Horas ml/24 Horas

Leonel Penados Zetir
Químico Biólogo
Colegiado 1100

UROCULTIVO
Del cultivo se aislaron más de 100,000 UFC/mL de CITROBACTER FREUNDII

Resultados de laboratorio para orina a 24 semanas

LABORATORIO DE REFERENCIA
ANALISIS CLINICOS E INDUSTRIALES



30 Calle 17-50 Zona 12, Colonia Santa Rosa
PBX: 2442-3981

Avenida Petapa 28-98 Zona 12
Edificio "La Gran Vía"
Teléfono: 2442-2220 • Telefax: 2442-3929

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES (TESIS) Edad : 99 años, 0 meses, 0 días Sexo M
Referido por : BIOLAB II Fecha : 03/05/2012 No. Muestra: 006 0009809

ANALISIS RESULTADO VALORES DE REFERENCIA

NITROGENO DE UREA (ORINA)

NITROGENO DE UREA (ORINA)	----	gr/24 Horas	9 - 17 gr/24 Horas
<< DATOS >>		*****	*****
NITROGENO DE UREA	33.3	mg/dl	mg/dl
VOLUMEN DE ORINA	----	ml/24 Horas	ml/24 Horas

POTASIO (ORINA)

POTASIO	----	mEq/24 Horas	25 - 100 mEq/24 Horas
---	11.1	mEq/L	mEq/L
DATOS			
VOLUMEN ORINA	----	ml/24 Horas	ml/24 Horas

FOSFORO (ORINA)

FOSFORO	----	mg/24 Horas	900 - 1300 mg/24 Horas
<< DATOS >>		*****	*****
FOSFORO (mg/dL)	9.0	mg/dl	mg/dl
VOLUMEN ORINA	----	ml/24 Horas	ml/24 Horas

UROCULTIVO

DEL CULTIVO SE AISLO: CITROBACTER FREUNDII

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO): 2,400 mg/L

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO): 4,455 mg/L

Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

E-mail: biolab@intelnett.com

info@biolab.com.gt

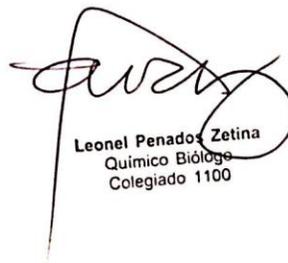
www.biolab.com.gt

INFORME DE RESULTADOS

PAGINA: 1

Nombre : RICARDO REYES (TESIS)	Edad : 99 años, 0 meses, 0 días	Sexo : M
Referido por : BIOLAB II	Fecha : 03/05/2012	No. Muestra : 006 0009809

ANALISIS	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA	
ORINA			
<< EXAMEN MACROSCOPICO >>			
COLOR	AMARILLO	****	****
ASPECTO	LIG. TURBIO		
DENSIDAD	1.0	gr/ml	gr/ml
SEDIMENTO	ESCASO		
<< EXAMEN QUIMICO >>			
GLUCOSA	30 mg/dL	mg/dl	mg/dl
PROTEINAS	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
CETONAS	NEGATIVO		
UROBILINOGENO	NEGATIVO	mg/dl	mg/dl
BILIRRUBINA	NEGATIVO		
NITRITOS	NEGATIVO		
SANGRE	NEGATIVO		
PH	9.0	****	****
<< EXAMEN MICROSCOPICO >>			
EPITELIO	ESCASO		
BACTERIAS	ESCASO		
LEUCOCITOS	1-2 /CAMPO		
ERITROCITOS	0 /CAMPO		
CRISTALES	NEGATIVO		
CILINDROS	NEGATIVO		
MOCO	ABUNDANTES		
LEVADURAS	NEGATIVO		


Leonel Penados Zetina
Químico Biólogo
Colegiado 1100

ANEXO 2

Análisis de laboratorio del sustrato de suelo.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: RICARDO REYES
PROCEDENCIA: ERIS, GUATEMALA
FECHA DE INGRESO: 10/1/2012

ANALISIS QUIMICO

Identificación	pH	mS/cm C.E	ppm		Meq/100gr		ppm				% M.O.	% N.T.
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn		
RANGO MEDIO			12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15		
M-1	6.0	159	3.31	78	11.54	1.34	0.50	5.50	12.00	4.00	5.52	0.29



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO T-8, SEGUNDO NIVEL, OFICINA B-9, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 GUATEMALA.
 CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TEL.: (502) 2443 9500, EXTENSION: 1768. FAX: (502) 2476 9758.

ANEXO 3

Resultado de laboratorio de análisis foliar de las plantas de maíz.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: RICARDO REYES
 CULTIVO: MAIZ

ELEMENTOS TOTALES

TRATAMIENTOS	%					ppm					PESO gr	
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn	RAIZ	FOLLAJE
Testigo	3.26	0.26	2.28	0.44	0.20	650	5	20	275	5	2.50	8.50
FLO	3.52	0.28	2.31	0.50	0.22	900	1	20	235	5	2.00	7.50
FLO Dsln 1:10	3.20	0.29	2	0.38	0.18	1100	1	20	250	5	7.00	13.50
FLO + ORG	3.32	0.32	2.38	0.44	0.21	950	1	25	220	5	2.50	8.00
FLO Dsln 1:10+ org	3.60	0.25	2.3	0.75	0.31	1250	5	20	420	10	3.00	6.50



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO T-8, SEGUNDO NIVEL, OFICINA B-9, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502) 2443 9500, EXTENSION 1768 FAX: (502) 2476 9758