

Lo que sabemos de orina humana como fertilizante

Documento elaborado por Francisco J. Arroyo G.D., con la colaboración de Magdalena Bulnes P. Integrantes del Proyecto de Saneamiento Ecológico, área de Agricultura Urbana, en Tepoztlán, Morelos, México. (Proyecto TepozEco). Febrero del 2005¹.

¹ Ver: www.sarar-t.org

Lo que sabemos de orina humana como fertilizante².

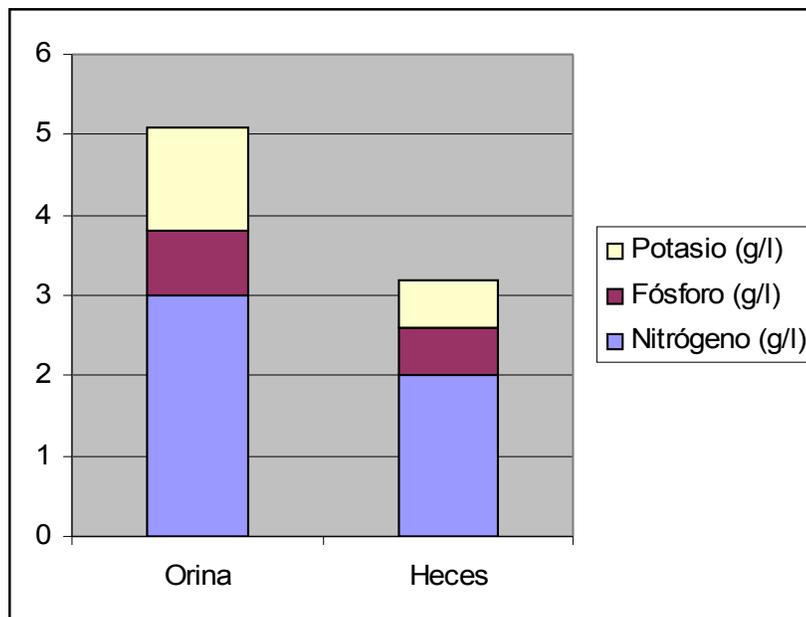
La orina es, de las excretas humanas, la que más contiene nutrientes.

En la tabla y figura 1, se puede observar que, en comparación con las heces, la orina contiene mucho más nutrientes³.

Tabla 1

	Orina	Heces
Volumen (l/p/d)	1.2	0.15
Nitrógeno (g/l)	3	2
Fósforo (g/l)	0.8	0.6
Potasio (g/l)	1.3	0.6

Figura 1

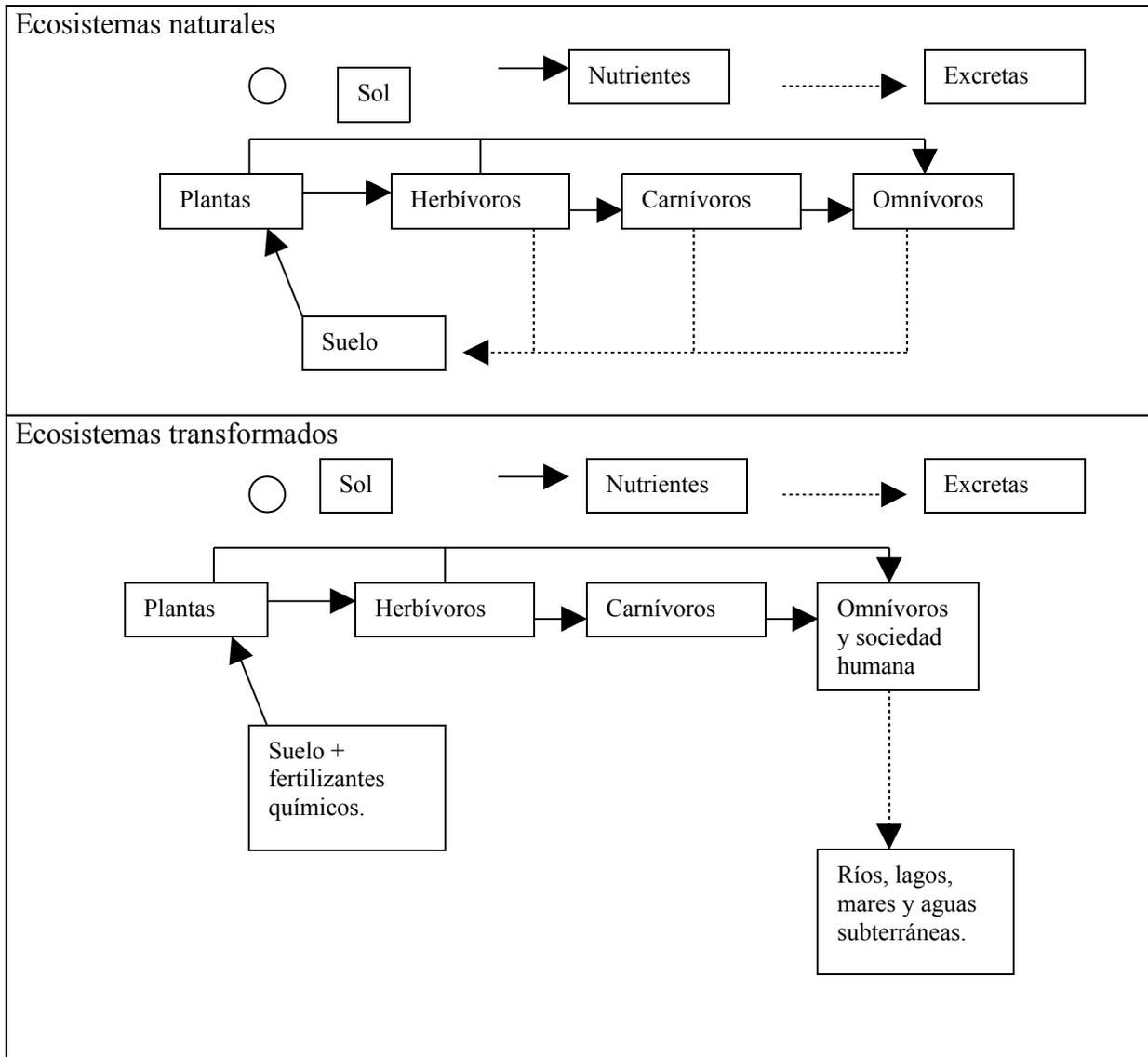


² Y lo que nos falta por saber.

³ Promedios de muestras de orina de Tepoztlán, Morelos, México, analizadas en los laboratorios del Centro de Investigaciones Biotecnológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

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 y de los animales se reciclan en el suelo, devolviendo los nutrientes a las plantas, cerrando el ciclo natural: vegetales – herbívoros – carnívoros – suelo – vegetales.



En las sociedades humanas, especialmente desde el siglo XIX⁴, surgió la idea de poner los residuos en las corrientes de agua a través de la construcción en los poblados de sistemas de drenaje para transportar las “aguas negras”. Una vez que iniciaron los problemas de esta

⁴ María A. Guzmán Puente “El agua y las Cuencas en Morelos” en “Tierra Agua y Maíz – Realidad y Utopía- UNICEDES/UAEM México. 2002.

práctica, se fueron desarrollando las plantas de tratamiento, las cuales reducen un poco el problema, pero el de nutrientes, hormonas y fármacos, difícilmente pueden limpiar el agua de estas sustancias y aún si lo logran el problema persiste en los lodos residuales.

Cuando las aguas negras 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. Además de la eutroficación por nutrientes, la orina contamina con hormonas y fármacos y eso puede causar muchos problemas en los organismos acuáticos que los ingieren, aún en dosis muy pequeñas. Se han encontrado peces con problemas endocrinos y agua contaminada con residuos de fármacos⁵.

Estas sustancias que crean problemas en mares, lagos, ríos, y aguas subterráneas, resulta que son valiosas para los productores agropecuarios.

Para restituir los nutrientes del suelo, consumidos por las sociedades humanas, se aplican fertilizantes químicos de origen industrial, reduciendo a cantidades insignificantes los aprovechamientos de estiércoles animales.

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.

El reciclaje de nutrientes de las aguas negras 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.

La separación de orina.

La mayoría de los nutrientes esenciales para la agricultura (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 (Tabla 2/figura 2).

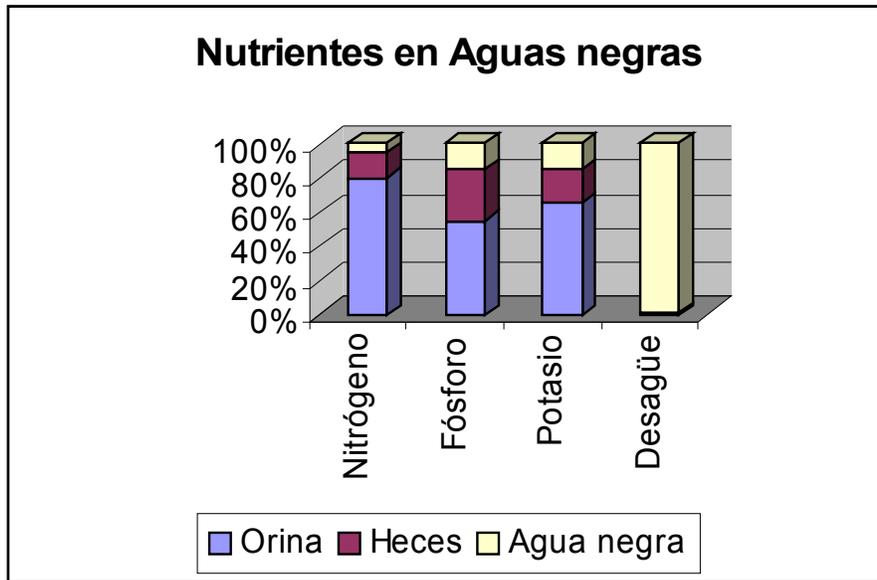
Tabla 2. Nutrientes en orina, heces y agua negra⁶.

⁵ Jönson H. "The role of ecosan in achieving sustainable nutrient cycles" en 2nd International symposium on ecological sanitation, IWA, GTZ april 2003

⁶ Johansson M. "Urine Separation-Closing the nutrient cycle", Stockholm Water Company. Sweden. 2001. Disponible en www.stockholmvatten.se/pdf_arkiv/english/Urinese_eng.pdf

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Orina	80	55	70
Heces	15	30	20
Agua negra	5	15	10

Figura 2.



Separando la orina, la cual representa sólo el 1% del total de las aguas negras, y usándola como fertilizante, se logra utilizar la mayor parte de los nutrientes contenidos en el agua negra. Si la materia fecal también se separa, sólo una pequeña parte de nutrientes queda en las aguas grises.

Debe quedar claro que el agua gris representa por mucho el mayor volumen de las aguas negras y ellas deben ser tratadas. Consecuentemente, la separación de orina no reemplaza otros métodos de tratamiento pero es complementaria al ayudar a separar una gran proporción de los nutrientes contenidos en el agua negra.

La orina en el agua es pues 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 problemas⁷.

⁷ Para muchas sustancias aún no hay estudios. Las más comunes han sido estudiadas según Hakan Jonson en "The role of ecosan in achieving sustainable nutrient cycles". 2nd international symposium on ecological

Para el caso de otras sustancias contaminantes como residuos de pesticidas y metales pesados, su contenido en la orina es bajo o muy bajo y en todo caso depende de la cantidad de estas sustancias presentes en la alimentación. En las heces las cantidades pueden ser mayores que en la orina pues no tienen el filtro metabólico de los riñones⁸.

Para el caso de las hormonas, estas son degradables por la microbiología del suelo (los mamíferos siempre hemos excretado hormonas y por ello existe esta capacidad en los suelos). En cambio, los cuerpos de agua (ríos, lagos, mares y subterráneas, no tienen esa capacidad y las hormonas están afectando negativamente a organismos acuáticos). Este es un motivo más a favor del saneamiento ecológico para reciclar las excretas en tierra y no en el agua.

Cabe mencionar que para el caso del Fósforo, el aprovechamiento de las fuentes orgánicas adquieren especial relevancia cuando se considera que las reservas mundiales de rocas fosfóricas, de las cuales hasta el 60% se ubican en Marruecos, el resto en China y algo en Estados Unidos, con el ritmo actual de consumo mundial, el cual es de 85 millones de toneladas y 14 millones de toneladas de fósforo por año las reservas de fósforo se agotarán en los próximos 50 o 60 años. Se estima que si se reciclara mundialmente la orina y las heces humanas, se ahorrarían la tercera parte del nitrógeno y la cuarta parte del Fósforo que se usan en la agricultura⁹.

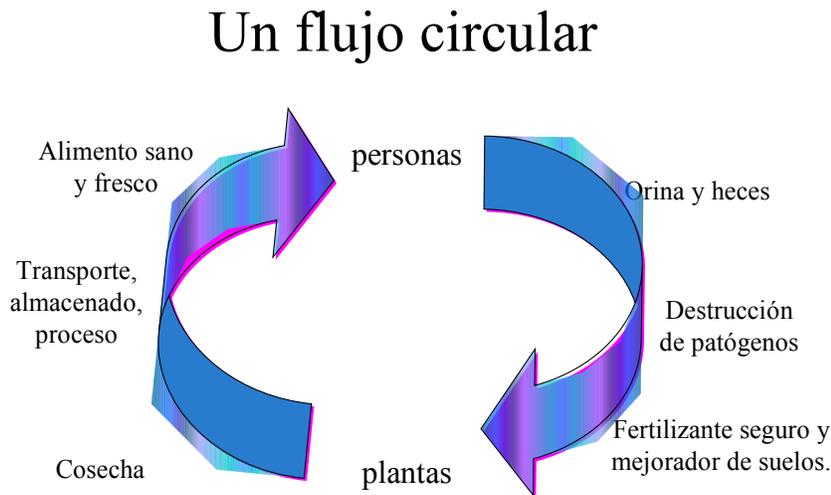
Saneamiento para su uso seguro.

sanation, april 2003. IWA & GTZ

⁸ Jonson H., et al. "Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production. EcoSanRes/SEI Report 2004-2

⁹ Rosemarin A. "EcoSanRes – a Swedish internacional ecosan programme. ". 2nd international symposium on ecological sanation, april 2003. IWA & GTZ

Para obtener un fertilizante y mejorador de suelos seguro, es necesario asegurar la destrucción de patógenos como se muestra en el siguiente diagrama de Saneamiento Ecológico¹⁰ (SE).



La separación de orina es un elemento de muchos sistemas de (SE), especialmente los baños secos. En muchos de ellos la orina no se aprovecha por desconocimiento de sus beneficios y su fácil saneamiento.

Para el caso de las heces, es necesario un proceso de saneamiento en dos etapas: el reposo de por lo menos 6 meses, el cual sucede en una de las cámaras alternas en caso de baños secos de doble cámara, y el tratamiento secundario en procesos de composteo donde temperaturas mayores de 55° C por 13 días¹¹, aseguran la destrucción de patógenos. Para lograr esas temperaturas, es conveniente que la mezcla que cubre las heces no contenga mucha cal pues ella provoca un enfriamiento del composteo y dificulta el logro de las temperaturas además que provoca también problemas con el intercambio de cationes y aniones.

Para la orina, en climas templados, el almacenamiento de la misma por 15 días, permite que el pH ácido original (5 a 6), se torne alcalino (8 a 10), por acción bacteriana. Este cambio

¹⁰ El saneamiento ecológico, a diferencia de los sistemas lineales de descarga, procura la salud de las personas, el cuidado del agua y la recuperación de nutrientes para su retorno a los suelos.

¹¹ Schönning Carolina. "Recommendations for the reuse of urine and faeces in order to minimise the risk for disease transmission" en "2nd international symposium on Ecological Sanitation", GTZ/IWA, Alemania, 2003. Moe C. et.al. "Microbiological studies of ecological sanitation in El Salvador". Abstract volume First International Conference on Ecological Sanitation, Nanking, China. 2001. citado por Schönning C. op. Cit Moe, C. et al. "Longitudinal study of double vault urine diverting toilets and solar toilets in El Salvador" en "2nd International symposium on Ecological Sanitation", GTZ/IWA, Alemania, 2003.

asegura la destrucción de los posibles patógenos y la predominancia benéfica de bacterias amonificantes y nitrificantes que luego pueden trasladar su acción a procesos de composteo y/o al suelo.

Modalidades, transporte y almacenamiento.

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.

No sólo bacterias aparecen en la orina almacenada, actinomicetos y algunos hongos les acompañan. Todos los microorganismos presentes se alimentan con parte de los nutrientes contenidos en la orina y por tanto en sus cuerpos existe un porcentaje de Nitrógeno, al cual se le denomina N-orgánico.

Aunque, por falta de estudios microbiológicos, persisten dudas taxonómicas, sabemos que el conjunto de microorganismos absorben aproximadamente 40% del N inicial. y en el laboratorio se identifica como N-orgánico, lo anterior para condiciones de almacenamiento semi-aeróbicas, lo cual significa que durante el llenado de los recipientes recolectores de 20 litros, las condiciones son aeróbicas, de ahí se pasa la orina a recipientes de mayor capacidad (50, 70, 100 ó 200 litros), los cuales permanecen cerrados pero se abren cada vez que se alimentan y entonces ahí ocurre un intercambio de aire y algunas pérdidas de amonio.

Esta pérdida no parece ser muy importante, quizás de aproximadamente 10% durante todo el proceso, lo cual habrá que constatar con análisis de laboratorio.

Respecto a la orina fermentada¹², sabemos que en ella aparecen hongos y bacterias diversos, pero predominan microorganismos del tipo de los actinomicetos¹³, los cuales resultan especialmente hábiles para degradar ligninas, hemicelulosa y celulosas de material vegetal rico en carbono, tales como ramas y hojarasca. La pérdida de Nitrógeno en el proceso de fermentación es de alrededor de 1/3 en condiciones de fermentación a la sombra.

¹² Es orina a la que se le agrega un inóculo de tierra negra de buena calidad y/o composta, a razón de una cucharada soper por cada litro de orina y se deja reposar, sin tapar, durante un mes. Arroyo Francisco, "Manual de Organoponia". CEDICAR-ANADEGES, México, 2000.

¹³ Castillo Alma D, et al. "Evaluación Físico Química y Microbiológica de una composta, un Té de lombricomposta y un líquido orgánico". Informe Final de Servicio Social, Licenciatura de Agronomía. Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco. 1977

Este tipo de material es predominante en muchos centros de composteo municipales, a los cuales normalmente¹⁴ llegan grandes volúmenes de material vegetal de podas de jardines privados y públicos.

Esta misma característica de la orina fermentada es la que permite cultivar con el sistema de la organoponia (u orinoponia)¹⁵, el cual utiliza orina fermentada como insumo e inoculante. La organoponia se establece en un sustrato de aproximadamente 85% de hojarasca y/o pasto de recorte con una capa superior de tierra, en la cual se siembra o transplanta y se riega con dosis semanales de orina fermentada diluida. Después de 10 meses de cultivo, de lo que inicialmente era hojarasca y pasto de recorte, se obtiene una composta rica en humus y nutrimentos, presumiblemente gracias al trabajo de los actinomicetos y a los aportes de nitrógeno y otros elementos presentes en la orina fermentada.

La orina fermentada no debe almacenarse más de un mes pues con el tiempo puede perder su población de actinomicetos y aparecen otros microorganismos en sucesión. En la orina fermentada la fuente de Carbono para alimentación de los actinomicetos no es muy alta y al consumirse, la población puede disminuir perdiendo con ello el atractivo de activar los procesos de composteo de materiales ricos en celulosas, hemicelulosas y ligninas.

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.

Algunos nutrientes presentes en la orina se precipitan al fondo de los contenedores. Estos precipitados son complejos inorgánicos como $MgPO_4$, $MgHPO_4$, NH_4HPO_4 , $NaHPO_4$, $MgSO_4$ ¹⁶.

Respecto al transporte, en Suecia lo realizan con camiones pipa. En México es también factible y/o utilizar camionetas con tinacos de plástico. Para el llenado y vaciado, conviene una bomba del tipo que se utilizan para fosas sépticas, de aluminio para evitar corrosión y capaces de soportar el paso de sólidos a través de su mecanismo.

Conclusiones para transporte y almacenamiento.

¹⁴ Excepto en climas muy áridos.

¹⁵ Arroyo Francisco “El sistema organopónico. El uso de la orina en procesos de composteo” Revista RUAF No. 10 Diciembre 2003. Disponible en www.ruaf.org

¹⁶ Ronteltap M., et.al. “Thermodynamics of struvite precipitation in source separated urine”, en “2nd international symposium on Ecological Sanitation”, GTZ/IWA, Alemania, 2003.

- La tecnología para el transporte y almacenamiento de la orina está disponible en el mercado. Para los baños secos familiares los bidones de 20 litros resultan prácticos. De ahí se puede aplicar a la hortaliza (la cual se recomienda con sistema organopónico u orinopónico) o jardín ornamental. Es posible almacenar también en tambos de plástico de 100 o 200 litros, y para el caso de escuelas o empresas, tinacos de 1,100 litros.
- 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 para que pueda estar disponible en un lugar cercano al cual será aplicada durante la temporada de lluvia. Un mes de transporte asegura el saneamiento.
- Para una eficiencia óptima, el fertilizante debe ser aplicado a la siembra o durante el inicio del verano en los cultivos en crecimiento. De preferencia en días nublados y lluviosos, sobre todo si no se cuenta con facilidades de riego.
- Es recomendable agitar la orina antes de aplicarla a fin de que los precipitados vuelvan a diluirse. Al agregar agua (de 1 a 10 partes por cada parte de orina) ayuda a que los precipitados se diluyan mejor. También es posible separar la última parte para plantas exigentes en fósforo como crucíferas. Se han hecho algunos estudios donde se agrega struvita ($MgNH_4PO_4$), como agente catalizador de la precipitación. de esta manera se precipita hasta el 40 % del fósforo.
- La orina fermentada debe aplicarse al cumplirse el mes, 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 inculo, y/o ser desplazada por otro tipo de microorganismos.

Investigación:

En Suecia¹⁷, se realizaron mediciones de parámetros químicos, físicos e higiénicos por un largo periodo en la orina colectada a diferentes niveles en los tanques de almacenamiento y esto ha hecho posible en registro de cualquier cambio en la composición y en la estratificación de la orina.

Tabla 2 Composición química en la parte media de los tanques de orina.

Tanque y tiempo	N (g/l)	P (g/l)	N/P- quota	K (g/l)	DM %
Colector	2.8	0.24	11.7	0.89	0.70
Colector	3.1	0.26	11.9	0.78	0.65
Almacén. 2 semanas	2.7	0.24	11.5	0.80	0.66
Almacén. 3 meses	2.7	0.24	11.5	0.80	0.66

Tabla 3 pH, contenido de nutrientes y calidad higiénica de la colecta al campo (Suecia).

¹⁷ Johansson Mat, Op. Cit

	pH	N kg/m³	P kg/m³	Higiene
Orina fresca	5 a 7	5-10	0.4 – 0.9	Orina pura. Sin riesgo
Tanque colector	8.8. a 9.2	2-4	0.2 – 0.4	Algún riesgo por contaminantes fecales. Los patógenos mueren al agregarse más orina.
Tanque de almacén.	8.8 a 9.2	2-4	0.2 – 0.4	La población de patógenos disminuye durante el almacenamiento
Al aplicar	8.8. a 9.2	2-4	0.2 – 0.4	Orina saneada sin riesgos

En México¹⁸, las condiciones de recolecta por lo común se realiza en garrafas de 20 litros y de ahí se pasan a depósitos más grandes, entre 50 y 1,100 litros. Se han realizado análisis de la orina recién recolectada y de orina almacenada en recipientes con tapa, pero que se abren cada vez durante el proceso de llenado.

Tabla 4. pH, contenido de nutrientes y calidad higiénica de la colecta al campo (México).

	pH	N kg/m³	P kg/m³	Higiene
Orina fresca	5 a 7	3-5	0.8-1.3	Orina pura. Sin riesgo
Tanque colector	8.9. a 9.9	2.6-3.2	0.8-1.3	Algún riesgo por contaminantes fecales. Los patógenos mueren al agregarse más orina.
Tanque de almacén.	8.9. a 9.9	2.6-3.2	0.8-1.3	La población de patógenos disminuye durante el almacenamiento
Al aplicar	8.9. a 9.9	2.6-3.2	0.8-1.3	Orina saneada sin riesgos

Como puede observarse, los contenidos máximos de Nitrógeno son mayores en Suecia, los mínimos son mayores en México, y el Fósforo es mayor en México. Las causas de esto estarían relacionadas con las dietas de la población donante, y quizás podría realizarse un estudio comparativo.

Crecimiento de cultivos.

¹⁸ Arroyo F. Bulnes M. Investigación realizada en el marco del Proyecto TepozEco.

- En Suecia, la orina humana se ha comprobado que es un fertilizante de acción rápida, capaz de reemplazar a los fertilizantes minerales en la producción de cereales¹⁹. En México, es posible el reemplazo en nopales, aguacate y maíz y, presumiblemente, en cualquier otro cultivo.
- 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 autoabasto²⁰.
- 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. En Suecia se ha desarrollado un sistema que almacena hasta 450 mil litros en el campo para aplicación mecanizada en campos de cereales²¹. La colecta proviene de edificios de apartamentos dotados con sanitarios separadores.
- En México, debido a las diferencias y dificultades para la recolección en volumen de la orina, estas dosis resultan un tanto lejanas de la realidad de poblados pequeños en los que las fuentes de recolección más viables serían las escuelas²². La orina recolectada en instituciones podrá usarse en centros de composteo municipales y/o de barrio.
- En poblados mayores, cuando la recolección en volumen sea una realidad, las dosis a aplicar serán de 1 a 3 litros por metro cuadrado, con diferentes combinaciones de prácticas de manejo del suelo, como serían labranza de conservación, acolchados, aplicaciones de composta, estiércoles y/o abonos verdes²³.
- Mediciones en Suecia²⁴ reportan que el nitrógeno perdido en forma de amonio al momento de aplicar fue en todos los casos menor a 10% del total aplicado, y usualmente mucho menor.
- Las técnicas convencionales para aplicar estiércol líquido, que utilizan sobre todo en Europa, funcionan bien para la aplicación de orina.
- En las principales regiones agrícolas de México se pueden encontrar aplicadores mecanizados de fertilizantes líquidos.
- 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 problema²⁵.

¹⁹ Johanson M. Op. Cit.

²⁰ Jönson H. Op. Cit.

²¹ Johanson M. Op.Cit.

²² Suponiendo una escuela con 100 niños donantes, a 200 ml/niño/día se colectarían 20 litros diarios. Con 200 días hábiles al año tendríamos 4 mil litros, lo cual no es suficiente ni para media hectárea con dosis de 1 litro por metro. Es el caso de comunidades de unos 2 mil habitantes, como San Juan Tlacotenco, San Andrés de la Cal, Santo Domingo, etc. en el municipio de Tepoztlán. Si se lograra la recolecta en todas las escuelas del municipio, tendríamos máximos de 80 mil litros y de 160 mil si se colectara también de los sanitarios de niñas. Esta cantidad apenas alcanza para 16 hectáreas con las dosis más bajas de un litro por metro.

²³ Los experimentos de campo a realizar en México, se sugiere que avancen en estas combinaciones, con diferentes tipos de suelos, climas y cultivos. La dosis de 1 litro por metro + combinaciones es realizable y factible. De cualquier forma, el impacto mayor de este proyecto está en el ahorro de agua y no tanto en la superficie agrícola susceptible de ser fertilizada.

²⁴ Johanson M. Op.Cit. Op. Cit.

²⁵ Siempre aplicando en días nublados y/o lluviosos.

- Si la orina se cubre con tierra inmediatamente después de aplicarla, el olor desaparece en 30 minutos o menos.
- El riesgo del lavado del nitrógeno al agua subterránea no es mayor que cuando se usan fertilizantes minerales.

El significado de las pruebas de campo con orina humana.

Los agricultores son importantes actores para el reciclaje de nutrientes. En Suecia²⁶ tienen la idea de que si los agricultores no se inclinan a participar, obviamente será más difícil establecer un ciclo de nutrientes.

En el caso de México, actuando en poblados pequeños a medianos (20 a 50 mil habitantes), aún sin unidades habitacionales dotadas de pipiductos, la oportunidad de recolectar orina está principalmente en las escuelas. Para el caso de Tepoztlán (33 mil habitantes), la población escolar, en todas las primaras del municipio, es de 3,400, de los cuales aproximadamente la mitad son varones y serían ellos los primeros aportantes si se logra instalar depósitos recolectores de la orina de mingitorios.

1700 aportantes, de aproximadamente 200 ml por persona por día, por 200 días de ciclo escolar, tenemos 68,000 litros potencialmente recolectables. Si a esta cantidad le sumamos la secundaria, la preparatoria y otras posibles fuentes como fiestas, gasolinera, caseta de peaje, tendríamos un potencial de alrededor de 100 mil litros para todo el poblado.

Con dosis en campo de sólo un litro por metro cuadrado, sólo son necesarias 10 hectáreas para reciclar agrícolamente toda la orina del poblado. Un solo agricultor puede usar toda la orina.

La relevancia e impacto del proyecto no está por tanto dirigida a logros en superficie cultivada, ni mucho menos a remplazar a los químicos con sólo orina. Es posible remplazarlo con las combinaciones de varias prácticas como abonos verdes, acolchados con residuos de cosecha, asociaciones y rotaciones de cultivos, aplicaciones de estiércoles, compostas y lombricompostas. Como una práctica más, aparece la posibilidad de aplicar orina en estas combinaciones o como ingrediente en las compostas, las cuales serán enriquecidas con los nutrientes de la orina.

La mayor importancia y relevancia del proyecto está en el ahorro de agua. 100 mil litros de orina a un promedio de 4 litros por descarga de mingitorios, son 400 mil litros de agua ahorrada, lo cual significa ahorros de bombeo y por tanto de dinero que se paga a la compañía de luz por parte del ayuntamiento²⁷.

Lo anterior, no implica negar que a los agricultores les pueda interesar el tema, pero en definitiva no se puede promover de manera general su uso si no será posible coleccionar mayores volúmenes.

²⁶ Johanson M. Op.Cit

²⁷ En el caso de Tepoztlán, se calcula que aproximadamente el 80% del presupuesto para el agua se gasta en pagos de energía eléctrica

La orina de origen doméstico no la consideramos actualmente como posible fuente pues es más factible promover su uso en traspatios. Debido a que un sistema de colecta de pequeñas cantidades resultaría muy costoso y de difícil logística. También se requeriría en todo caso, que la mayoría de los hogares contara con baños secos y/o desviadores de orina.

Los agricultores quieren saber, además de cuál es el contenido y la calidad de los nutrientes, ¿Cuál es el efecto en los cultivos y en el suelo?

Lo anterior solo podrá ser respondido después de varios años de estudios de campo con la orina como fertilizante y sus combinaciones con otras fuentes de materia orgánica.

Alguna información para agricultores:

El rendimiento de granos cuando se aplicaron 105 Kg /ha de N en forma de orina humana durante el periodo 1997-99, después de las pérdidas por amonio, equivalente al 80-90% del rendimiento de un campo que recibió 100 Kg de N en forma de fertilizante mineral.

Para lo anterior se aplicaron 30 mil litros de orina por hectárea.

El nitrógeno en la orina es volátil y por tanto debe ser almacenado sin ventilación, en contenedores cerrados, y aplicado dentro o cerca del suelo a fin de minimizar pérdidas de nitrógeno.

La orina humana puede ser asperjada en cereales en crecimiento (hasta de 20 a 30 cm) sin ningún efecto tóxico en las plantas y con baja pérdida de amonio.

En Zimbabwe se han aplicado en maíz, dosis de 1 a 6 litros por planta²⁸.

El uso de la orina humana como fertilizante.

Mats Johansson²⁹, reporta que solo se han realizado pocos estudios de la orina humana como fertilizante en agricultura. Consecuentemente, hay un conocimiento limitado de cómo la orina humana trabaja y cómo debe ser manejada. Existen, sin embargo, fertilizantes comparables como orinas animales, las cuales son aplicadas en Suecia para propósitos agrícolas en cantidades aproximadas de 2.3 millones de toneladas por año. La orina humana contiene más nitrógeno y fósforo, pero menor cantidad de potasio en comparación con la orina de cerdos y bovinos.

La orina humana contiene un alto porcentaje de nitrógeno amónico, aproximadamente 80 a 100% de su contenido total. Esto resulta un fertilizante de rápida acción y su efecto puede ser comparado con fertilizantes de alto contenido mineral más que con fertilizantes con grandes contenidos de nitrógeno orgánicamente asociado, como el estiércol sólido.

²⁸ Morgan Peter. "Experiments using urine and humus derived from ecological toilets as a source of nutrients for growing crops". 3rd World Water Forum 2003. Disponible en <http://aquamor.tripod.com/Kyotto.htm>

²⁹ Johanson M. Op.Cit. Pag 23

Las relaciones entre el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio están bien balanceadas y en mucho corresponde con las necesidades de los cereales si las dosis aplicadas son adecuadas.

Las plantas absorben estos elementos de sus formas iónicas y los nutrientes contenidos en la orina, por tener esta forma química, o degradarse a ella rápidamente, son fácilmente aprovechados. En el caso del Nitrógeno, la mayor parte es excretado en la orina en forma de urea y esta forma se degrada rápidamente, por acción microbiana, a amonio y éste puede pasar a Nitratos y Nitritos. Este proceso ocurre durante el almacenamiento, sea aeróbico o anaeróbico (con o sin oxígeno). La degradación también puede ocurrir en el suelo y estas reacciones son también reversibles.

Para el caso del fósforo, experimentos han mostrado que el efecto en los cultivos ha sido tan bueno como el de los fertilizantes químicos³⁰.

Técnicas de aplicación.

Como cualquier otro fertilizante, es importante aplicar la orina uniformemente y en cantidades adecuadas. Usualmente la misma técnica que se usa para esparcir orina se usa para estiércol líquido en Suecia. En otros países, como México, se pueden encontrar en algunas de sus regiones aplicadores de fertilizantes líquidos y/o aplicadores de tanques remolcados. Cuando la orina se aplica al suelo puede ser incorporada con cultivadores. También es posible aplicar con mangueras conectadas a un depósito elevado.

Pruebas de campo.

Tenemos reportes de pruebas de campo realizadas en Suecia, Zimbabwe y México³¹. Las pruebas de campo se realizaron para estudiar los efectos de la orina humana en las cosechas de granos y para valorar la eficiencia del nitrógeno, por ejemplo, cómo la mayor parte del nitrógeno puede ser asimilado por los cultivos comparando con la absorción de los fertilizantes minerales.

Además se realizaron mediciones de las pérdidas de amonio después de que la orina humana fue aplicada a los campos por diferentes métodos de aspersión tanto en siembras como en cultivos en crecimiento y para la cantidad de nitrógeno residual en el suelo después de la cosecha. En estos experimentos, las pérdidas en forma de amonio fueron, en promedio, del 5%. Para minimizar las pérdidas es recomendable aplicar con mangueras o aspersores y cubrir con tierra de forma inmediata.

³⁰ Krichman & Pettersson, 1995, citados por Jönson H. "The role of ecosan in achieving sustainable nutrient cycles" en 2nd International symposium on ecological sanitation, IWA, GTZ april 2003

³¹ Para Zimbabwe, Morgan Peter. "Experiments using urine and humus derived from ecological toilets as a source of nutrients for growing crops". 3rd World Water Forum 2003. Disponible en <http://aquamor.tripod.com/Kyotto.htm>

En Tepoztlán, México, en el marco del proyecto de Saneamiento Ecológico Urbano y periurbano, se realizaron pruebas de dosis de orina en cultivos de nopal, aguacate, maíz y jitomate.

A continuación se reportan los resultados obtenidos en las pruebas de campo para nopal y aguacate.

Los sitios, procedimientos y resultados.

Nopal 1.

Se localiza en un lugar cercano a las montañas, y esto lo hace templado, protegido del viento. El clima se clasifica de tipo C (cw2) (b), con temperaturas promedio mínima de 5°C, medias de 22°C y máximas de 36°C. Las altitudes es de 2,200 msnm y las precipitación promedio es de 1,500 mm, concentrados principalmente en verano. Las heladas en invierno pueden ser de 20 a 40 días. En temporada de lluvias se llegan a presentar de 3- 4 granizadas.

Edad: Aprox. 6 años, plantas de tres pencas (tres niveles).

El huerto está establecido entre hileras de árboles de manzanas (California), bastante espaciadas unas de otras. La separación entre hilera e hilera de nopal es de aprox. 1.2 mts. El huerto está bien abonado con estiércol de vaca. La aplicación parece que se llevó a cabo el año 2002.

En el huerto existen montones de composta hechos con desecho de nopal, estiércol más un activador comercial de la empresa NonCom. Ésta composta va a ser aplicado éste año donde se requiera (quizá en el huerto de abajo).

También cuentan con un abono “Composta líquida”, para aplicación foliar (50kg. de estiércol, en 200 lt de agua más un activador).

En este sitio hay una transición de suelos Leptosoles, la cual es la nueva categoría que la FAO propuso en 1989 y en ella se fusionaron los litosoles y las rendzinas. Se trata de suelos poco profundos limitados por una roca dura continua, o por material calcáreo, sin otros horizontes de diagnóstico más que el A, gris u ocre. De textura media y poco desarrollados, en ellos persiste la influencia del sedimento superficial. Estos suelos están, en el sitio de trabajo, imbricados con Ansosoles, los cuales se caracterizan por un horizonte A1 de gran espesor. Se sitúan al norte del Municipio y del Estado, en áreas de reciente actividad volcánica. Pueden sustentar desde selva baja caducifolia, bosques mixtos y bosques de coníferas, sobre un substrato de rocas ígneas basálticas. Estos suelos retienen mucho fósforo que no puede ser absorbido por las plantas. La fase húmica puede amortiguar el problema del fósforo, sin embargo con la deforestación y práctica de agricultura química en ellos, el humus se va perdiendo y el problema del fósforo aparece. Su mejor uso es el forestal. Tienden a ser ácidos, lo cual se acentúa con prácticas agrícolas inadecuadas como

monocultivo y aplicación de químicos. En ellos se cultiva mucho el nopal, y como en este sitio, aguacate, cítricos y maíz.

El análisis reporta

pH 5.56
Materia orgánica % 8.71
Textura Franco-arcillo-limoso

Diseño del experimento:

En plática con los productores se consideró que la mejor forma sería la de aplicar cada tratamiento a 3 hileras consecutivas en franjas de 7 a 15 metros.

Se consideró que los tratamientos fueran los siguientes:

- aplicación como se pensaba hacer por el productor
- aplicación de orina a una dosis de 1 lt/m
- aplicación de orina a una dosis de 2 lt/m
- aplicación de orina a una dosis de 3 lt/m

Se estuvo evaluando cuál sería el mejor lugar de la huerta, y se determinó en ellas como ya se describió.

Se hicieron 2 aplicaciones en las fechas: julio y agosto del 2003

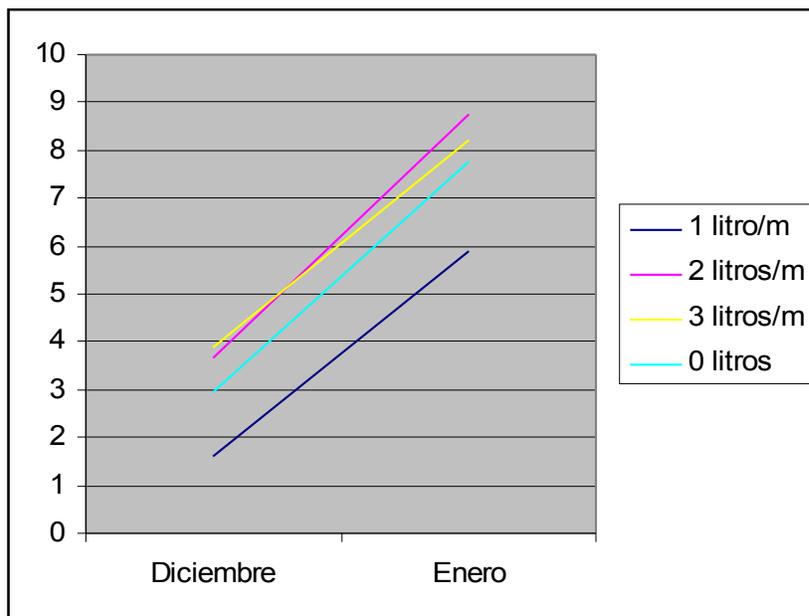
La muestra de orina aplicada, reportó:

PH	9.21
Nitratos (mg/L)	416.55
N-amoniaco (mg/L)	1,108.52
N-orgánico (mg/L)	1,136.80
N-Total (mg/L)	2661.87
Potasio (mg/L)	1,818.0
Sodio (mg/L)	1,946.0
Fósforo total (mg/L)	310.0
Coliformes totales (mg/L)	< 2

Se realizaron 2 monitoreos en 2 cortes, los cuales se reportan en la tabla y gráfica siguientes:

Dosis	Hilera	Kilos 17/12/03	Kilos 15/01/04
1 litro/m ²	1	3.140	9.550
	2	0.790	3.830
	3	0.940	4.310

Promedio		1.623	5.896
2 litros/m²	1	2.140	6.820
	2	3.850	7.570
	3	4.940	11.88
Promedio		3.643	8.756
3 litros/m²	1	3.190	8.220
	2	2.850	10.00
	3	5.670	6.480
Promedio		3.903	8.233
Testigos (0 lts)	1	2.150	8.590
	2	2.000	8.590
	3	4.680	6.140
Promedio		2.940	7.773



Nopal 2

Se ubica en el lugar conocido como “Cuauhquihauac”

Se accede por camino de tercercería desde el Km. 5 de la carretera Tepoztlán, San Juan Tlacotenco. El huerto tiene 6,000 m² aprox.

Edad de los nopales: 1 año 3 meses

La separación entre hileras es de 1.40 m aprox. y tienen de 50-60 mts de largo

El huerto está abonado con estiércol.

Hasta arriba del huerto, hay 5 hileras sin abonar, a las cuales se aplicó lombricomposta a una razón de 100-200grs /planta (costo 3.00 pesos / kg). En ellas se realizaron 3 aplicaciones en las fechas: 4 de julio, 8 de agosto y 10 de septiembre de 2003.

La aplicación se realizó de la siguiente manera:

- Los tratamientos se aplicaron en la parte alta del huerto, en la cual se tienen 5 hileras de 50 mts aprox. cada una, sin ningún tipo de fertilización.
- A estas cinco hileras se les aplicó lombricomposta a una proporción de 2 bultos de 50 kg/hilera.
- Los tratamientos con orina se aplicaron en esta parte del huerto, a partir de la segunda hilera del huerto, en un tramo de 38 mts.
- En los tratamientos se aplicaron 3 dosis distintas de orina (1lt/m, 1.5lt/m y 2 lt/m), en bloques de 3 hileras contiguas por 7 mts de largo. Dejando 1 metro libre entre tratamiento y tratamiento, para minimizar el efecto orilla.
- Cada bloque se marco con un listón de color, de acuerdo a la dosis aplicada. Así se tuvo **verde**: 1lt/m, **amarillo** 1.5 lt/m, **rojo** 2 lt/m, **yute**: sin orina; cordel de **rafia**: 3 lt/m
- Para efectuar la aplicación de lombricomposta y de orina, se aflojó el terreno (superficialmente, para no lastimar las raíces del nopal) entre hilera e hilera.
- La aplicación de orina se realizó, sobre la parte superior de cada hilera de nopal.
- En estas decisiones contamos con la opinión de Don Faustino.

El tipo de suelo, de acuerdo al mapa edafológico, se trata de un suelo Andosol húmico. Los Andosoles se caracterizan por un horizonte A1 de gran espesor. Se sitúan al norte del Municipio y del Estado, en áreas de reciente actividad volcánica. Pueden sustentar desde selva baja caducifolia, bosques mixtos y bosques de coníferas, sobre un substrato de rocas ígneas basálticas. Estos suelos retienen mucho fósforo que no puede ser absorbido por las plantas. La fase húmica puede amortiguar el problema del fósforo, sin embargo con la deforestación y práctica de agricultura química en ellos, el humus se va perdiendo y el problema del fósforo aparece. Su mejor uso es el forestal. Tienden a ser ácidos, lo cual se acentúa con prácticas agrícolas inadecuadas como monocultivo y aplicación de químicos. En ellos se cultiva mucho el nopal.

El análisis de suelo nos reporta que presenta una textura Franco-arcillo-limoso, con pH de 5.68.

La altitud aproximada es de 1800 msnm. El clima corresponde al tipo C (w2), templado sub-húmedo. Temperaturas mínimas promedio de 13°C, medias de 24 y máximas de 38°C., el promedio de precipitación anual es de 900 mm, concentrados en su mayor parte en verano y de 0 a 20 días con heladas en invierno.

La muestra de orina reporta³²:

PH	9.1
Nitratos (mg/L)	417.89
N-amoniaco (mg/L)	1,352.02
N-orgánico (mg/L)	1,222.66
N-Total (mg/L)	
Potasio (mg/L)	2058.66
Sodio (mg/L)	1560.66
Fósforo total (mg/L)	824.0
Coliformes totales (mg/L)	< 2

Observaciones:

La aplicación de orina se llevó a cabo directamente en el campo sin dilución, ya que durante las dos semanas anteriores, estuvo lloviendo en abundancia y se esperaba la continuación de las lluvias.

En el bosque junto al huerto se colectaron hongos del tipo *Amanita cesarea*, los cuales crecen cuando ya ha llovido mucho.

Número de plantas de cada tratamiento

De arriba hacia abajo y de oeste a este

Color	Dosis lt/m	1era hilera # plantas	2ª hilera # plantas	3era hilera # plantas	Total de Plantas
Verde	1	17	16	16	49
Amarillo	1.5	15	16	17	48
Rojo	2	16	16	17	49
Yute	SIN ORINA	17	16	16	
Rafia amarilla	3	Nada	5 mts	Nada	

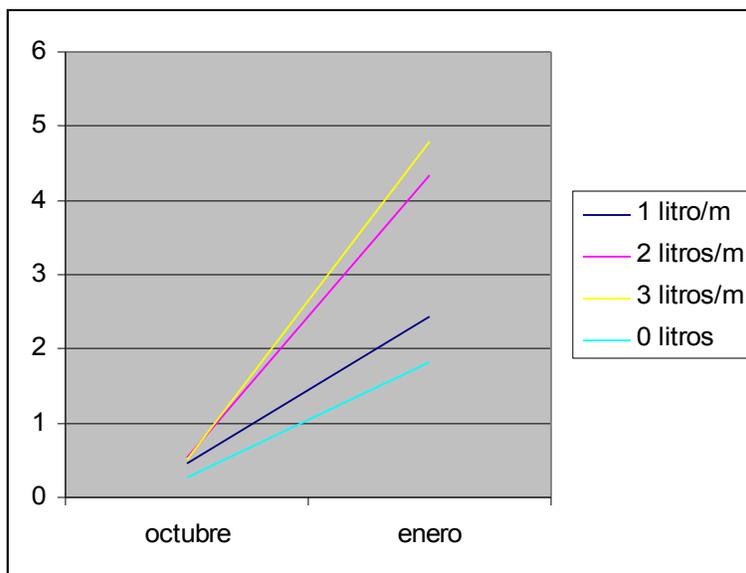
En la tercera aplicación, en la rafia amarilla se aplicó en las 3 hileras.

Cortes.

Dosis	Hilera	No. de pencas	Kilos 24/10/03	No. de pencas	Kilos 20/01/04
1 lt/m	1	3	0.562	19	3.79
	2	3	0.562	9	1.57
	3	1	0.280	11	1.94
Promedio			0.468		2.43
1.5 lt/m	1	2	0.475	22	4.42
	2	2	0.475	23	4.03

³² Es el promedio de las muestras.

	3	2	0.650	26	4.62
Promedio			0.533		4.35
2 lt/m	1	2	0.360	17	3.56
	2	2	0.360	19	3.02
	3	3	0.570	12	2.92
Promedio			0.430		3.16
3 lt/m	1			30	4.75
	2	1	0.520	27	3.77
	3			31	5.87
Promedio			0.520		4.79
Testigo					
	1	1	0.055	13	1.97
	2	1	0.055	4	0.52
	3	3	0.700	16	2.95
Promedio			0.270		1.81



Observaciones y conclusiones.

En ambos campos se presentó pudrición bacteriana, que provocó pérdidas de plantas, afortunadamente no de manera significativa, como para invalidar los resultados de las pruebas.

Los resultados, en general nos dicen que las dosis de 1 ½ a 3 litros por metro son buenas, pudiendo aplicar hasta 9 litros por metro, repartidos en 3 fechas, en caso de nopales no abonados con estiércol.

En el caso de nopal 2 los datos coinciden con la lógica de que a mayor dosis mayor producción. En el caso de nopal 1, la dosis de 2 litros fue mejor que la de 3 y los testigos

(sin orina) fueron mejores que con 1 litro. Esto debido a que en este sitio se habían aplicado tratamientos de estiércol de res y esto sin duda fue un factor que modificó los resultados.

El efecto de la orina como mejorador de la fertilidad de la tierra (incremento de los microorganismos benéficos), vs. el efecto deteriorante de los fertilizantes químicos, y el análisis de costos de colecta, traslado y aplicación de orina vs. compra, traslado y aplicación de fertilizantes químicos, será determinante para la toma de decisiones de los productores.

En este punto es necesario aclarar y considerar que los problemas de logística y costos que representaría coleccionar orina domiciliaria, no hace económicamente viable la propuesta. Es necesario coleccionar la orina de escuelas y sanitarios públicos para obtener volúmenes importantes. Aún así, la orina que es posible recolectar en todo el municipio de Tepoztlán, si se lograra coleccionar la de todas las escuelas y algunos sanitarios públicos en fiestas, sería de aproximadamente 100 mil litros, lo cual, a dosis de 1 litro por metro cuadrado, sólo es suficiente para 10 hectáreas de terreno agrícola.

Si fuera el caso de aplicar 9 litros por metro, en una nopalera de 1 hectárea se utilizarían 90 mil litros de orina.

Por lo anterior, la recomendación es de aplicar las dosis posibles, a un litro por metro, abriendo una zanja en la parte media de las hileras, se aplica y se tapa inmediatamente. Es recomendable aplicar también estiércol, composta, lombricomposta y, de ser posible, algún tipo de acolchado.

Conviene hacer énfasis en el efecto restaurador de la fertilidad que puede tener la orina y demostrar esto con los análisis de laboratorio. Este tipo de estudio se requiere plantear a por lo menos 5 años y actualmente no es tan fácil financiar un proyecto de esta naturaleza y con esa necesaria duración.

El valor económico de la fertilidad de la tierra es algo que no se considera en muchos estudios y análisis de costo-beneficio productivista, sin embargo su efecto en el valor de la tierra y por tanto como bien de capital, es necesario reconocer y hacer notar este beneficio. Quizás, considerándolo, pueda haber apoyos de subsidio, aunado a los beneficios que como consecuencia de la aplicación de orina en el campo, se tendrían en la zona urbana en cuanto a ahorro de agua (y de bombeo de los pozos y a depósitos en las partes altas del poblado), y la no contaminación de cuerpos de agua.

Respecto al aumento de las dosis y su frecuencia, la hipótesis de trabajo es que la orina sirve como alimento a los microorganismos benéficos del suelo³³, responsables de la fertilidad del mismo. Como ya se mencionó, las aplicaciones de orina serán más efectivas si se acompañan de otras prácticas tendientes al cuidado de los microorganismos, como los acolchados, las aplicaciones de composta o lombricomposta, abonos verdes, residuos de cosecha y métodos de labranza de conservación. Esto último es también importante para evitar la inmovilidad del fósforo y posibles problemas con el sodio, el cual podría desplazar

³³ Sin embargo, hay que hacer pruebas de dosis adecuadas, ya que cantidades mayores podrían reflejarse en problemas de lixiviación de nutrientes.

a otros cationes de los coloides minerales, sin embargo, al tener un aporte constante de materia orgánica, los coloides orgánicos harán un trabajo de colchón o “buffer” de este posible problema. De cualquier forma sería uno de los parámetros a observar en futuros estudios.

Finalmente, se reitera que dadas las limitaciones para la colecta de orina en el poblado, y hasta que eso no logre superarse, dosis de uno a tres litros son adecuadas. En huertos de traspatio será más factible ir aplicando, tramo por tramo, la orina que se colecte por la familia. Lo anterior sin descuidar las aplicaciones de estiércol, composta y/o lombricomposta, abonos verdes, espina de nopal y acolchados.

Sitio de plantación de Aguacates.

De acuerdo al mapa edafológico, se trata de un suelo Andosol húmico. Los Andosoles se caracterizan por un horizonte A1 de gran espesor. Se sitúan al norte del Municipio y del Estado, en áreas de reciente actividad volcánica. Pueden sustentar desde selva baja caducifolia, bosques mixtos y bosques de coníferas, sobre un substrato de rocas ígneas basálticas. Estos suelos retienen mucho fósforo que no puede ser absorbido por las plantas. La fase húmica puede amortiguar el problema del fósforo, sin embargo con la deforestación y práctica de agricultura química en ellos, el humus se va perdiendo y el problema del fósforo aparece. Su mejor uso es el forestal. Tienden a ser ácidos, lo cual se acentúa con prácticas agrícolas inadecuadas como monocultivo y aplicación de químicos. En ellos se cultiva mucho el nopal, y como en este sitio, aguacate, cítricos y maíz.

El análisis de suelo nos reporta que presenta una textura Franco-arcillo-limoso, con pH de 5.68 y 2.34 % de materia orgánica.

El clima corresponde al tipo C (w2), templado sub-húmedo. Temperaturas mínimas promedio de 13° C, medias de 24° C y máximas de 38° C. La altitud aproximada es de 1,700 msnm, el promedio de precipitación anual es de 900 mm, concentrados en su mayor parte en verano y de 0 a 20 días de heladas en invierno.

Respecto a plagas, en la región se presentan problemas con araña roja y araña cristalina, que se controlan con citolina + jabón. Trhyps, barrenador del hueso y del fruto, son los principales problemas de insectos a los cuales se les aplica malatión, con lo que se controla un 60 a 70% de los daños.

Aplicación de orina:

La aplicación de orina, se hizo de la misma manera en la cual se aplica el fertilizante químico. Esto es, se hace una zanja muy somera alrededor del árbol, a la altura de la gotera del follaje, y se distribuye homogéneamente el fertilizante en el ruedo.

Durante el almacenamiento de la orina se producen precipitados de sales, los cuales se observan en el fondo de los bidones.. Al aplicar la orina es necesario revolver para que los precipitados se disuelvan.

La muestra de orina aplicada presentó las siguientes características:

PH	9.04
Nitratos (mg/L)	432.62
N-amoniaco (mg/L)	1,492.12
N-orgánico (mg/L)	1,220.80
N-Total (mg/L)	3,145.54
Potasio (mg/L)	2,036.0
Sodio (mg/L)	2,276.0
Fósforo total (mg/L)	1,384.0
Coliformes totales (mg/L)	< 2

Acordamos con Don Abraham, realizar el experimento en el segundo huerto debido a su interés de ver el efecto tanto en los árboles de 1 año como en los árboles adultos.

Aplicación en árboles adultos.

Debido a la heterogeneidad de los árboles adultos (en cuanto a edad y tamaño), en los cuales se aplicarían los tratamientos, se fueron seleccionando grupos de tres árboles, uno chico, uno mediano y uno más grande, para comparar con otros grupos de tres, seleccionados de la misma forma.

Para los árboles abonados previamente con estiércol, se realizó la misma selección.

A cada grupo de árboles se les amarró un listón, de acuerdo a la dosis de orina a aplicar y los resultados se compararon con los árboles sin aplicación de orina (testigos). Las dosis fueron las siguientes:

- Verde: 3 lt/árbol, Amarillo: 4 lt/árbol, Rojo: 5 lt/árbol

- En la franja abonada con estiércol, se tuvo un total de 3 árboles para cada tratamiento, en donde no se había aplicado estiércol, se seleccionó un árbol para cada

La cantidad total de orina aplicada en árboles adultos fue de 48 litros. Se aplicó esta cantidad en dos fechas, el 30 de junio y el 10 de octubre. En total, 96 litros aplicados.

Aplicación en árboles de 1 año.

Se utilizaron los listones verde, amarillo y rojo para marcar las dosis de orina de menor a mayor concentración respectivamente (4 árboles para cada dosis).

-Verde: 1 lt/árbol; Amarillo: 1.5 lt/árbol; Rojo: 2 lt/árbol

Cantidad total de orina aplicada para árboles de 1 año fue de 15 litros. Se aplicó esta cantidad en dos fechas, el 30 de junio y el 10 de octubre. En total 30 litros

Cantidad total de orina aplicada en todo el huerto: 96 lts a los árboles grandes + 30 lts en árboles de 1 año = 126 litros.

Estuvieron presentes, las siguientes personas: Armando Castillo, Eva Romero Terán, Felix, Sr. Abraham Barragán y su hijo, Alejandro.

Durante la aplicación, primero nos observaron y poco después estaban ayudando a la aplicación, con excepción de la Señora Eva, quien se mantuvo a distancia viendo lo que hacíamos. Para ella hay una barrera cultural de aceptación más fuerte. Sin embargo, los Señores puede decirse que aceptaron la práctica de aplicación.

Observaciones y conclusiones

Árboles adultos.

Esta fue nuestra primera experiencia de aplicación de orina directamente, sin diluir. Lo hicimos en un día lluvioso y de hecho sí llovió durante la tarde y noche. De cualquier forma decidimos sobre dosis bajas. Como fruto de esta experiencia pensamos que las dosis pueden aumentar, tanto en cantidad como en frecuencia.

La opinión de Don Abraham respecto al efecto de la orina como fertilizante es que, hasta el 10 de octubre, no se notó diferencia respecto a los árboles con la fertilización que él acostumbra o fertilización convencional³⁴ lo cual deja abierta la puerta para experimentar más y con otras dosis. De los árboles con orina se cosechó aproximadamente la misma cantidad que de los árboles con la fertilización convencional.

Cabe explicar que fue posible realizar sólo una evaluación cualitativa de la cosecha de aguacate debido a las dificultades en tiempos de corte y tiempos de maduración, lo cual hace que la cosecha se efectúe poco a poco y sin un programa previsible. A un árbol, se le cosechan aguacates desde julio hasta febrero, realizando cortes semanales o quincenales, aunque la producción más abundante ocurre en diciembre y enero.

En promedio, los árboles adultos rindieron 7 cajas de 20 kilos cada una y esto no fue diferente respecto a los árboles testigo, es decir, los que se manejaron con el fertilizante químico + estiércol de la manera convencional. Aproximadamente un 20 % de los frutos presentaron daños por picudo del fruto y barrenador del hueso, tanto en los árboles con orina como en los demás.

Árboles jóvenes.

³⁴ Don Abraham (el productor), comenta que cuando se fertiliza químicamente en estas fechas (junio) dos meses más tarde se aprecia el crecimiento del fruto. A los árboles adultos se les pone 2 Kg de triple 17 + 2 a 3 costales de estiércol (de 30 kg). 2-3 Kg de fertilizante /árbol, ahora en junio y luego en septiembre A los pequeños 1 costal de estiércol, 1 puño de Triple 17 (aprox. 100 grs por árbol) + 1-2 kg de lombricomposta – por primera vez este año de 2003 -.

Después del abono químico, se agrega cal para regular el pH a (7-7.5), el pH natural del suelo es de 5.68

Se tomaron las siguientes medidas: altura y diámetro del tallo.

Se utilizó cinta métrica y Vernier. Tomamos la experiencia de que es necesario pintar los árboles o marcarlos de alguna forma para conservar los puntos de referencia en las mediciones subsecuentes. El arrastre de tierra por la lluvia y/o labores culturales puede afectar la medida de la altura y el diámetro del tallo, con referencia de tomar la medida a 15 cm del suelo, puede ser engañoso por el mismo motivo.

De cualquier forma, la experiencia aún es válida pues todos los arbolitos fueron afectados de la misma forma.

Tablas de registro árboles jóvenes.

No. de Árbol	Color	Dosis	Altura 30 de Jun	Altura 3 de Oct.	Altura 8 de Ene	Diferencia cm
1	Rojo	2 lt/árbol	60	64	66	6
2			57	69	72	15
3			53	68	68	15
1	Amarillo	1.5 lt/m	85	103	106	21
2		“	95	118	120	25
3			88	98	98	10
1	Verde	1 lt/árbol	92	94	0	2
2			73	100	116	43
3			95	122	122	27
1	Testigo	Sin orina	91	119	120	29
2	“	“	109	109	115	6
3	“	“	84	107	116	32

No. de Árbol	Color	Dosis	Diámetro Tallo, 11 de Jul	Diámetro 10 de Oct	8 de Enero	Diferencia Cm
1	Rojo	2 lt/árbol	1.9	1.9	1.9	0.0
2			1.6	2.4	2.4	0.8
3			1.0	1.2	1.4	0.4
1	Amarillo	1.5 lt/m	1.4	1.7	1.8	0.4
2			1.7	2.6	2.9	1.2
3			1.8	1.8	2.1	0.3
1	Verde	1 lt/árbol	1.3	1.5	0	0.2
2			2.1	2.8	2.8	0.7
3			2.9	4.3	4.3	1.4
1	Testigo	Sin orina	2.1	2.6	3.1	1.00
2			1.7	2.0	2.1	0.4
3			1.5	1.5	2.0	0.5

En los árboles pequeños con dosis más alta (2 litros por arbolito), se presenta enfermedad de roña, antracnosis y posiblemente enfermedad de la raíz desde el vivero, lo cual pudo afectar su tasa de crecimiento. Sería necesario repetir las observaciones durante y tomar una muestra mayor de arbolitos.

Con los datos disponibles se puede constatar que no hay diferencias entre los tratamientos ni respecto a los testigos, lo cual lleva a una conclusión similar a la de los árboles adultos en el sentido de aumentar las dosis en cantidad y frecuencia para una evaluación más certera. En este caso la dosis para igualar químicamente a los 100 gramos de Triple 17, sería de 5.4 litros por arbolito para el caso del Nitrógeno.

Conclusiones finales

El efecto de la orina como mejorador de la fertilidad de la tierra (incremento de los microorganismos benéficos), vs. el efecto deteriorante de los fertilizantes químicos, y el análisis de costos de colecta, traslado y aplicación de orina vs. compra, traslado y aplicación de fertilizantes químicos, será determinante para la toma de decisiones de los productores.

En este punto es necesario aclarar y considerar que los problemas de logística y costos que representaría coleccionar orina domiciliaria, no hace económicamente viable la propuesta. Es necesario coleccionar la orina de escuelas y sanitarios públicos para obtener volúmenes importantes. Aún así, la orina que es posible recolectar en todo el municipio de Tepoztlán, si se lograra coleccionar la de todas las escuelas y algunos sanitarios públicos en fiestas, sería de aproximadamente 100 mil litros, lo cual, a dosis de 1 litro por metro cuadrado, sólo es suficiente para 10 hectáreas de terreno agrícola.

Por lo anterior, la recomendación es de aplicar las dosis posibles, a un litro por metro cuadrado del área debajo de los árboles (área de sombra), y en ella aplicar también estiércol, composta, lombricomposta y mantener el acolchado natural con las propias hojas que caen de los árboles.

Al igual que para el caso de los nopales, conviene hacer énfasis en el efecto restaurador de la fertilidad que puede tener la orina y demostrar esto con los análisis de laboratorio. Este tipo de estudio se requiere plantear a por lo menos 5 años y actualmente no es tan fácil financiar un proyecto de esta naturaleza y con esa necesaria duración.

El valor económico de la fertilidad de la tierra es algo que no se considera en muchos estudios y análisis de costo-beneficio productivista, sin embargo su efecto en el valor de la tierra y por tanto como bien de capital, es necesario reconocer y hacer notar este beneficio. Quizás, considerándolo, pueda haber apoyos de subsidio, aunado a los beneficios que como consecuencia de la aplicación de orina en el campo, se tendrían en la zona urbana en cuanto a ahorro de agua (y de bombeo de los pozos y a depósitos en las partes altas del poblado), y la no contaminación de cuerpos de agua.

Respecto al aumento de las dosis y su frecuencia, la hipótesis de trabajo es que la orina sirve como alimento a los microorganismos benéficos del suelo³⁵, responsables de la fertilidad del mismo. Como ya se mencionó, las aplicaciones de orina serán más efectivas si se acompañan de otras prácticas tendientes al cuidado de los microorganismos, como los acolchados, las aplicaciones de composta o lombricomposta, abonos verdes, residuos de cosecha y métodos de labranza de conservación. Esto último es también importante para evitar la inmovilidad del fósforo y posibles problemas con el sodio, el cual podría desplazar a otros cationes de los coloides minerales, sin embargo, al tener un aporte constante de materia orgánica, los coloides orgánicos harán un trabajo de colchón o “buffer” de este posible problema. De cualquier forma sería uno de los parámetros a observar en futuros estudios.

Químicamente, el equivalente a 1 Kg de triple 17, serían 54 litros de orina por árbol para igualar las unidades de Nitrógeno, de 123 litros por árbol para igualar la cantidad de Fósforo y 84 litros para igualar la de Potasio. Estas dosis serían las cantidades extremas. En la experiencia de este año 2003, con dosis del 10% de lo estimado químicamente, los árboles respondieron positivamente, lo cual apoya nuestra hipótesis de trabajo, pues en su sombra hay bastante materia orgánica acumulada por aplicaciones de estiércol y la misma hojarasca que se descompone. Entonces, la orina está actuando como alimento y activador de la microbiología del suelo.

Finalmente, se reitera que dadas las limitaciones para la colecta de orina en el poblado, y hasta que eso no logre superarse, dosis de medio litro a un litro por metro cuadrado del área de sombra de los árboles, será suficiente y benéfico. Lo anterior sin descuidar las aplicaciones de estiércol, composta y/o lombricomposta, abonos verdes y acolchados.

³⁵ Sin embargo, hay que hacer pruebas de dosis adecuadas, ya que cantidades mayores podrían reflejarse en problemas de lixiviación de nutrientes.