

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Carrera de Biología



TESINA

**PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO PARA EL USO DE ORINA HUMANA
FERMENTADA COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN LA AGRICULTURA Y
PARA LA REGENERACIÓN DE SUELOS, CENTRADO EN EL CONCEPTO DE
SANEAMIENTO ECOLÓGICO URBANO.**

Jerónimo Roberto Canales Chávez

Asesor Biol. Víctor Manuel Esparza Martínez

PLANTA PILOTO Y LABORATORIO PARA LA ENSEÑANZA EN LA PRODUCCIÓN DE HONGOS
COMESTIBLES Y MEDICINALES CULTIVADOS, PROYECTOS PRODUCTIVOS, JARDÍN BOTÁNICO

Av. De los Barrios No 1 Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. CP 54090



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

AGRADECIMIENTOS

A mi madre que ha sido una verdadera familia para mi, que nunca dejo que la adversidad nos derrotara y que siempre a sido mi amiga, mi madre y mi padre.

Nadie como tu Ma

A mis incontables maestros de la vida, que dejaron una imborrable certeza para discernir entre lo que esta bien y lo que no.

A mi familia, a los que ya están y a los que vienen, no pude tener una mejor. Muy en especial a mi tío Juan Valencia q.e.p.d., que en breve tiempo me dio grandes lecciones de la vida que siempre estarán en mi corazón

DEDICATORIA

Dedico esta tesina al campo mexicano, mal manejado, mal valorado.

A los campesinos defraudados por el sistema que da un valor mayor a lo intrascendente, dejando lo más valioso expuesto a la voracidad de las transnacionales.



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

INDICE

Agradecimientos.....	2
Dedicatoria.....	2
Índice.....	3
Introducción.....	5
Antecedentes.....	19
Justificación.....	31
Objetivos.....	32
Material y métodos.....	33
Resultados.....	34
Propuesta de Plan de Manejo.....	36
Presentación.....	37
Capítulo I. Plan de manejo.....	37
1.1 Marco legal.....	37
1.2 Propuesta de plan de manejo.....	50
1.3 Metas.....	53
1.4 Puesta en marcha.....	54
1.4.1. Educación y participación pública.....	54
1.4.2. Campañas de difusión y capacitación de producción y aprovechamiento de FLO de urea.....	55
1.5. Dimensiones del PM.....	58
1.6. Manejo directo.....	61
1.7. Procesos articulares.....	62
1.8. Administración.....	63
1.9. Valorización.....	63
1.10. Beneficios.....	63
1.11. Alcances.....	65



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

Capítulo II. Guía de producción de Fermento Líquido Orgánico de urea (FLOU) y tierra de hoja (humus) así como su aprovechamiento en cultivos para la escala individual y familiar.....	66
Introducción.....	66
2.1. Producción de Fermento líquido orgánico de urea (FLOU)	69
2.2. Separación de orina desde la fuente (tratamiento primario).....	72
2.2.1. Separación convencional.....	72
2.2.2. Alternativa de bajo costo para separar orina desde la fuente.....	74
2.3. Almacenaje (tratamiento secundario).....	76
2.4. Fermentación (tratamiento final).....	78
2.5. Medidas de seguridad e higiene.....	82
2.6. Aprovechamiento.....	83
2.6.1. Huerto organopónico.....	83
2.6.2. Uso en suelo de uso extensivo.....	92
2.6.3. Regeneración de suelo utilizando orina humana.....	95
Capítulo III. Análisis FODA: Implementación de la producción y aprovechamiento de FLO de urea.....	97
3.1. Fortalezas.....	97
3.1.1. Agrícolas.....	97
3.1.2. Múltiples (sociales, ambientales y económicos).....	98
3.2. Debilidades.....	99
3.3. Oportunidades.....	100
3.4. Amenazas.....	102
Capítulo IV. Discusión y conclusiones.....	104
4.1. Discusión.....	104
4.2. Conclusiones.....	108
Referencias bibliográficas.....	113



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO PARA EL USO DE ORINA HUMANA FERMENTADA COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN LA AGRICULTURA Y PARA LA REGENERACIÓN DE SUELOS, CENTRADO EN EL CONCEPTO DE SANEAMIENTO ECOLÓGICO URBANO.

INTRODUCCIÓN

La historia y desarrollo de la humanidad se hallan inexorablemente vinculados al estado del medio ambiente. No obstante, muchas naciones del mundo, incluido México, enfrentan actualmente problemas ambientales derivados de su propio desarrollo, algunos de gran importancia y que requieren de soluciones que garanticen el futuro de las generaciones por venir. Durante mucho tiempo, los temas ambientales carecieron de la importancia que requerían en la agenda de desarrollo de los países. Sin embargo, la combinación de un mejor conocimiento de la situación del medio ambiente y los recursos naturales con los efectos sociales del deterioro ambiental por ejemplo, en las enfermedades asociadas a la contaminación del aire, agua y suelos; o la mala calidad y escasez del agua; marcaron la necesidad de considerar el componente ambiental en las políticas de desarrollo (Semarnat, 2008).

La historia de la agricultura coincide con la de los primeros poblados humanos pues con ella terminó el nomadismo y también con ella se inició la diversidad en la división del trabajo. La cronología de la agricultura está íntimamente ligada con la de la alimentación y con la cultura para el uso de los recursos naturales. En Asia y medio oriente existe una cultura agrícola milenaria. La India, Europa, África y en prácticamente todo el mundo aún subsisten comunidades campesinas e indígenas que practican una agricultura tradicional, heredada de generación en generación, depositaria de miles de años de conocimientos basados en la experimentación y en la observación de la diversidad vegetal y animal, del clima y los microclimas, de los



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

diferentes tipos de tierras, de la domesticación de especies animales y vegetales de la manera de cocinarlos y almacenarlos, de los ciclos cósmicos y los ritos culturales relacionados con ellos. En el caso de México tenemos aún vivas las chinampas, las cuales son un caso único en el mundo de una gran cultura para el manejo de agua y un claro ejemplo de agricultura urbana en una gran ciudad (Arroyo, 2000). Tlazolteotl, deidad de la tierra mesoamericana de origen huasteco, asociada (entre otros atributos) al proceso de composteaje y al abono, de esta deidad se señala tener la facultad de comer putrefacción y parir vegetación (Figura 35) (Giasson, 2001).

Es importante mencionar los avances surgidos en Europa; principalmente en Inglaterra durante los siglos XVI a XIX, ya que fue ahí en donde se dieron los avances más trascendentales y cuyo impacto fue mayor a nivel mundial. Además, es en Inglaterra, en donde empezaron a surgir los métodos más innovadores de producción agrícola, y es donde se le da el vuelco hacia una auténtica ciencia. Se crean universidades en las cuales estudiaban agricultura y hacían experimentos novedosos, es en este punto donde se empiezan a hacer las grandes divisiones existentes entre los países con agricultura avanzada y con un gran retraso en esta actividad (Carmona, 2004).

A mediados del siglo XIX, en Alemania, el investigador Justus Von Liebig descubrió que los vegetales se alimentan a través de las raíces de elementos tales como nitrógeno, fósforo, potasio, (principalmente) y calcio, magnesio, fierro, zinc, etc. Con este descubrimiento se inició el desarrollo de lo que ahora es la industria química de los fertilizantes, la cual, tuvo su apogeo en el siglo XX, desde los años 20's pero sobre todo en los años 60's, con el desarrollo de la llamada "revolución verde", con la cual se fomentó el empleo de fertilizantes de síntesis química industrial pesada y mejoramiento genético de las semillas para siembra. A todo este desarrollo se le denomina "agricultura moderna" y es en la que aún actualmente se enseña en la mayoría de las escuelas de agricultura y de ella se ocupan aún la mayor parte de los recursos para la investigación agronómica. Desde la década de los años 20's,



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

algunos científicos, pensadores, agrónomos y algunos agricultores, pudieron prever los daños que la “agricultura moderna” podría causar tanto a la tierra y a los recursos naturales, como a los consumidores de los alimentos producidos con esa tecnología y desde entonces plantearon una agricultura alternativa que actualmente es conocida como “agricultura orgánica”, “agrobiología” o bien “agroecología” (Arroyo, 2000).

Los dramáticos aumentos en la productividad de los cultivos en la agricultura, han sido acompañados en muchos casos por degradación ambiental, (erosión del suelo, contaminación por plaguicidas y salinización), problemas sociales (eliminación del predio familiar; concentración de la tierra, los recursos y la producción; crecimiento de la agroindustria y su dominio sobre la producción agrícola; cambio en los patrones de migración rural/urbana) y uso excesivo de los recursos naturales. Recientemente la agricultura se ha visto sometida en forma creciente a las restricciones de los precios inflacionarios del petróleo. Los problemas de la agricultura moderna pueden ser aún más difíciles cuando la tecnología occidental convencional, desarrollada en específicas condiciones ecológicas y socioeconómicas, se aplica a países en desarrollo, como es el caso de algunos programas de la “Revolución Verde” (Altieri, *et al*, 1999).

En la década de los 50’s Hans Muller y colaboradores desarrollarían el método bioorgánico, que enfatiza la importancia que existe en las empresas agropecuarias el ciclo biológico “suelo-plantas-animales-humanidad” y el equilibrio de nutrientes, siendo el concepto clave la fertilidad del suelo. (Arroyo, 2000).

La agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo a través de prácticas que evitan el uso de productos de síntesis químicas como los fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas, reguladores del crecimiento en plantas y animales, así como aguas negras, edulcorantes y conservadores sintéticos en productos transformados.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Finalmente, tiene por objetivo obtener alimentos sanos, libres de contaminación y de alta calidad nutritiva. Los sistemas de producción orgánica se basan en normas de producción específicas y precisas cuya finalidad es lograr agroecosistemas óptimos que sean sostenibles desde el punto de vista, ecológico y económico (Gómez, *et al.*, 2006). Al gestionar la biodiversidad en el tiempo (rotación de cultivos) y en el espacio (cultivos mixtos), los agricultores orgánicos utilizan su trabajo y los servicios medioambientales para incrementar la producción de una forma sostenible. La agricultura orgánica rompe también el círculo vicioso del endeudamiento para conseguir insumos agrícolas comerciales. El rasgo principal de la agricultura orgánica es que se basa en recursos productivos que se encuentran a nivel local y no dependen de combustibles fósiles. Trabajar con procesos naturales incrementa la rentabilidad y la resistencia de los ecosistemas agrícolas a las condiciones climáticas adversas. La mayor parte de la producción de alimentos orgánicos certificados en los países en desarrollo se destina a la exportación, cuando los cultivos comerciales certificados van ligados a mejoras agroecológicas y un incremento de los ingresos para los campesinos pobres, se produce una mejora en la autosuficiencia alimentaria y una revitalización de la agricultura a pequeña escala” Para convertirse a la agricultura orgánica son necesarios algunos requisitos, principalmente conocimientos agroecológicos y disponibilidad de mano de obra. “Gestionar la agricultura orgánica supone un enfoque basado en el conocimiento que requiere comprender los procesos agroecológicos. (F.A.O. 2007).

El uso contemporáneo del término agroecología data de los años 70, pero la ciencia y la práctica de la agroecología son tan antiguas como los orígenes de la agricultura. La agroecología a menudo incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente; centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción. Implica un número de características sobre la sociedad y la producción que van mucho más allá de los límites del predio agrícola”. A medida que los investigadores exploran las agriculturas indígenas, las que son reliquias modificadas de formas agronómicas más antiguas, se hace más notorio que muchos sistemas agrícolas



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

desarrollados a nivel local, incorporan rutinariamente mecanismos para acomodar los cultivos a las variables del medio ambiente natural, y para protegerlos de la depredación y la competencia. Involucra la administración de otros recursos además del cultivo propio. Estos sistemas de producción fueron desarrollados para disminuir riesgos ambientales y económicos además mantienen la base productiva de la agricultura a través del tiempo. La agroecología va más allá de una mirada unidimensional de los agroecosistemas: de su genética, agronomía, edafología, etc. Esta abarca un entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de la coevolución, la estructura y funcionamiento de los sistemas. La agroecología alienta a los investigadores a conocer de la sabiduría y habilidades de los campesinos y a identificar el potencial sin límite de re-ensamblar la biodiversidad a fin de crear sinergismos útiles que doten a los agroecosistemas con la capacidad de mantenerse o volver a un estado innato de estabilidad natural. El rendimiento sustentable de los agroecosistemas proviene del equilibrio óptimo de cultivos, suelos, nutrientes, luz solar, humedad y otros organismos coexistentes (Altieri, *et al.*, 1999).

Se prevé que la tierra cultivable de los países en desarrollo aumentará un 12 por ciento (120 millones de hectáreas más), en su mayor parte en Sudamérica y en el África subsahariana, y una parte considerable, aunque desconocida, de ella procederá de la deforestación. El mayor uso de agroquímicos, dará lugar a una contaminación más generalizada de los recursos hídricos por nitratos, además de la degradación de suelos (F.A.O. 2007). La erosión es el principal problema edáfico en los terrenos agrícolas en México, donde las características de su clima tropical, la baja estabilidad de sus diferentes tipos de suelo y la marginación y la pobreza de sus habitantes aceleran la pérdida de suelo. 32 millones de hectáreas con grados de erosión severa y muy severa y una producción anual de 535 millones de toneladas de sedimentos; de estos 69% descarga al mar y 31% se deposita en obras de almacenamiento (SEMARNAT, 1996). Por otra parte, desde 1983 se estima que 43% de los suelos en México había perdido del 25 al 75% de su capa arable y su productividad, disminuido en un 33% (García 1983; Vázquez 1986). No obstante la gravedad del problema no se visualiza en el corto plazo ya que el efecto de la



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

erosión no se registra de inmediato en la productividad, debido a que el uso intensivo de fertilizantes, aunado a condiciones favorables de humedad ocultan este efecto (Arce Díaz, *et al.*, 1993). Cada vez hay mayor preocupación por la pérdida permanente de fertilidad de los suelos e incluso los agrónomos conservadores reconocen que los métodos agrícolas actuales no son sostenibles” (Esrey. *et al.* 2001). Sin embargo la productividad decrece al disminuir la profundidad del suelo, por que disminuye la disponibilidad de agua para las plantas (Jones, *et al.*, 1989).

La SEMARNAT y el Colegio de Posgraduados en 2003 afirman que: El 45.2% de la superficie del país presentaba degradación inducida por el hombre. El nivel de degradación predominante era de ligero a moderado, mientras que los procesos más importantes de degradación fueron la química (principalmente por la pérdida de fertilidad), la erosión hídrica y la erosión eólica. Estos tres procesos fueron responsables del 87% de los suelos degradados en el país. Entre las principales causas de degradación se identificaron el cambio de uso del suelo para fines agrícolas y el sobrepastoreo (17.5% en ambos casos). La deforestación (7.4%) ocupa el tercer lugar, seguida de la urbanización (1.5%). Todas estas causas tienen una importante relación con la afectación de la cubierta vegetal, responsable de la conservación del suelo (SEMARNAT-Colegio de Posgraduados, 2003).

La sostenibilidad ambiental, está relacionada directamente con el ciclo del agua y las intervenciones del hombre con el mismo, tanto en su extracción uso y eliminación. La conservación del agua, el suelo y la vegetación, dependen invariablemente del impacto acumulado de este proceso, las perspectivas de un cambio climático mayor, con el subsecuente aumento de las temperaturas en el planeta, implica transformaciones radicales en el ciclo del agua y por ende en su disponibilidad y utilización, para ello se hace imperioso mejorar radicalmente el ahorro del agua, aumentado al mismo tiempo los sistemas de depuración y eficiencia en diversos usos. Hay que considerar que el ser humano influye invariablemente en el ciclo del agua en dos formas distintas; bien directamente, mediante extracción de las mismas y posterior vertido de aguas contaminadas o bien indirectamente alterando la



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

vegetación o la cobertura del suelo, ambas formas de impacto alteran el régimen de circulación y la calidad de las aguas. Nuestros esfuerzos deben enfocarse en obtener un uso más eficaz y no aumentar el suministro. Esto sin contar el daño que el sobreuso del agua está provocando en los sistemas acuáticos que ó están contaminados o en proceso de desecación (Miracle, 2006).

La descarga de las aguas residuales, genera contaminación que deriva en promedios muy altos de enfermedad, desnutrición y muerte, esto se debe a la falta de sanitarios y servicios adecuados de saneamiento. Esta carencia de servicios sanitarios adecuados es el resultado de factores diversos como: fuentes de financiamiento deficientes, agua insuficiente, falta de espacio, condiciones adversas del suelo y capacidad institucional limitada. En la medida que crezcan las ciudades y la población se incremente, la situación empeorará y la necesidad de sistemas sanitarios seguros, sustentables y accesibles será aun más crítica (Esrey, *et al.*, 2001).

En muchas ciudades, pueblos y áreas rurales del mundo actual, la gente vive y cría a sus hijos en ambientes altamente contaminados. Las áreas urbanas y suburbanas de los países en desarrollo son los hábitats más contaminados y con mayor incidencia de enfermedades en el mundo. El crecimiento urbano se ubica, casi siempre, en asentamientos irregulares donde los municipios no desean ó no pueden proveer de servicios como agua corriente, alcantarillado, drenaje y recolección de basura. El tratamiento efectivo de aguas negras es tan caro que raras veces se realiza, especialmente en las áreas urbanas en crecimiento de los países en desarrollo. En consecuencia, los habitantes de bajos ingresos usan alguna variante del sistema de caída y depósito que responda a sus necesidades. (Esrey, S., *et al.*, 1998).

En marzo de 2006, la ciudad de México fue sede del IV Foro Mundial del Agua, teniendo como tema central "Acciones locales para un reto global", en el que se consideró que, independientemente de las causas que originan los problemas del



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

agua, éstos tienen mayor impacto a nivel local. Por tanto, las acciones locales son clave para generar resultados concretos que al vincularse con diferentes sectores y regiones, permitirán un acercamiento a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, el Plan de acción de la Cumbre Mundial del Desarrollo Sostenible y la Agenda 21. En atención a la recomendación de este foro, Naciones Unidas instituyó el 2008 como Año Internacional del Saneamiento (INEGI, 2010).

Actualmente en países con escasez de agua y de otros recursos, se utilizan 15,000 litros de agua tratada o potable por persona al año para evacuar 500 litros de orina y 35 kg de heces fecales *per capita*. En los países en desarrollo, más del 90% de las aguas residuales se descarga sin tratamiento alguno en aguas superficiales, contaminando ríos, lagos y zonas costeras. La descarga de aguas negras proveniente de sistemas de drenaje convencional es el mayor causante de contaminación de agua en todo el planeta lo que contribuye a una mayor saturación de partículas en el agua, el florecimiento de algas tóxicas (por ejemplo la marea roja) y el alejamiento del turismo de zonas costeras (como uno de los efectos económicos inmediatos) (Esrey, *et al.* 2001).

En países del tercer mundo muchas personas no tienen acceso a sistemas seguros de saneamiento. Si se quiere atender este problema tenemos que rebasar los centralizados sistemas sanitarios de fin en la cañería del mundo industrial. Nuevas tecnologías basadas en el saneamiento ecológico, que no ensucian agua y reciclan nutrientes locales abren opciones sustentables tanto a países ricos como pobres. En la reunión de los Objetivos para el Desarrollo del Milenio (MDGs por sus siglas en inglés) el tema de la sanitización es el más lento de todos, con enormes vacíos existentes entre los logros alcanzados y la realidad actual. El abasto de agua y el saneamiento son piedras angulares de la salud pública, tanto como “buenas prácticas” sociales y económicas. El saneamiento como sea, recibe menos prioridad durante la planeación en creación de políticas, presupuestos e implementación, mientras más recursos son asignados al abasto. Son necesarios para alcanzar el saneamiento en el marco de la Reunión MDG, más atención y la asignación de



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

recursos. El total de recursos necesarios es fuertemente dependiente de la elección de tecnología (Jensen, 2004).

Ambiental y económicamente las técnicas de reutilización de las aguas residuales son beneficiosos, y financieramente viables, a condición de que puedan adoptarse estructuras *in situ*, y que estén diseñados con un plazo de tiempo razonable. Un estudio de reciclaje de desechos humanos de Rohrer y Geiger (1998) ha mostrado que en los desechos de áreas descentralizadas en Suiza, existen aproximadamente £88 000 (USD 133,760) en el valor del nitrato y una cantidad igual en el valor del fosfato para uso en la agricultura contenidas en aproximadamente 2.4 millones de metros cúbicos de aguas residuales por año. Por otro lado investigaciones posteriores en el coste respecto a las opciones de gestión de aguas residuales son necesarias. Este es el caso de los sistemas de tratamiento convencionales cuando los costos no se descomponen completamente. Este es también el caso de nuevas técnicas donde los costos son a menudo difíciles de obtener. Los costos de construcción pueden cambiar considerablemente en los próximos años, como las consecuencias del efecto invernadero que podrían comenzar a sentirse. Esto puede resultar en un aumento de los precios para la construcción y el transporte, en el caso de los impuestos sobre el dióxido de carbono de los combustibles fósiles que se perciban en el futuro. Por lo tanto la construcción de plantas de depuración de aguas residuales que consumen una gran cantidad de energía incorporada, puede llegar a ser más costoso que en la actualidad y esto puede inclinar la balanza hacia formas que requieran menos energía para el tratamiento de aguas residuales o incluso la reducción de aguas residuales domésticas. Algunas técnicas dentro de este contexto pueden incluso generar ingresos y puestos de trabajo. En cuanto a la cuestión económica, desde este ángulo, las técnicas ecológicas pueden ser vistas de mejor manera, sobre todo cuando existe la posibilidad de sustituir parcial o totalmente la energía no renovable y los fertilizantes. Empleos se puede generar en la construcción y mantenimiento de estas técnicas (con el dinero ahorrado para invertir en las técnicas convencionales), en un mayor desarrollo de las técnicas, y en la comercialización de los posibles subproductos. (Burkhard, 2000).



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala
Carrera de Biología**

El saneamiento ecológico no promueve una tecnología específica sino que es un enfoque que se basa en una visión integral de los ciclos naturales de los recursos, considera al agua residual y a los excrementos como recursos y no como residuo, usa los principios básicos de la naturaleza en cerrar los ciclos de agua y nutrientes utilizando tecnologías modernas y seguras, así como da la oportunidad de escoger entre más opciones de sistemas de saneamiento (Björn, 2007). Es un enfoque alternativo para el manejo y gestión de recursos tanto hídrico como de fertilidad de los suelos. Tratando las excretas humanas desde la fuente, sanitizándolas y luego reciclando los nutrientes contenidos en ellas se crea un sistema de ciclo cerrado, es decir, permite la recuperación de los nutrientes, oligoelementos y energía contenidos en los desechos domésticos (líquidos y sólidos), para su posterior uso en la agricultura como fertilizantes. (Avendaño, 2004; Esrey *et al.* 1998; Schönning [*prev. Höglund*, 2001]).

La orina y las heces son dos elementos separados con diferentes características en términos de patógenos, contenido nutritivo y beneficio para el suelo y las plantas. Básicamente, las heces contienen todos los patógenos, y aunque también contienen relativamente grandes proporciones de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) en contraste su contenido en las aguas grises es bajo y diluidas con grandes cantidades de agua, mientras que la orina contiene hasta 80% de valor fertilizante (en términos de los nutrientes que requiere una planta) (Kirchmann, 1995; Jönsson *et al.*, 2000; Schönning [*prev. Höglund*, 2001]; Esrey, 2001 a). El riesgo para la salud en el rehúso de excretas reside principalmente en la fracción de los fecales. Su separación posibilita un tratamiento higiénico y la producción de un abono para el mejoramiento de la estructura de los suelos, la agricultura y la acuicultura. (Avendaño, 2004).

La cuestión de si el uso de orina humana en suelo agrícola es conveniente es una de las cuestiones clave en sistemas de alto perfil. Diferentes aspectos relacionados



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

al uso de la orina en la agricultura, como el higiénico y el toxicológico tanto como el agronómico, necesitan ser investigados (Kirchmann, 1995).

La orina, fracción de las aguas residuales denominada como aguas amarillas, representa cerca del 90 por ciento de la excreta humana (Avendaño, 2004), su separación es actualmente bien documentada y puede ser recomendada para implementación bajo condiciones específicas. Por otro lado, es la fracción de los desechos urbanos que contiene las más grandes proporciones de nutrientes, aproximadamente 70% del nitrógeno total de los desechos está en esta fracción (Jönsson, H., *et al.*, 2001). La orina usada directamente o después de ser almacenada es una alternativa de alta calidad y de bajo costo para la aplicación de un fertilizante mineral rico en nitrógeno para la producción de plantas (Jönsson, H., *et al.*, 2004). También contiene el 50% del fósforo y 50% del potasio existentes en el total de desechos, esto significa que es interesante el separarla desde la fuente para su uso en la agricultura (Jönsson, *et al.*, 2001). Los nutrientes en la orina están en forma de iones y su disponibilidad para las plantas se compara bien con los fertilizantes químicos (Johansson *et al.*, 2001; Kirchmann, 1995; Jönsson, *et al.*, 2004).

La orina es filtrada por los riñones y solo contiene sustancias con bajo peso molecular, en la excreción, el pH de la orina está normalmente alrededor de 6, pero puede variar entre 4.5 y 8.2. Del nitrógeno, 75% a 90% es excretado como urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] y el resto como amonio (NH_4) y creatinina. En presencia de la enzima ureasa, la urea es rápidamente degradada en amonio y dióxido de carbono y los iones hidróxido producidos incrementan el pH a 9-9.3. Normalmente la ureasa se acumula con la orina en el sistema de tubería, por esto la transformación en el sedimento es veloz, usualmente en horas. El amonio, es directamente aprovechado por las plantas y es un excelente fertilizante de nitrógeno, que es verificado por el hecho de que la urea (que es degradada en amonio por la ureasa en el suelo) y el amonio son dos de los fertilizantes de nitrógeno más usados en el mundo. Muchos cultivos prefieren el nitrato de amonio, pero esto no es problema, ya que el amonio aplicado al suelo arado es transformado en pocos días a nitrato de amonio (por



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

acción de nitrobacterias). En suelos con baja actividad microbiana, este proceso puede prolongarse. La disponibilidad del nitrógeno (N) de la orina para las plantas es el mismo que el de la urea o el amonio sintéticos, esto es de esperarse, pues el 90 al 100% de la orina se encuentra como urea o amonio y esto es verificado por experimentos de fertilización. El fósforo (P) en la orina es casi enteramente (95-100%) inorgánico y es excretado en forma de iones fosfato. Estos iones son directamente aprovechables por las plantas y no es de sorprenderse que su disponibilidad ha sido encontrada siendo tan buena como la de fuentes sintéticas de fosfato. El potasio (K) es excretado en la orina como iones que también son directamente aprovechados por las plantas. Está en la misma forma que el aportado por fuentes sintéticas y sus efectos fertilizantes, deben ser los mismos. El azufre (S) es básicamente excretado en forma de iones libres de sulfato, que son directamente aprovechables por las plantas, estos son de la misma composición que el fosfato en muchos fertilizantes químicos sintéticos y sus efectos fertilizantes deben ser los mismos (Kirchmann, 1995; Jönsson *et al.*, 2004)

Estudios realizados sobre el tema, indican que la orina humana puede ser considerada como un excelente fertilizante (comparando su eficiencia con fertilizantes artificiales como el NPK), debido a la concentración de nutrientes y a la disponibilidad de estos para ser usados por las plantas (Avendaño, M. 2004).

En campos de prueba en cultivos orgánicos en Suecia durante 1997 a 1999 la orina humana fue probada como fertilizante en trigo de invierno. Fue comparada con composta de estiércol de pollo y harina de hueso. Se obtuvo 18 Kg de grano por cada Kg de nitrógeno, 14 Kg para composta de estiércol de pollo y 10 para harina de hueso (Lundström y Linden, 2001).

La orina humana puede usarse como fertilizante por el productor casero o recolectarse a nivel comunitario, para su uso posterior con los productores agrícolas. Cuando la orina se aplica en suelo abierto, no es necesario diluirla. Si se usa para plantas debe diluirse, para prevenir que se quemen. Usualmente se mezcla en proporción de 1:2 a 1:5 partes de agua. Donde no existe el interés en usar la orina



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

de modo práctico es posible depositarla en una cama de evapotranspiración o bien evaporarla, hasta que el productor se haya convencido de su valor como fertilizante (Esrey, *et al.*, 1999).

La transformación de orina humana en fertilizante, no representa un riesgo a la salud si se maneja en sistemas de separación y con distintos periodos de desactivación de patógenos sin hidratación (dependiendo del tipo de cultivo que se quiera fertilizar) y siguiendo medidas de disminución de riesgos (Kirchmann, 1995 y Schönning [*prev. Höglund*], 2001; Jönsson, 2001).

En una persona sana, la orina es estéril en la vejiga. Cuando se transporta fuera del cuerpo, diferentes tipos de bacterias dérmicas son recogidas, la orina recién excretada normalmente contiene aproximadamente 10 000 bacterias por ml, los patógenos que pueden ser transmitidos a través de la orina, son raros y suficientemente comunes para no constituir un problema de salud pública, con la reutilización de orina humana en climas templados. Una excepción en zonas tropicales es la esquistosomiasis (Reyes, 2004), que sin embargo implica un bajo riesgo debido a su ciclo de vida cuando un caracol es necesario como huésped intermediario. Además, la inactivación de patógenos urinarios excretados previa a su liberación en el ambiente reduce su capacidad de transmisión (Schönning [*prev. Höglund*], 2002).

Incrementar la circulación de nitrógeno y potasio presentes en aguas de drenaje hacia suelo agrícola conduce a la construcción de modelos de baño separadores de orina y heces (H. Kirchmann & S. Pettersson. 1995). Al mismo tiempo la orina constituye menos del 1% del volumen total del agua de drenaje, dado esto es posible colectar un fertilizante relativamente concentrado al separar la orina del agua de drenaje. Su efecto en cultivos de cereales en cuanto a nitrógeno fue cercano ($\sim\pm 90\%$) al obtenido por fertilizantes químicos y para fósforo tuvo el mismo efecto que el químico (Jönsson *et al.*, 2001, 2004). Los niveles de metales pesados presentes en la orina fueron muy bajos. Mercurio, cadmio y plomo todos por debajo



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

de los límites de detección, 0.0004, 0.0013 y 0.027 mg/l respectivamente, por lo tanto la orina se puede considerar un fertilizante muy limpio. (Kirchmann, 1995; Jönsson *et al.* 2000; 2001; Schönning [prev. Höglund], 2001).

El uso de orina humana fermentada resulta una excelente opción como fertilizante líquido orgánico (FLO), esto es debido a que en ella se encuentran todos los nutrientes que las plantas requieren para su crecimiento y gracias al proceso de fermentación, se logra que se formen millones de microorganismos benéficos para el proceso de composteo y por tanto para que la hojarasca con la que se llenan los recipientes (módulos organopónicos) se convierta en tierra de hoja después de 8 a 10 meses. Con la organoponía se fabrica tierra al mismo tiempo que se producen vegetales (Arroyo, 2000).

El saneamiento ecológico, donde los excrementos humanos desinfectados se utilizan en la agricultura, es un concepto que a menudo quedan fuera del marco normativo vigente. Una de las razones podría ser que la implementación del concepto de saneamiento ecológico implica actividades que tocan más áreas sociales que el saneamiento convencional, por lo tanto, lo hacen sujeto de diferentes formas de regulación. Dos aspectos relacionados con el saneamiento en general son la salud pública y protección del medio ambiente. Sin embargo, en la aplicación del saneamiento ecológico también hay una necesidad de centrarse en la regulación agrícola, ya que el objetivo es el uso agrícola de los excrementos humanos. A menudo el débil marco legal e institucional en muchos países hace que sea difícil de aplicar y ampliar las soluciones de saneamiento ecológico. En una investigación llevada a cabo en 11 países de América Latina, la regulación de reutilización de aguas residuales en la agricultura mostró que la mayoría de los países carecían de tales regulaciones, y esto también sugiere que el reciclado de los nutrientes de los sistemas de agua podría no estar cubiertos por la legislación vigente en esos países (Johansson, *et al.*, 2005).



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

ANTECEDENTES

Cart *et al.* en 2009 definen a los fertilizantes orgánicos como una enmienda de suelos derivados de fuentes naturales que garanticen, por lo menos, los porcentajes mínimos de nitrógeno fósforo y potasio como nutrientes. Los ejemplos incluyen el origen de plantas y subproductos animales, polvo de rocas, algas, inoculantes y acondicionadores.

Trinidad en 2010, afirma que los abonos orgánicos deben considerarse como la mejor opción para la sostenibilidad del recurso suelo; su uso ha permitido aumentar la producción y la obtención de productos agrícolas orgánicos; esto es, ha apoyado al desarrollo de la agricultura orgánica que se considera como un sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva sin el uso de insumos de síntesis comercial. Los productos obtenidos bajo este sistema de agricultura consideran un sobreprecio por su mejor calidad nutritiva e inexistencia de contaminantes nocivos para la salud. Asimismo se logra tener un medio biológicamente activo en donde existe una correlación positiva entre el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica en el suelo. En relación con la disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica del suelo juega un papel importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales convirtiéndolos en formas aprovechables para las plantas. Los abonos orgánicos pueden prevenir y controlar la severidad de las enfermedades del suelo, atribuyendo este efecto al incremento de la actividad biológica del suelo para amortiguar los patógenos, a la reducción de éstos por la competencia que se establece con los microorganismos no patógenos del suelo, al aumento del contenido de Nitrógeno amoniacal en el proceso de mineralización y al incremento de la capacidad de los hospedantes para provocar rechazo hacia los patógenos. Al aplicar materiales orgánicos al suelo, se promueven el crecimiento de raíces y la absorción de nutrimentos con repercusión en el rendimiento. La diversidad de la microflora en o alrededor de las raíces en estos cultivos aumenta y se correlaciona negativamente



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

con la incidencia de enfermedades radiculares en las plantas, por efecto de un aumento de microbiostasis en la rizósfera.

Espino en 2006, reconoce que en la actualidad la incorporación de fertilizantes y abonos orgánicos en suelos agrícolas es una práctica que ha recuperado la importancia en los últimos años a nivel mundial. El manejo de los abonos orgánicos ha sido tradicionalmente utilizado por los agricultores de pequeñas extensiones de tierra, incorporando directamente materiales orgánicos. En los últimos años, el uso de abonos orgánicos a nivel mundial ha cobrado cada vez más importancia por distintas razones. Desde el punto de vista ecológico se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonizan con el cuidado del ambiente. En el aspecto económico el uso de abonos y productos orgánicos se ha fomentado gracias a la agricultura orgánica; que finalmente, es una respuesta a una mejoría en las prácticas agrícolas. La agricultura orgánica representa un valor agregado a los productos que se obtienen, sus precios son mayores que los de la agricultura convencional por lo que esta práctica se hace más atractiva para el productor.

Schönning en 2001 hace una cronología del uso de excretas humanas a lo largo de la historia encontrando que en muchos países la excreta humana tiene tradicionalmente uso para la fertilización de cultivos. En Japón el reciclaje de orina y heces fue introducido en el siglo XII, en China la excreta humana y animal han sido composteadas desde hace miles de años. En ciudades suecas organizaban colecta y transporte de productos de letrina a los granjeros a comienzos del siglo XVIII, con el aumento poblacional las cantidades se incrementaron y las alternativas de tratamiento para facilitar la manipulación de excretas fueron desarrolladas. Una mezcla de productos de letrina y turba proveía un fertilizante sin olor que podía ser transportado largas distancias. Disminuir el riesgo de la transmisión de enfermedades fue otra implicación para el largo refinamiento de los productos de letrina, éstos fueron también mezclados con cal para producir nitrato de amonio (limes amoniam nitrate) y sulfato de amonio. Otro producto usado como fertilizante fue "urat" consistiendo solo de orina mezclada con humus de turba. Durante el siglo



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

XIX la orina fue comercializada y usada como detergente para lavar ropa en Dinamarca. En Suecia la orina ha sido usada para untar en heridas y en algún punto para beber como terapia. Otro uso histórico de la orina incluye el curtido de pieles y la producción de pólvora.

La Agencia de Cooperación y Desarrollo Internacional (SIDA) y el Instituto de Medioambiente (SEI) de Suecia formaron y respaldaron en 1990 un grupo internacional de planificadores urbanos, ecologistas, ingenieros, biólogos, agrónomos, arquitectos y especialistas del campo social quienes desarrollaron un sistema de saneamiento alternativo al cual denominaron "Ecological Sanitation"; conocido y aplicado internacionalmente por su forma más abreviada como ECOSAN. Su fundamento es separar en origen la orina de la materia fecal basándose en tres principios fundamentales:

- Prevenir la contaminación en vez de ampliar la infraestructura sanitaria para tratar los efluentes cloacales antes de ser vertidos a los recursos superficiales.
- Higienizar la orina y la materia fecal para prevenir fundamentalmente las enfermedades hídricas que representan el 2º riesgo mundial (6,8%) en disminuir la expectativa de vida.
- Aplicar el concepto de rehúso de los efluentes cloacales separados como productos seguros en la fertilización natural para la agricultura (Peralta, 2007)

Jönnsón *et al.* en 2001 respecto a la experiencia sueca reconoce que los baños separadores de orina fueron re-inventados en Suecia en los 80's, haciendo posible la construcción de sistemas de separación desde la fuente, la orina es entonces transportada a través de tubería a tanques colectores, comercializada y usada como fertilizante para cultivos agrícolas y hortícolas. Durante los 90's la separación de



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

orina despertó mucho interés y fue motivo de varios proyectos de investigación en Suecia. Existen tres importantes grupos de investigación, el grupo más grande estuvo centrado en la región este de Suecia (Uppsala Stockholm) y reunió investigadores de la Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia (SLU), del Instituto para Control de Enfermedades Infecciosas (SMI), del Instituto Sueco para la Agricultura e Ingeniería Ambiental (JTI) y el Real Instituto de Tecnología (KTH).

Los aspectos en los que se enfocaron aparecen en la siguiente tabla **Figura 1**.

Institución	Aspectos
SLU, SMI, JTI, KTH	Higiene, función, grado de separación, problemas funcionales, efectos de fertilización, uso de recursos, emisiones, países en desarrollo
Lulea Technical University	Análisis de exergía (máximo trabajo teórico que se puede alcanzar por la interacción espontánea entre un sistema y su entorno), almacenamiento, secado, nitrificación.
Göteborg University	Crecimiento de algas, concentración de componentes.

Figura 1. Listado de los centros de investigación y los aspectos en los que se enfocaron.
Fuente: Jönsson, *et al.* 2001

Dentro de esta iniciativa están los trabajos de Caroline Schönning en Suecia en 2002 “Evaluación del riesgo microbiano a la salud asociado con el reuso de orina humana separada directamente de la fuente”, Simons y Clemens en 2003 con “El uso de orina humana como fertilizante mineral” en Alemania y nuevamente a Schönning también en 2003 con “Recomendaciones para el uso de orina y heces en orden de minimizar el riesgo por transmisión de enfermedades”, en 2004 Jensen, y colaboradores con “Saneamiento ecológico y reuso de aguas de desecho” en Noruega, en 2004 Hakan Jönsson y colaboradores desarrollaron la “Guía en el uso de orina y heces en la producción de cultivos”.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

En Cuba, Mercy Avendaño en 2004 publica su tesis de Maestría titulada “Propuesta para la implementación de saneamiento ecológico en ciudad de la Habana” y desde su experiencia señala que la restitución de nutrientes provenientes de los desechos urbanos, debe enfatizarse inicialmente en las fracciones que presentan mayor aceptación y demanda a nivel agrícola, es decir, las aguas amarillas (orina), las aguas grises (agua jabonosa), las aguas cafés (heces fecales) y la basura orgánica. Por tanto, se recomiendan investigaciones para implementar opciones de recolección a nivel local y estandarizar normas seguras de manipulación; así como experimentos agrícolas para demostrar y determinar las dosis y el mejor manejo agro-ecológico del fertilizante orgánico en base a orina humana fermentada. Este enfoque de saneamiento es nuevo en el área y requiere de cambios en las creencias y prácticas actuales, urge la necesidad de demostraciones y proyectos piloto a pequeña y mediana escala que aseguren a la población la viabilidad, buen funcionamiento y sostenibilidad de estos sistemas. Finalmente se tienen como pilares estratégicos y fundamentales para la adopción de estas tecnologías, el análisis del marco legal, las actividades de promoción y educación ambiental y la participación de actores locales desde el proceso de diagnóstico hasta la fase de implementación. En dicho trabajo Avendaño encontró que en los tratamientos donde se adicionó el fermento líquido orgánico de urea (FLO de urea). Se redujo el tiempo de crecimiento y desarrollo de las dos especies ornamentales en un 50%, es decir, que el crecimiento de las plantas fue más acelerado. Esto se observó tanto en el aumento de área foliar como en la altura final de las plantas. Se deduce que el uso del fertilizante FLO, a base de orina tratada, mejora significativamente el aporte de nutrientes a las plantas y los rendimientos en la producción. Su acción se ve potenciada al combinarle con la materia orgánica, ya que al abonar se mejora las propiedades del suelo para aprovechar al máximo la aplicación de los nutrientes

Guadarrama *et al*, en 2002 afirma que la orina fue probada como fertilizante de lechuga en condiciones de invernadero en México. La aplicación fue de 150 Kg de N por Ha. Se comparó con composta y la orina tuvo la mayor producción, por la alta disponibilidad de nitrógeno.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Burkhard en 2000, reconoce respecto a la aceptación social que la gente generalmente acepta sin problemas la idea de reciclar aguas residuales y el agua de lluvia, por otro lado (Craig, 1999) también muestra que existe aceptación hacia estos sistemas, aunque el público tiene preocupaciones acerca del uso de esta agua en sus jardines, factores económicos parecen tener influencia en ambos casos.

Esrey *et al.*, en 1998 reconoce que: quizás el aspecto más desconocido del saneamiento ecológico es que requiere del manejo a nivel casero de los productos. En diversas partes del mundo ya se han manifestado voces que nos advierte sobre la aceptación cultural y sanitaria de este manejo. Si bien en algunas culturas se acepta el manejo de excreta humana (culturas coprofílicas), otras lo consideran aberrante y ritualmente contaminante (culturas coprofóbicas). La mayor parte de las culturas están, quizá entre estos dos extremos y la experiencia nos muestra que si los sistemas de ecosaneamiento son bien llevados, la gente, por sí misma, se libera de prejuicios. De todos modos no debemos presuponer la reacción de ciertas culturas, sino hacer pruebas prudentes y calibrar la reacción. Un punto muy importante del manejo de excretas cuando el sistema ha llegado a cientos o miles de unidades, en pueblos y ciudades, es que los habitantes no necesitan manejar directamente el producto final, pues a esta escala centros de recolección con personal calificado se encargan de manejar el producto, incluyendo su procesamiento y venta. En 2001 dicho autor encontró que las razones principales para usar el sanitario seco con desviador de orina en México, son la escasez de agua y la deficiente operación de los WC. Otras motivaciones con menor presencia son la protección del medio ambiente y la utilización de los productos como fertilizantes en la agricultura urbana.

La fundación Hesperian en el documento publicado en 2005 en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), "Saneamiento y limpieza para un ambiente sano" afirma que lo que esperan las personas de los sanitarios, siendo éstos saludables e higiénicos deben proveer de un lugar donde orinar y defecar, una manera de limpiarse después, alejar las excretas de los



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

alimentos y el agua, que se asegure la limpieza de los sanitarios y convertir dichas excretas en un recurso saludable además de otras necesidades que también deben incluir como:

Privacidad: Un sanitario puede ser tan simple como un hueco en el suelo, pero la necesidad de privacidad hace importante que tenga un buen cobertizo. El sanitario será más agradable si tiene una puerta o entrada cerrada, o si se construye lejos de donde pasa la gente. Los mejores cobertizos son simples y están contruidos con materiales locales.

Seguridad: Usar un sanitario mal construido puede ser peligroso. Si el sanitario está lejos del hogar, las mujeres pueden correr el peligro de violencia sexual cuando van solas a hacer sus necesidades. Para que un sanitario sea seguro, debe estar bien construido en un lugar seguro.

Comodidad: Es más probable que las personas usen un sanitario que tenga un lugar cómodo donde sentarse o acucillarse y un cobertizo con espacio para pararse y darse vuelta. También es más probable que usen un sanitario que esté cerca de su casa y que las proteja del viento, la lluvia o la nieve.

Limpieza: Nadie quiere usar un sanitario sucio y apestoso. Un sanitario sucio además puede propagar enfermedades. Compartir el trabajo de limpiarlo, o pagar por la limpieza con dinero u otro beneficio, ayudará a asegurar la limpieza de los sanitarios.

Respeto: Un sanitario bien mantenido da importancia y respeto a su dueño. A menudo es por eso que la gente gasta dinero y se esfuerza por construir un buen sanitario.

En 2001 Esrey *et al.*, reconoce que ecológicamente la orina humana representa un problema de contaminación al ser mezclada con las demás fracciones. En países



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

con escasez de agua y de otros recursos, no es recomendable utilizar 15,000 litros de agua tratada o potable por persona al año para evacuar 500 litros de orina y 35 kg de heces fecales *per capita*. En los países en desarrollo, más del 90% de las aguas residuales se descarga sin tratamiento alguno en aguas superficiales, contaminando ríos, lagos y zonas costeras. La descarga de aguas negras proveniente de sistemas de drenaje convencional es el mayor causante de contaminación de agua en todo el planeta, lo que contribuye a una mayor saturación de partículas en el agua, el florecimiento de algas tóxicas (por ejemplo la marea roja) y el alejamiento del turismo de zonas costeras, como uno de los efectos económicos inmediatos.

Respecto del uso de orina humana en la agricultura en México, Esrey *et al.* en 1998, resume que ANADEGES (una red de ONG) perfeccionó un método para cultivar verduras en envases, usando orina humana como fertilizante. El proyecto despegó en la Ciudad de México en 1988 y más de 1,200 habitantes participan actualmente.

La tecnología usada fue escogida y adaptada para adecuarse a las circunstancias locales, entre éstas: no hay tierra accesible para hortalizas; los participantes no pueden invertir en contenedores y fertilizantes y necesitan contenedores ligeros para cultivar sobre el techo de sus viviendas. Las verduras crecen en contenedores (idealmente cubetas plásticas de 18-20 litros) rellenos con hojas secas o pasto cortado, cubiertas con una capa de tierra de 3 a 5 cm. La tierra está hecha de la capa inferior de material orgánico de los contenedores del año anterior, ya hecha composta con gusanos. En un costado de la cubeta hay un hoyo de desagüe a 5-10 cm del fondo (dependiendo del tipo de planta), de tal modo que siempre habrá una reserva de agua y fertilizante.

La orina, almacenada en envases de 2-5 litros por tres semanas, se aplica al contenido sembrado en la cubeta después de haberla diluido con agua en proporción de 1:10. El problema de cómo proveer de espacio suficiente para cultivar raíces comestibles o verduras de hoja grande se solucionó utilizando llantas usadas



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

de automotores.

En 2000, Francisco Arroyo con su Libro “Organopónia. Un sistema de producción adecuado a la agricultura urbana” ha sido uno de los principales promotores en México de la organopónia y al uso de la orina humana fermentada como fertilizante orgánico. En dicho libro apunta que la agricultura urbana tiene una larga historia, casi tan larga como la de la agricultura misma. Entre las ventajas de producir alimentos lo más cerca posible a su lugar de consumo, se puede mencionar que se gasta poco en cargar y transportar las mercancías y el hecho de que los productos conservan su frescura, todo su sabor y todo su valor nutritivo. Esto último es especialmente notable para el caso de hortalizas pues ellas pueden perder hasta la mitad de su valor nutritivo después de 48 a 72 horas de haber sido cosechadas. Y que con la técnica de la “organopónia”, sistema de producción que aprovecha la orina como principal fuente de fertilidad desarrollada en México por CEDICAR A.C., la producción de pequeños huertos en zonas urbanas en contenedores es posible.

En 2001 Caroline Schóning, afirma que en sistemas aireados (como es el caso de la fermentación) se presenta una inactivación acelerada de patógenos persistentes como los virales en la orina.

Sawyer, en 2007 hace un resumen sobre el camino recorrido en Tepoztlán en el estado de Morelos, México del proyecto piloto municipal Ecosan denominado “TepozEco” que fue establecido en 2003 con el financiamiento del Instituto Ambiental de Estocolmo (SEI/ EcoSanRes). Siendo responsable de la gestión del programa la ONG Sarar transformación SC con sede en Tepoztlán, dirigido a una población total de 35 mil personas e incluye la promoción de sanitarios ecológicos, abastecimiento de agua y gestión de aguas grises, el reciclaje de residuos orgánicos para la agricultura urbana y educación ambiental.

Durante el primer año, “TepozEco”, junto con un grupo de agricultores locales, comenzaron las pruebas de campo del uso de orina humana en diferentes cultivos y



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

se inauguró el Centro Municipal de Compostaje. Al demostrar las virtudes de la orina como fertilizante para la agricultura (es decir el nopal, el maíz y aguacates), “TepozEco” ha empezado a desmitificar su uso y generar demanda por los agricultores locales. Para satisfacer la creciente demanda, sería necesario desarrollar un sistema sostenible de recolección de orina, transporte y almacenamiento.

La recolección de orina como subproyecto se inició formalmente en febrero del 2004 con apoyo financiero del Centro Nacional Suizo de competencia en investigación Norte-Sur (NCCR-NS / PAMS) y el apoyo técnico de SANDEC/EAWAG. El principal objetivo, por tanto fue la introducción de un sistema de recolección de orina y la reutilización en el contexto del medio urbano, como una estrategia para recuperar y reciclar los valiosos nutrientes y así estimular la producción agrícola y la autosuficiencia.

El proyecto también incluyó la recolección de orina de dos escuelas primarias que se extendió por la petición de los directores a dos jardines de niños, la orina se aplica en el sitio y “TepozEco” facilitó talleres sobre organopónicos con una asistencia de 30 niños.

Por último, pero no menos importante, en 2005 Mats Johansson y Elisabeth Kvarnström, del Instituto Ambiental de Estocolmo publicaron el libro titulado “Una revisión de los marcos de regulación del saneamiento”, cuyo objetivo es el de proporcionar una base para los debates sobre cómo las leyes, reglamentos y políticas se pueden utilizar para promover el desarrollo del saneamiento ecológico y servir como entrada a la hora de desarrollar políticas de saneamiento y los mecanismos de regulación a nivel nacional, regional y/o local, tomando como eje los casos de cuatro países entre los cuales se encuentra México.

Referencias informales.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Además de lo anterior, existen una gran cantidad de documentos, notas y artículos informativos en físico y en línea relacionados al uso de la orina humana en la agricultura. Uno de los países más interesados en que el ecosaneamiento se de a conocer como alternativa al saneamiento convencional es Suecia, debido tal vez a que fue en ese país donde se dan los mayores avances en el conocimiento de esta tecnología, esto se confirma en el discurso de apertura del Segundo Curso Internacional en Saneamiento Ecológico, organizado por SARAR y apoyado por Suecia pronunciado por la Embajadora Sueca en México Anna Lindstedt el 22 de Octubre, 2007 en Tepoztlán, Morelos; donde afirma que: “el saneamiento convencional todavía no se ha incorporado completamente a la era del desarrollo sustentable y sigue siendo uno de los grandes sectores con poca atención. La mayoría de los empresarios, ingenieros, instituciones financieras y quienes elaboran políticas públicas, saben muy poco sobre el saneamiento ecológico. Los enfoques convencionales, tales como fosas sépticas y sistemas de drenaje, a menudo no son económicamente accesibles para la mayoría de las comunidades en los países en desarrollo. Resulta preocupante que en México, como en la mayoría de los países de América Latina, la mayor parte de las aguas residuales se descargan sin haber sido tratadas adecuadamente, contaminando así, tanto aguas superficiales como mantos freáticos, con importantes consecuencias en detrimento del medio ambiente y de la salud humana. El saneamiento ecológico se presenta ante este escenario como un enfoque que se basa en soluciones simples que eran utilizados por nuestros antepasados, antes de la era del drenaje por arrastre de agua y los fertilizantes químicos. Los métodos del ecosaneamiento (además de ser económicos y sencillos) tienen ventajas para la sociedad, la salud humana y el ambiente. Están claramente ligados a los logros de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), fijados en el año 2000 por 191 países, incluyendo México”.

Johansson en 2005 menciona que durante la conferencia sobre saneamiento ecológico en Nanning, China, en el 2001, una de las conclusiones importantes señala que:

“Ecosan está ahora listo para moverse de los proyectos demostrativos a pequeña



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

escala a programas sustentables a gran escala, especialmente en áreas urbanas. Para ello los estatutos y regulaciones necesitan ser ajustadas y sistemas de incentivos y sanciones concebidos”.

Asimismo dentro de las recomendaciones del 2º Simposio Internacional sobre Saneamiento Ecológico en Lübeck 2003 se estableció que:

a) “La documentación y los resultados de los proyectos piloto deben transformarse en otros técnicos, socioeconómicos y las directrices que reflejan la reutilización con interdependencias de abastecimiento de agua, saneamiento, gestión de residuos, salud, higiene, medio ambiente, la agricultura y el suministro energético.

b) Las tecnologías de ecosaneamiento deben proceder a la codificación en el nivel local, nacional e internacional de las normas técnicas y legales a fin de proporcionar referencias para las mejores prácticas y la mejor tecnología disponible.

c) El marco regulatorio debe ser verificado o ajustado con el fin de autorizar y dar promoción de un circuito cerrado con las nuevas tecnologías innovadoras y de gestión.

d) Por lo tanto existe la necesidad de revisar y documentar el estado actual de las políticas y de reglamentación en relación con algunas áreas clave para el saneamiento ecológico como lo son, la salud pública, protección del medio ambiente y la agricultura. Por otra parte, hay una necesidad de identificar las limitaciones y posibilidades dentro de la legislación vigente y la regulación”.

Así también encontramos notas en medios como la BBC News en 2003, que reportan que en experimentos realizados en los EE.UU. se encontró que el maíz cultivado utilizando cantidades substanciales de orina creció un 50% más grande que el maíz cultivado con cualquier otro fertilizante.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Existen sociedades civiles como CICEANA A.C. y Sembradores urbanos A.C que actualmente imparten cursos prácticos en la Ciudad de México y otras partes de la república sobre la técnica organopónica y la utilización de orina humana fermentada como fertilizante orgánico a público en general y escuelas de nivel básico y la información puede ser consultada a través de sus respectivos sitios web.

Por último mencionaré que a través del boletín No. 2800, cámara de diputados del congreso de la unión en 2009, indica que: *“actualmente en México es indispensable reducir costos de producción de amoníaco para hacer viable la función productiva en el campo, de manera que se dé respuesta integral a su problemática, ya que actualmente se aplica el mismo precio al gas natural en su aplicación general como combustible y el de proceso, lo cual ha hecho incosteable la producción de amoníaco (principal fertilizante en la agricultura)”*.

JUSTIFICACIÓN

El uso de la orina separada desde la fuente en la agricultura se realiza en algunos países como una estrategia para sanear ecológicamente dicho residuo del metabolismo humano, ya que al mezclarse con las otras fracciones de las aguas residuales en el drenaje, representa un problema de contaminación ambiental. Desde la perspectiva económica representa una alternativa de bajo costo para la fertilización de cultivos, sin que esto conlleve a la disminución de la productividad, pues como se ha mencionado es además un fertilizante de alta calidad, en México se reconoce que existe la necesidad de encontrar fuentes alternativas de nutrientes para cultivos, que permitan reducir costos de producción para hacer viable la función productiva del campo en el país, de manera que se dé respuesta integral a su problemática.

Legislar el uso de la orina humana en la agricultura es una cuestión que en México aún parece lejana. Existen problemáticas asociadas, por un lado está ni permitido ni prohibido explícitamente, no está bien definida como residuo, por otro lado tampoco existe una regulación de uso en la agricultura de producción, no existe una



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

valorización de dicho recurso como fuente de fertilización de origen orgánico, permitiendo dar valor agregado a la producción de cultivos, que actualmente tienen una gran demanda especialmente en el mercado de exportación al tiempo que evitamos la contaminación ambiental.

Por lo anterior el presente trabajo pretende generar una propuesta de plan de manejo de la orina humana como fertilizante orgánico en la agricultura y para la regeneración de suelos, centrado en el concepto de saneamiento ecológico urbano, que permita dar pautas para facilitar la gestión, aprovechamiento y su adecuado entendimiento como recurso útil así como dar información acerca de las formas de recolección, saneamiento y aprovechamiento integral como referencia a futuros planes de manejo para las escalas familiar, municipal y en agronegocios.

OBJETIVOS

GENERAL:

- Desarrollar una propuesta de plan de manejo (PM) acorde con el análisis de la legislación mexicana, para el uso de la orina humana fermentada como fertilizante orgánico en la agricultura y para la regeneración de suelos, centrado en el concepto de saneamiento ecológico urbano a nivel municipal.

PARTICULARES:

- Recopilar y analizar la información existente en distintos medios científicos y de divulgación, acerca del uso de la orina humana fermentada como fertilizante orgánico y su utilización en estrategias de saneamiento ecológico urbano.
- Elaborar un guía de producción de Fermento Líquido Orgánico (FLO) de urea, para las escalas individual y familiar, que contenga formas de aprovechamiento.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

- Realizar un análisis que permita identificar las fortalezas, oportunidades debilidades y amenazas (FODA) que la gestión (e implementación) del PM para el aprovechamiento agrícola de la orina humana presenta.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología se dividió en dos fases: para la fase "A" se realizó una investigación bibliográfica (en documentos textuales, electrónicos, informáticos, audiográficos, videográficos físicos y en línea de índole científica y gubernamentales). Estos fueron analizados e incluidos en el presente trabajo en función de su aporte para identificar los temas relevantes acerca del uso de la orina humana fermentada como fertilizante orgánico y su utilización en estrategias de saneamiento ecológico urbano.

La fase "B" consistió en el desarrollo de una propuesta de plan de manejo de la orina humana, para su uso en la agricultura y para la regeneración de suelos, centrándose en el concepto saneamiento ecológico urbano y rural acorde a la legislación mexicana.

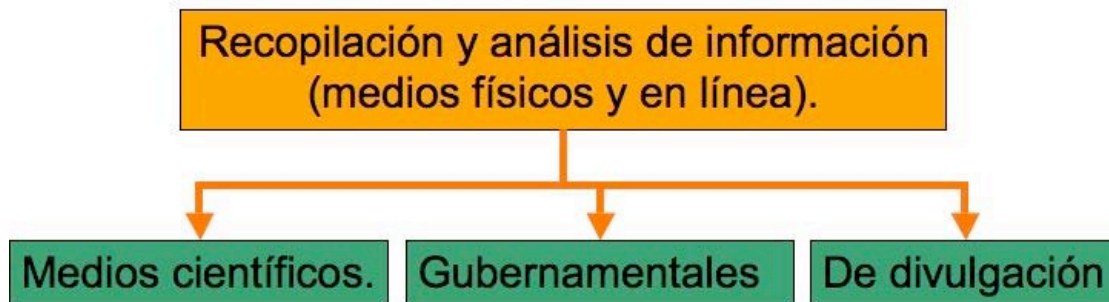


Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

Fase A



Fase B

- Desarrollo de la propuesta de PM.
- Elaboración de la guía de producción y aprovechamiento de FLO de urea.
- Análisis FODA de la implementación.

RESULTADOS

La presente investigación arrojo diversos trabajos de 10 diferentes países (Suecia, Alemania, Suiza, Estados Unidos, Noruega, Inglaterra, Costa Rica, Argentina, Cuba y México) que señalan la importancia de la orina humana separada desde la fuente como un recurso útil y valioso para su uso en la agricultura como fertilizante, documentando una alta disponibilidad de los principales nutrientes para las plantas en su composición, además de destacar que no existen riesgos importantes para la salud de las personas en su implementación a condición de que sea manejada en sistemas de separación seguido de periodos de desactivación de patógenos sin hidratación y que su eficiencia como fertilizante se compara bien con los fertilizantes químicos comerciales, todos ellos se centran en el concepto de saneamiento



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

ecológico y presentan ejemplos de pruebas en diversos cultivos, además de dar pautas para encaminar su gestión en distintos países.

Las referencias permiten dar sustento y coherencia a la propuesta de plan de manejo que el presente trabajo pretende ya que dieron la pauta para identificar y desarrollar los diferentes temas del documento. Los temas incluyen al saneamiento ecológico como enfoque central y su importancia en el uso racional del agua y los suelos como recursos prioritarios en un contexto agroecológico, la protección al medio ambiente, la salud, al entendimiento de la orina humana como recurso útil y valioso, su composición y eficiencia como fertilizante, ejemplos en cultivos, las dosis de aplicación, aceptación social y el marco jurídico que rige su gestión en México.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala
Carrera de Biología**

**PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO PARA EL USO DE ORINA
HUMANA FERMENTADA COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN LA
AGRICULTURA Y PARA LA REGENERACIÓN DE SUELOS, CENTRADO
EN EL CONCEPTO DE SANEAMIENTO ECOLÓGICO URBANO.**

REALIZADO POR:

JERÓNIMO ROBERTO CANALES CHÁVEZ

ASESOR

BIOL. VÍCTOR MANUEL ESPARZA MARTÍNEZ

***PLANTA PILOTO Y LABORATORIO
PARA LA ENSEÑANZA DE LA PRODUCCIÓN DE
HONGOS COMESTIBLES Y MEDICINALES CULTIVADOS***



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

PRESENTACION

El presente trabajo se planteó como una alternativa de información resumida para el mejor entendimiento del actual marco normativo mexicano que antecede a la gestión del uso de la orina humana en la agricultura, para tomarla en cuenta como estrategia útil en las actuales problemáticas del campo mexicano, la protección al ambiente, la contaminación del agua y el recurso suelo, al tiempo que se refuerza la seguridad alimentaria dentro de los municipios en los niveles familiar y comunitario. También se plantea encaminar dicha estrategia para que forme parte en programas de desarrollo enfocados a impulsar nuevas formas de agronegocios con base en la fertilización con orina humana, justificándose en su condición de fertilizante de bajo costo, de alta calidad y de origen orgánico permitiendo aportar un valor agregado a la producción, lo que permitirá el desarrollo de proyectos productivos viables, así como el de empresas sociales, que de buena manera pueden ayudar a mejorar la dieta de los productores rurales o urbanos, así como sus ingresos.

CAPITULO I

PLAN DE MANEJO

1.1 Marco Legal

La sociedad en su quehacer cotidiano ofrece a sus individuos los satisfactores necesarios para la vida. La producción de éstos es posible gracias a la apropiación de los recursos naturales y su transformación en bienes y servicios útiles. En los procesos de su transformación y utilización se generan excedentes “no útiles” llamados comúnmente residuos. Estos residuos se han clasificado, en primera instancia, por el estado de agregación de la materia o la forma predominante en la que se manifiesta la energía de los mismos. De esta manera se dividen en



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales y residuos sólidos (Rodríguez, *et al.*, 2006).

Respecto a el saneamiento ecológico integral de la orina humana en México, existe la necesidad de revisar y documentar el estado actual de las políticas y la reglamentación en relación con áreas clave relacionadas como son la salud pública, el agua, protección al ambiente y la agricultura. A continuación se presentan fragmentos muy concretos de las leyes que rigen la normatividad y gestión existentes en las mencionadas áreas clave para el saneamiento de la orina.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su última reforma (Abril de 2010). Establece que toda persona tiene derecho al medio ambiente para su desarrollo y bienestar, y que toda familia tiene derecho a la vivienda digna y decorosa (artículo 4º).

Los municipios tendrán facultades para regular las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal, teniendo a su cargo las funciones y servicios públicos que corresponden a el agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales, asimismo, entre otros, los correspondientes a limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos (artículo 115º).

Aunque la Constitución mexicana es muy clara, no existe en ella el reconocimiento e inclusión del concepto de saneamiento ecológico como estrategia de alcance o acercamiento a los fines a los que hace referencia, como el derecho al medio ambiente o mejoramiento de sus funciones y servicios públicos, esta realidad se repite en leyes más específicas relacionadas, sin embargo como veremos más adelante, existe legislación que puede acercarnos, aunque aún existen vacíos importantes.

La **Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**,



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

reformada por última vez en Junio de 2007, es una ley reglamentaria que se refiere a la protección del medio ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos en el territorio nacional (Artículo 1º) y se entiende al “manejo integral” para efectos de la citada ley como: las actividades de reducción de la fuente, separación, reutilización y reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada para adaptarse a las condiciones de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

La LGPGIR tiene como objeto de sus disposiciones garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, formular una clasificación básica y general de los residuos que permita uniformar sus inventarios, así como orientar y fomentar la prevención de su generación, la valorización y el desarrollo de sistemas de gestión integral de los mismos; fomentar la valorización de residuos, así como el desarrollo de mercados de subproductos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica y económica, y esquemas de financiamiento adecuados, así como promover la participación corresponsable de todos los sectores sociales, en las acciones tendientes a prevenir la generación, valorización y lograr una gestión integral de los residuos ambientalmente adecuada, así como tecnológica, económica y socialmente viable.

Se entiende para efectos de LGPGIR como “aprovechamiento de los residuos”: Al conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía. Asimismo, considera de utilidad pública, entre otras las medidas necesarias para evitar el deterioro o la destrucción que los elementos naturales puedan sufrir, en perjuicio de la colectividad, por la liberación al



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

ambiente de residuos; la ejecución de obras destinadas a la prevención, conservación, protección del medio ambiente y remediación de sitios contaminados, cuando éstas sean imprescindibles para reducir riesgos a la salud.

A la “valorización” como el principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica (artículo 3º).

Para la LGPGIR, Los residuos en México se clasifican en tres rubros principales: residuos de manejo especial (RME), residuos peligrosos (RP) y residuos sólidos urbanos (RSU) además de los residuos incompatibles. En su artículo 5º establece que para efectos de esa Ley se entiende por residuo: al material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final.

Para efectos de la LGPGIR la gestión de los residuos implica el conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

En este sentido define como plan de manejo a:

El instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos,



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno.

Los objetivos de los planes de manejo establecidos en el Artículo 27 de la LGPGIR son los siguientes:

- I. Promover la prevención de la generación y gestión integral de los residuos, a través de medidas que reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos, desde la perspectiva ambiental, los procedimientos para su manejo;
- II. Establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan;
- III. Atender a las necesidades específicas de ciertos generadores que presentan características peculiares;
- IV. Establecer esquemas de manejo en los que aplique la corresponsabilidad de los distintos sectores involucrados; y
- V. Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo de los residuos ambientalmente adecuado económicamente factible y socialmente aceptable.

Los elementos a considerar al establecer planes de manejo son:

- I. Los procedimientos para su acopio, almacenamiento, transporte y envío a reciclaje, tratamiento o disposición final;



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

II. Las estrategias y medios para comunicar a los consumidores las acciones que éstos deben realizar para devolver los productos del listado a los proveedores o a los centros de acopio destinados para tal fin, según corresponda;

III. Los procedimientos mediante los cuales se dará a conocer a los consumidores las precauciones que, en su caso, deban de adoptar en el manejo de los productos que devolverán a los proveedores, a fin de prevenir o reducir riesgos;

IV. Los responsables y las partes que intervengan en su formulación y ejecución” (Román, *et al.*, 2007).

Los Planes de Manejo se pueden establecer en una o más de las siguientes modalidades (SEMARNAT, 2010):

I. Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos, podrán ser:

a) Privados, los instrumentados por los particulares que conforme a la Ley se encuentran obligados a la elaboración, formulación e implementación de un plan de manejo de residuos, o

b) Mixtos, los que instrumenten los señalados en el inciso anterior con la participación de las autoridades en el ámbito de sus competencias.

II. Considerando la posibilidad de asociación de los sujetos obligados a su formulación y ejecución, podrán ser:

a) Individuales, aquéllos en los cuales sólo un sujeto obligado establece en un único plan, el manejo integral que dará a uno, varios o todos los residuos que genere.

b) Colectivos, aquéllos que determinan el manejo integral que se dará a uno o más residuos específicos y el cual puede elaborarse o aplicarse por varios sujetos



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

obligados.

III. Conforme a su ámbito de aplicación, podrán ser:

- a) Nacionales, cuando se apliquen en todo el territorio nacional;
- b) Regionales, cuando se apliquen en el territorio de dos o más estados o el Distrito Federal, o de dos o más municipios de un mismo estado o de distintos estados, y
- c) Locales, cuando su aplicación sea en un solo estado, municipio o el Distrito Federal.

IV. Atendiendo a la corriente del residuo.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), reformada por última vez en Abril de 2010, es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases (entre otras) para: garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente; la preservación y protección de la biodiversidad; el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas; la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo; garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente y el establecimiento



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental (artículo 1º).

Un análisis exhaustivo de la LGPGIR, la LGEEPA, la Ley de Aguas Nacionales, el Reglamento de aguas nacionales, la Ley Agraria, la Ley de productos orgánicos y La Ley de salud, arroja que no existen lineamientos o el reconocimiento en su legislación para el manejo integral de la orina humana separada desde la fuente para ser aprovechada como fertilizante en la agricultura de producción en México o en estrategias de regeneración de suelo.

En la LGPGIR, no están bien definidos ni hay criterios para ubicar a la orina humana en su clasificación de tipos de desecho, lo que significa que no es claro si la ley la considera un residuos sólido urbano, de manejo especial o un residuo peligroso. Los criterios para la clasificación de los residuos que serán sujetos a planes de manejo, son incompatibles a las particularidades que la orina humana presenta, los listados no la incluyen y por lo tanto legalmente los elementos y procedimientos para formular planes de manejo son inexistentes.

Por su parte La LGEEPA, no hace referencia a recomendación alguna tendiente a la separación desde la fuente de ninguna de las fracciones de las aguas residuales y/o tratamiento previo a su aprovechamiento para evitar la eutrofización y contaminación de cuerpos receptores propiedad de la nación y la contaminación domiciliaria de agua potable provocada por los ciudadanos al orinar en sistemas de saneamiento convencionales como el WC.

Por lo tanto, no define principios específicos dentro de la política ambiental e instrumentos de aplicación (a pesar de que faculta a los tres ordenes de gobierno para llevar a cabo acciones concretas) tendientes a asegurar la protección y restauración del medio ambiente, así como propiciar el desarrollo sustentable, garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

su desarrollo, salud y bienestar que la recuperación, tratamiento y uso de la orina humana saneada ecológicamente representa en el contexto de su gestión. Tampoco ha expedido normas oficiales mexicanas y demás instrumentos tendientes a dicho fin.

Importante es mencionar y analizar la **Ley de productos orgánicos** expedida como nueva ley a principios de 2006 en el Diario Oficial de la Federación, la cual tiene como objeto, entre otros:

I. Promover y regular los criterios y/o requisitos para la conversión, producción, procesamiento, elaboración, preparación, acondicionamiento, almacenamiento, identificación, empaque, etiquetado, distribución, transporte, comercialización, verificación y certificación de productos producidos orgánicamente;

II. Establecer las prácticas a que deberán sujetarse las materias primas, productos intermedios, productos terminados y subproductos en estado natural, semiprocesados o procesados que hayan sido obtenidos con respeto al medio ambiente y cumpliendo con criterios de sustentabilidad;

V. Promover los sistemas de producción bajo métodos orgánicos, en especial en aquellas regiones donde las condiciones ambientales y socioeconómicas sean propicias para la actividad o hagan necesaria la reconversión productiva para que contribuyan a la recuperación y/o preservación de los ecosistemas y alcanzar el cumplimiento con los criterios de sustentabilidad;

VII. Establecer la lista nacional de sustancias permitidas, restringidas y prohibidas bajo métodos orgánicos así como los criterios para su evaluación.

También, establece que la Secretaría Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) coordinará sus acciones con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para que, respetando sus



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

respectivas competencias, se establezca una ventanilla única para el trámite de la certificación previsto en la presente Ley que involucre productos, subproductos y materias primas comprendidos dentro del ámbito de competencia de ambas dependencias (Artículo 4º).

La Secretaría (SAGARPA) en coordinación con las Entidades Federativas y Municipios en el ámbito de su competencia, promoverá políticas y acciones orientadas a:

- I. Coadyuvar a la conservación de la biodiversidad y el mejoramiento de la calidad de los recursos naturales incluidos los recursos acuáticos, mediante la aplicación de sistemas bajo métodos orgánicos;
- II. Contribuir a la soberanía y seguridad alimentarias mediante el impulso de la producción orgánica.
- III. Fomentar el consumo de productos orgánicos para promover actitudes de consumo socialmente responsables (Artículo 38).

La Ley de salud en su última reforma en Abril de 2010 establece en su capítulo II, sección I de las Normas Oficiales Mexicanas.

Las normas oficiales mexicanas tendrán como finalidad establecer entre otras:

- I. Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales;
- II. Las características y/o especificaciones de los productos utilizados como materias primas o partes o materiales para la fabricación o ensamble de productos finales sujetos al cumplimiento de normas oficiales mexicanas, siempre que para cumplir las especificaciones de éstos sean indispensables las de dichas materias primas, partes



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

o materiales;

Norma Oficial Mexicana **NOM-037-FITO-1995**, Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos, considera que el sistema de producción orgánica, es una tendencia en auge para la producción de alimentos a partir de elementos, insumos, productos o subproductos orgánicos naturales para lo cual se requiere que las materias primas empleadas en el proceso de producción orgánica, el plan de manejo del cultivo, los diagramas de flujo de los materiales y procedimientos de producción y el etiquetado, cumplan con lineamientos establecidos en esta Norma Oficial Mexicana.

En el capítulo 2 (DEFINICIONES) se entiende por:

2.1 Agricultura orgánica:

Sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimento de alta calidad nutritiva en cantidades suficientes que interactúa con los sistemas y ciclos naturales en una forma constructiva de forma que promueve vida; mejora y extiende ciclos biológicos dentro del sistema agrícola, incluyendo microorganismos, flora del suelo y fauna, planta y planta; mantiene y mejora la fertilidad del suelo a largo plazo; promueve el uso sano y apropiado del agua, recursos del agua y toda la vida en ésta, en el que, el control de malezas, plagas y enfermedades es sin el uso de insumos de síntesis químico industrial.

2.5 Fertilización orgánica:

Aplicación al vegetal y/o al suelo de productos o insumos provenientes del reciclado de materiales o sustancias naturales, vegetales y/o animales, previamente compostados o fermentados, o el uso de abonos verdes y cultivos aportadores de materia orgánica.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

En el capítulo 3 (ESPECIFICACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ORGÁNICOS):

3.1 Producción orgánica:

Para que los productos agrícolas se consideren orgánicos deben producirse de acuerdo a las siguientes consideraciones, entre otras:

3.1.2 Durante los procesos de producción sólo podrán utilizarse como insumos agrícolas los productos incluidos en el Anexo 1 de productos permitidos.

En el Anexo 1 (PRODUCTOS PERMITIDOS) en el inciso "A" (Fertilizantes del suelo y vegetales), aparece "estiércol líquido u orina".

Sin embargo, nuevamente la NOM no hace referencia a si se trata de la orina humana, si debe separarse desde la fuente o sanearse de alguna manera, o bien, si debe fermentarse. Aunque la norma representa un acercamiento real a la gestión del uso de orina en la agricultura orgánica, el hecho de que no especifique que sea de ser humano, representa un tema importante que debe ser abordado por el Consejo Nacional de Producción Orgánica como órgano de consulta de la Secretaría (SAGARPA), con carácter incluyente y representativo de los intereses de los productores y agentes de la sociedad en materia de productos orgánicos (Artículo 13, Ley de productos orgánicos). El consejo tiene como funciones, entre otras:

I. Emitir opinión a la Secretaría sobre instrumentos regulatorios nacionales o internacionales que incidan en la actividad orgánica;

II. Expresar opinión y asesorar a la Secretaría sobre las disposiciones que ésta emita relativas a métodos orgánicos, así como para la evaluación de sustancias y materiales;

III. Asesorar a la Secretaría en los aspectos de orden técnico;



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

V. Fomentar, en coordinación con la Secretaría, la capacitación y el desarrollo de capacidades de operadores, organismos de certificación, evaluadores y auditores orgánicos y del grupo de expertos evaluadores de insumos para operaciones orgánicas;

La **Federación, los Estados y el Distrito Federal**, en el ámbito de sus respectivas competencias, tampoco han diseñado, desarrollado o aplicado instrumentos, ni otorgado incentivos económicos que fomenten el cumplimiento de los objetivos de la política ambiental, que promuevan un cambio en la conducta de sus ciudadanos, tendientes a alcanzar la gestión y aprovechamiento integral de la orina humana, dentro del hogar, comunidad o entorno local, de tal manera que sus intereses sean compatibles con los intereses colectivos de protección ambiental y de desarrollo sustentable.

Por otro lado, ni en la Ley de Aguas Nacionales, ni en el Reglamento de aguas nacionales, se hace mención explícita o sugerida acerca de la separación desde la fuente de las fracciones de aguas residuales para su aprovechamiento en agricultura o cualquier otro fin. Por lo tanto la valoración de la orina humana como residuo (ó recurso natural), justificada en su composición y origen o el reconocimiento de los beneficios que aporta su gestión integral es inexistente.

Existen programas de reciente creación como el Programa de Devolución de Derechos (PRODDER); Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU); el Programa Federal de Saneamiento de Aguas Residuales, (PROSANEAR); el Programa Fondo concursable para el tratamiento de aguas residuales, y el programa Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS) (CONAGUA, 2010). Pero ninguno de ellos tiene como objetivo la separación desde la fuente de la orina, el saneamiento ecológico de esta o su aprovechamiento.

Por lo anterior, se entiende que en la legislación mexicana no se toma en cuenta al saneamiento ecológico de la orina humana como norma de protección al ambiente,



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

a la salud o al mejoramiento de las condiciones de producción en la agricultura. Por lo tanto un Plan de Manejo (PM) centrado en el concepto de saneamiento ecológico para el residuo orina humana enfocado a su separación desde la fuente, transformación en Fermento Líquido Orgánico de urea (FLOU) y aprovechamiento integral, permitirá disminuir los costos ambientales, económicos y sociales que al no hacerlo se generan en la actualidad, de esta forma es factible identificar al mencionado residuo como un recurso natural sosteniblemente aprovechable.

Lo anterior es un resumen acerca del estado de la legislación mexicana que serviría como base para la implementación del saneamiento ecológico de la orina humana y su aprovechamiento en la agricultura y regeneración de suelos. La constitución y las leyes por debajo de ella no mencionan o establecen regulaciones o normatividad mas allá de lo anteriormente citado hasta el momento de la publicación de este trabajo.

1.2. Propuesta de Plan de Manejo

El plan de manejo (PM) va dirigido a la ciudadanía en general, a los ayuntamientos, a los gobiernos estatal y federal, el cual es una descripción general de los componentes, procesos y regulaciones estructurales y articulares que deben ser tomados en cuenta en su construcción, previamente y durante la implementación, estos deberán ser a su vez ajustados a las condiciones locales.

Teniendo en cuenta la legislación mexicana que establece que los municipios son los responsables del tratamiento de aguas residuales, de buscar alternativas integrales para dicho fin, que además de ser eficientes tecnológicamente, busquen que esas alternativas no deterioren el medio ambiente, fomenten la participación ciudadana y vecinal y regulen las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos, ajustándolos a los principios de recuperación de los residuos y su valorización, a las sinergias con mercados de subproductos, y a la responsabilidad compartida entre sociedad y gobierno. Los ayuntamientos están obligados a desarrollar o promover Planes de Manejo del uso de orina humana en la agricultura



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

y en estrategias de regeneración de suelos, los cuales deben centrarse en el concepto de saneamiento ecológico, para disminuir los costos y el deterioro ambiental, así como los riesgos a la salud de las personas, que al no hacerlo de esa forma se generan dentro de sus límites territoriales.

De acuerdo a lo establecido por la LGPGIR, están facultados para proponer a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e incluir en los listados de residuos sujetos a planes de manejo a la orina humana, justificándose en principio, del alto valor que tiene económica y agroecológicamente hablando, así como en la facilidad del aprovechamiento integral que su manejo trae consigo dentro de criterios de eficiencia ambiental, tecnológica y social. Por esto, se reconoce a los municipios como eslabones clave y los responsables de iniciar y facilitar en los centros urbanos y rurales dentro de su demarcación el desarrollo de la gestión del uso de la orina en la agricultura de producción como fertilizante orgánico, así también su promoción.

Dicho de otro modo, es necesario como primer paso, clasificar adecuadamente en el diagnóstico básico de residuos de la LGPGIR y valorizar en ella a la orina humana separada desde la fuente como recurso valioso, siendo los estados y municipios los mejor facultados para hacer dicho ajuste. Una vez logrado este objetivo se puede dar el siguiente paso de incluirla en la lista de residuos sujetos a planes de manejo, con esto se avanzará de manera importante en el ajuste de la ley a los distintos nuevos enfoques en materia de protección a la salud, el ambiente, el agua y los suelos, que el saneamiento ecológico propone para la orina humana. También se debe hacer mucho énfasis en la normatividad que debe generarse simultáneamente para facilitar la gestión de uso de la orina humana ecológicamente saneada en la agricultura, ya que si esta parte fundamental no existe, el ciclo y las diversas dimensiones de manejo integral que plantea el saneamiento ecológico estarán incompletas y por lo tanto le restará utilidad.

Al incluir en la clasificación de desechos de la LGPGIR a las aguas residuales y sus distintas fracciones en el nivel al que se encuentra actualmente los residuos sólidos



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

urbanos (RSU), sería jurisdicción de los municipios plantearlas como residuos sujetos a plan de manejo. Si por otro lado, se clasifica al nivel de los residuos de manejo especial (RME), será jurisdicción de los estados según el Artículo 19 (concertación F, E, M) y la NOM del Artículo 20 de la LGPGIR . Para estos dos casos establece que:

La clasificación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, sujetos a planes de manejo, se llevará a cabo de conformidad con los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas que contendrán los listados de los mismos y cuya emisión estará a cargo de la SEMARNAT.

Por su parte, los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, deberán publicar en el órgano de difusión oficial y diarios de circulación local, la relación de los residuos sujetos a planes de manejo y, en su caso, proponer a la Secretaría los residuos sólidos urbanos o de manejo especial que deban agregarse a los listados a los que hace referencia el párrafo anterior.

Se puede decir que por la cercanía natural que existe entre el gobierno municipal y los ciudadanos, sería deseable que se ajustara la clasificación al nivel de residuos sólidos urbanos (RSU), para que la orina humana aparezca clasificada, de esta forma. El municipio tendría la facultad de aprovechar dicho recurso como mejor convenga a su entidad y a sus ciudadanos dentro de sus límites territoriales, dentro de las regulaciones que la LGPGIR establece para los planes de manejo y aprovechar las ventajas adicionales que esta reglamentación trae consigo en el contexto del manejo integral de los residuos.

Una vez correctamente clasificada por la LGPGIR, incluida en los listados de residuos sujetos a plan de manejo, valorizada como residuo útil y valioso, y existiendo la normatividad que permita su aprovechamiento en la agricultura de producción orgánica, la orina (separada y saneada ecológicamente), producida por cierto número de personas dentro del municipio podrá ser utilizada en la fertilización



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

orgánica de cultivos y en programas municipales de regeneración de suelos, para el beneficio social, ambiental y económico de la población (prioritariamente).

El plan de manejo integral de la orina humana como fertilizante orgánico en la agricultura y para regeneración de suelos, centrado en el concepto de saneamiento ecológico urbano, puede y debe ser estructurado tomando en cuenta la definición de plan de manejo existente en la LGPGIR, pues a pesar de que no es posible disminuir la generación de excretas humanas (recordando que más del 90% corresponde a la orina), es posible maximizar su valorización, pues la orina humana es de hecho un recurso útil y valioso, de fácil recuperación y tratamiento, que gracias al enfoque aportado por el saneamiento ecológico es posible aprovechar bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

El diseño de dicho plan de manejo debe incorporar los principios de responsabilidad compartida y manejo integral considerando el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables involucrando a la sociedad en su conjunto (sociedad y gobierno) como responsable de la generación de dicho residuo y a los tres niveles de gobierno como los responsables de dar a estas acciones, procedimientos y medios la viabilidad jurídica, de gestión y esquemas de financiamiento adecuados así como promover la participación corresponsable de todos los sectores sociales, en las acciones tendientes a prevenir la simple descarga de la orina al medio ambiente, y lograr una gestión integral ambientalmente adecuada, así como tecnológica, económica y socialmente viable.

1.3. Metas

- La Educación a nivel municipal, para el saneamiento ecológico de la orina humana y su transformación en FLO de urea para ser aprovechado de manera segura en la agricultura.
- Que cualquier persona tenga acceso a información, capacitación y apoyos independientemente de su condición social, de genero o edad, en el hogar



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

urbano, rural, en agronegocios y micros, pequeñas y medianas empresas (MiPyMES).

- Fortalecer la seguridad alimentaria y la economía de productores y consumidores a través del consumo y comercialización de productos finales y subproductos a través de la creación de agronegocios.
- La no contaminación del agua por orina vía W.C.
- La recuperación de suelos prioritarios erosionados por procesos inducidos naturalmente o por acción de actividades humanas.

1.4. Puesta en marcha

1.4.1. Educación y participación pública

En cuanto a educación y participación pública se debe tener en cuenta que comenzar a producir FLO de urea o incluso la previa separación desde la fuente de la orina, el almacenaje y fermentación implica un cambio de hábitos, de organización y de procesos de las personas o las instituciones. En este sentido y como cualquier cambio de hábitos, puede generar resistencia. Por esto, es muy importante desarrollar una efectiva campaña de difusión y capacitación dirigida a todos los participantes del PM (desde el servicio de alcantarillado público, hasta los participantes públicos y privados, individuales e institucionales). Dentro de esa campaña será importante resaltar y demostrar que la producción de FLO de urea representa un beneficio social, ambiental y económico. También es útil ofrecer incentivos a los participantes, para que perciban los beneficios directamente. Estos incentivos pueden incluir educación ambiental, incentivos económicos o regulatorios, premios y reconocimientos al merito, entre otros tipos de estímulos.



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

Otra manera de fortalecimiento es involucrando a los actores en el diagnóstico de la problemática de la orina humana y en la propuesta e instrumentación de su solución. Esto es aplicar la estrategia de planeación participativa y lograr que otros actores, además de los promotores principales del PM, se apropien del mismo y tomen sus objetivos como propios, el ver instrumentado y aplicado un programa exitoso.

La contratación y capacitación del personal de recolección y transporte de orina sin procesar ó ya saneada (FLO de urea) y la capacitación de usuarios es condición indispensable para lograr un PM municipal exitoso. La capacitación puede ser sencilla, pero debe ser continua para afianzar conocimientos, capacitar a nuevos participantes y resolver dudas que surjan durante la práctica de separación, recolección, tratamiento y aprovechamiento. Es necesario tener en cuenta que un cambio de hábitos tarda en consolidarse.

1.4.2. Campañas de difusión y capacitación de producción y aprovechamiento de FLO de urea

Esta sección esta basada en gran parte en el trabajo de Rodríguez *et al.*, (2006) en lo referente al diseño de campañas de difusión de la composta doméstica, ajustando la información al contexto de la producción de FLO de urea.

La producción doméstica de FLO de urea atiende a una responsabilidad social con el entorno natural y debe ser difundida y promocionada con énfasis en este punto. La autoridad municipal, como eje rector en la política es una de las responsables de llevar a cabo un programa para la capacitación de la producción y su difusión; sin embargo, no es la única responsable. También deben participar los gobiernos estatal y federal, el sector educativo, la iniciativa privada y las organizaciones sociales según la legislación mexicana. Con la colaboración de todos estos sectores sociales, el programa puede ser exitoso. Una vez que se ha decidido implementar



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

un programa de difusión y capacitación sobre producción de FLO de urea doméstico, se debe seguir los siguientes pasos.

- Selección de los capacitadores: La selección se puede hacer a partir de personas que ya estén realizando la producción y aprovechamiento de FLO de urea en sus domicilios y tengan la disposición y el tiempo para difundirlo entre sus vecinos de colonia, barrio, comunidad o municipio. Se puede iniciar con un solo capacitador que ayude a preparar a nuevos capacitadores.
- Diseño de materiales de apoyo: Estos materiales pueden ser tan sencillos como un tríptico o un cartel. En estos materiales se incluyen los principales puntos relativos al la producción de FLO de urea y su aprovechamiento. El material es un apoyo para la capacitación y no puede sustituirla. Además del material informativo impreso, pueden ser muy útiles centros demostrativos donde se expongan tipos de baños separadores y alternativas a estos como la presentada en el capítulo I y se muestren las diferentes etapas del proceso de producción y aprovechamiento casero.
- Selección del sitio para la capacitación: La capacitación debería llevarse a cabo en un lugar donde se lleve a cabo la producción de FLO de urea y su aprovechamiento casero, así que algunas demostraciones podrían llevarse a cabo en la casa del capacitador(a) o en el centro demostrativo. También se puede hacer dentro de una escuela o edificio público un centro demostrativo, delegando a un profesor o conserje (debidamente capacitado) la capacitación en horarios que no interfieran con sus actividades laborales cotidianas o asignándolos exclusivamente a estas funciones.
- Difusión de la campaña: Ya sea a través de visitas de casa en casa, periódicos murales en escuelas, perifoneo (carro con sonido), volantes, mantas, periódicos, estaciones de radio y canales de televisión locales (o



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

todos a la vez) se puede invitar a la población a visitar el centro demostrativo para conocer qué es y tomar la capacitación.

- Puesta en marcha de la capacitación: se recomienda dividir la capacitación en cuatro grandes rubros: la separación de la orina desde la fuente incluyendo su recolección; almacenaje; fermentación y el aprovechamiento casero. Al poner en marcha la capacitación, sería imprescindible asegurar que estén disponibles los materiales necesarios para los ciudadanos objetivo; estos materiales incluyen la folletería, los sistemas demostrativos de separación de la orina, recolección, almacenaje, fermentación y aprovechamiento (huerto convencional en suelo u organopónico), y/o los materiales e instructivos para construirlos así como la información de contacto de los capacitadores.
- Multiplicación de los capacitadores: de los primeros grupos de asistentes a la capacitación podrían surgir nuevos capacitadores que, con una experiencia de al menos 6 meses, sean capaces de reproducir esta capacitación en otra comunidad o con otro grupo de personas participantes. La producción y aprovechamiento casero de FLO de urea generaría mayores beneficios al municipio en la medida en que haya un número mayor de personas participantes. Por esta razón, debe proporcionarse la capacitación durante un largo plazo e ir formando grupos de apoyo. La multiplicación de capacitadores también podría fomentar el mercado de insumos, y habría personas que puedan fabricar los baños separadores, tanques de almacenaje y venderlos a precios accesibles.
- Sostenimiento del programa: es necesario prever la continuidad del apoyo técnico a los productores y usuarios caseros de FLO de urea a lo largo de los meses y los años, para la atención de problemas, el re-entrenamiento y el apoyo de tareas poco frecuentes pero demandantes, como la construcción de baños o dispositivos de separación y colecta de orina, de los sistemas de



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

almacenaje y fermentación (y su vaciado) y la construcción de huertos convencionales y organopónicos. El sostenimiento es una parte integral y esencial del programa y requiere de la asignación de recursos y personal desde el inicio y como parte de los gastos de operación del programa. Los recursos originales deberían cubrir gastos de folletos, visitas domiciliarias, atención al público, centros demostrativos, campañas de concientización y reforzamiento, así como incentivos diversos para los participantes.

1.5. Dimensiones del PM

La gestión de los residuos se realiza en tres dimensiones. La primera se refiere al manejo directo de los residuos e incluye generación, tratamiento en su origen, barrido, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final (figura 2). Esta dimensión es la más visible ya que existen personas y equipo específicos para realizar las tareas asociadas al mismo. La segunda dimensión considera a todas las personas, instituciones y organizaciones que, sin ser encargadas del manejo directo de los residuos, mantienen alguna relación con éstos; por ejemplo el proceso legislativo en torno a la creación de una ley estatal sobre residuos. La tercera dimensión de la gestión es el medio ambiente entorno a los residuos que incluye a la sociedad (personas instituciones y organizaciones) así como el medio ambiente natural (agua, aire, suelo y otros seres vivos) (Rodríguez *et al.*, 2006).

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

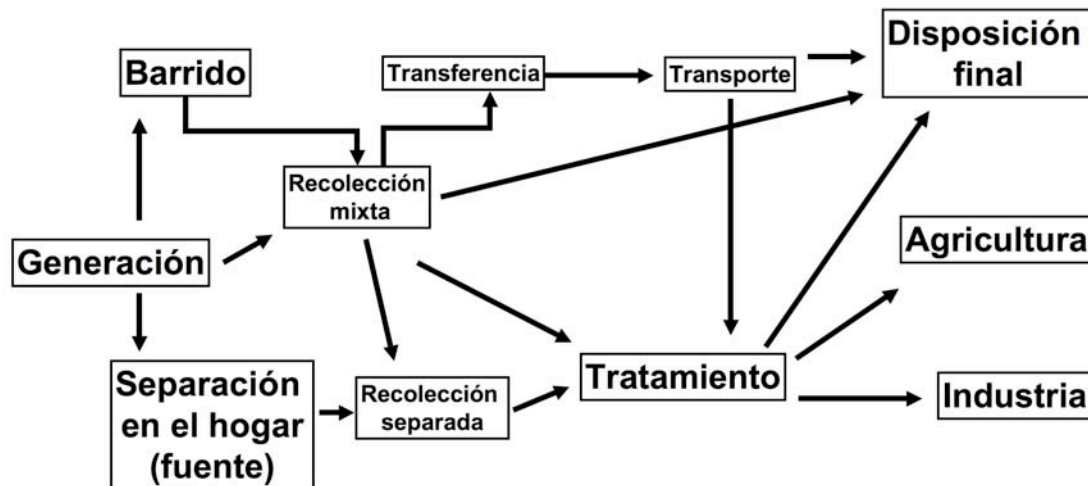


Figura 2. Diagrama de flujo diferenciado del manejo integrado de residuos sólidos urbanos. Fuente: Rodríguez *et al.*, 2006.

Ya que no existe experiencia previa en la mayoría de los municipios en México para el saneamiento ecológico de la orina y su aprovechamiento (una excepción sería el Municipio de Tepoztlán en el estado de Morelos, con el proyecto denominado TepozEco, dicho proyecto no fue implementado, ni financiado en su totalidad por el gobierno local ya que incluyó apoyos, capacitación e infraestructura por parte de instituciones suecas, pero puede servir como referencia importante), se sugiere comenzar el PM municipal con pocos actores involucrados en el proceso. A partir de ahí, se puede ampliar paulatinamente, asegurando el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento municipal y monitoreando siempre el grado de la participación de la ciudadanía, la calidad de la separación de la orina y la calidad del FLO de urea producido.

A nivel municipal, lo más sencillo es comenzar por dar tratamiento al volumen de orina generada por la propia administración municipal y sus dependencias (en edificios de gobierno, escuelas, hospitales, etc). Para los distintos procesos que conlleva el saneamiento ecológico y aprovechamiento de la orina (separación, recolección, transporte, tratamiento y aprovechamiento), es necesario capacitar en



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

el adecuado manejo de los dispositivos y volúmenes, tanto al personal como a los usuarios y generadores, y mantener un programa de educación continua para ambos. Entre mas actores se involucren, mas compleja será la operación del Plan de Manejo Municipal (PMM) por las necesidades de capacitación, del control de calidad de la separación y del seguimiento requeridos para el buen funcionamiento del proceso. Por esta razón, se sugiere comenzar con pocos actores e ir ampliando el PMM en la medida en que éste se vaya consolidando en todos sus componentes. En este sentido se recomienda de igual manera la recolección domiciliaria solo cuando se encuentre asegurado el óptimo funcionamiento de la planta de tratamiento municipal, previstos los usos que se dará al FLO de urea producido y que esté operando adecuadamente el programa de comunicación social y capacitación a los generadores domiciliarios. Finalmente el nivel domiciliario debería instrumentarse cuando se encuentre asegurada la estrategia de capacitación y de acompañamiento cercano a los esfuerzos que se harán en cada hogar.

El crecimiento del PM debe llevarse a cabo también de forma paulatina, ya que un crecimiento repentino puede rebasar las capacidades instaladas y crear un efecto negativo en su desarrollo. Si no se cuenta con la infraestructura necesaria para ampliarlo, debería evitarse su promoción fuera de los límites cubiertos. No siempre es posible atender al 100% de la ciudadanía y ésta, a su vez, no está siempre comprometida al 100% con el PM. Estos hechos podrían ser un punto de oportunidad si se sincronizan, o un punto crítico si no se toman en cuenta. El crecimiento no solo estaría limitado por los recursos y el compromiso social, sino también por el mercado; la acumulación de FLO de urea en la planta de tratamiento municipal, no sería una situación que se pueda sostener mucho tiempo. Una posible solución es disponerlo en estrategia de regeneración de suelos y áreas verdes municipales.



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

1.6. Manejo directo

Una vez planteada la forma de producción de FLO de urea en los niveles individual y familiar (ver capítulo II), es posible comenzar a identificar estrategias para su producción y aprovechamiento a escala comunitaria y municipal.

Ya que en los niveles individual y familiar se sobrepasa la capacidad para aprovechar la totalidad de la producción de FLO de urea, debido a que en el hogar no hay espacio suficiente, es factible pensar que los excedentes de producción de varias familias, sean colectados y posteriormente transportados a campos de cultivo en beneficio de ejidos presentes dentro del municipio prioritariamente, MiPyMES y productores particulares.

Esta idea sugiere el desarrollo e implementación de normas, programas, estrategias, metodologías y sistemas encaminados a:

- La recolección y almacenamiento temporal de los volúmenes generados en los centros urbanos.
- Monitoreo de la calidad del FLO de urea en cuanto al contenido de patógenos y concentración de nutrientes de manera continua.
- Identificar previamente a agricultores y/o ejidos interesados en aprovechar este recurso.
- Acotar las distancias y la ubicación de los campos de cultivo con respecto al centro de producción y/o acopio.
- El transporte de los volúmenes generados de manera eficiente.
- Desarrollar los dispositivos y determinar las formas de aplicación de FLO de urea, tomando en cuenta las dosis por área en función de la concentración de nutrientes y el tipo de cultivo locales.
- Identificación y promoción de mercado para los productos.

**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Previamente es necesario hacer estudios prospectivos para conocer la opinión de la ciudadanía y la aceptación social que dicho proyecto tendría dentro de la comunidad y el municipio. La gestión en la dimensión del manejo directo del residuo orina humana incluye la generación, separación, recolección, saneamiento ecológico (tratamiento), transporte y aprovechamiento (figura 3).

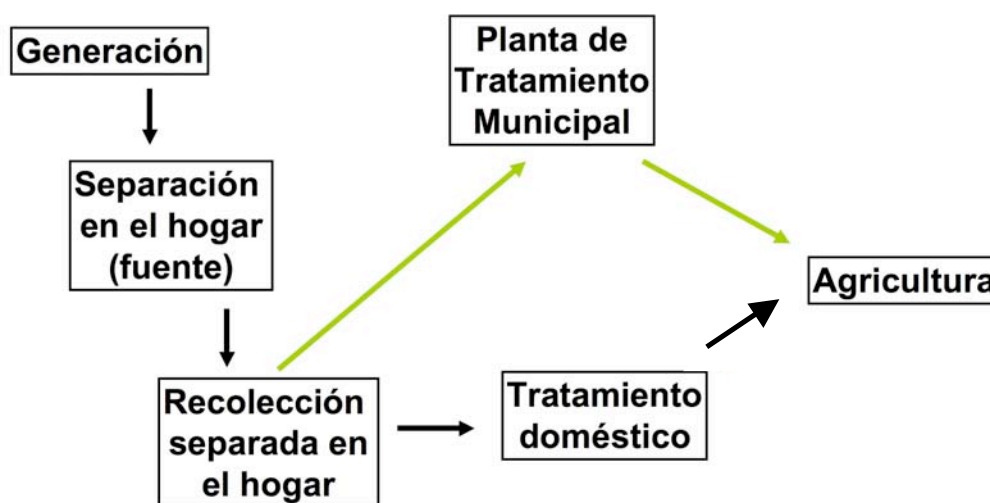


Figura 3. Diagrama de flujo diferenciado del manejo integrado de la orina humana, las flechas verdes corresponden al transporte.

1.7. Procesos articulares

Los componentes en la dimensión de manejo directo antes mencionados para el PM se articulan a través de varios procesos que deben instrumentarse en paralelo y de forma coordinada; así mismo es necesario prever presupuesto y personal para cada proceso. La planeación, el financiamiento y la evaluación se incluyen en el rubro general de la administración; la difusión, el involucramiento de actores y la capacitación se incluyen en el rubro de educación y participación pública. El desarrollo y el crecimiento del programa tienen que ser paulatinos y deben sincronizarse con las necesidades de la sociedad.



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

1.8. Administración

En lo referente a los aspectos administrativos, es esencial realizar una buena planeación antes de arrancar el PM municipal para el aprovechamiento del FLO de urea. Para esto, es necesario prever financiamiento, la infraestructura, el personal requerido tanto para la recolección, tratamiento (saneamiento ecológico), transporte y aprovechamiento así como para el desarrollo de estrategias de distribución y aprovechamiento. Asimismo, se debe contar con presupuesto, infraestructura, materiales y personal para la capacitación y seguimiento. El seguimiento incluye la atención a problemas, la provisión de insumos, asesoría en el aprovechamiento, el apoyo institucional y el reconocimiento de esfuerzos de los participantes. La continuidad del PM municipal se reconoce como muy importante, por lo que es necesario hacer las previsiones institucionales económicas y administrativas requeridas para asegurarla. Finalmente es recomendable hacer pruebas de las técnicas de separación, recolección, almacenaje, fermentación y aprovechamiento de la orina que se desean instrumentar, para garantizar su efectividad bajo las condiciones climáticas, de infraestructura, organizativas y de composición de la orina producida localmente.

1.9. Valorización.

La valorización de los residuos se alcanza cuando estos son procesados y transformados en un nuevo producto. En cada una de las viviendas es posible llevar a cabo este proceso; sin embargo, requiere de la modificación de algunos hábitos personales y colectivos de las personas que ahí habitan (Rodríguez *et al.*, 2006).

1.10. Beneficios.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

La producción de FLO de urea ofrece los siguientes beneficios a las comunidades y municipios:

- **Beneficios económicos:** una parte de estos se obtienen durante la recuperación (separación y colecta), ya que cuando la orina deja de incorporarse al desagüe, se reducen costos de reparación de las tuberías metálicas por las propiedades corrosivas de la orina, se disminuirían los costos de tratamiento de aguas residuales con el subsecuente ahorro de energía proveniente de combustibles fósiles dedicada a su saneamiento, y ahorros per capita en la factura por uso del agua. Otra parte, se obtendría por el saneamiento ecológico (almacenaje, fermentación y aprovechamiento) obteniéndose el fertilizante orgánico de alta calidad, que puede ser comercializado, aportando valor agregado a los cultivos, significando un incremento en los ingresos de productores, además al ser de bajo costo de obtención, así disminuirían los costos de producción de cultivos que actualmente son determinados por los altos precios de fertilizantes sintéticos.
- **Beneficios ambientales:** Se previene la contaminación domiciliar de importantes cantidades de agua per capita al año (14 mil litros), se disminuiría la eutrofización de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, ya que la orina humana aporta el 80% de los nutrientes contenidos en las aguas residuales. Finalmente se recuperarían e incorporarían al ambiente nutrientes inocuos que pueden dirigirse a la recuperación de la fertilidad de suelos municipales y suelos agrícolas mejorando sus características.
- **Beneficios sociales:** implementar el saneamiento ecológico de la orina humana a través de un PM a nivel doméstico, comunitario y municipal puede mejorar la imagen política de la municipalidad y de su administración, ya que la protección al ambiente, y a la salud de las personas, la prevención de enfermedades, el reforzamiento de la seguridad alimentaria y la creación de fuentes de empleo tienen una gran importancia desde la perspectiva pública.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Así mismo, ofrece a la ciudadanía una oportunidad de participación en dichos rubros.

1.11. Alcances

Los principales aspectos que determinan la mayoría de las iniciativas para promover el saneamiento ecológico de las zonas urbanas a diferentes escalas son la protección al medio ambiente y la salud de las personas, sin embargo un aspecto que se menciona muy poco es el económico y así sus alcances. Para aterrizar dicha cuestión en números aproximados, por ejemplo, si el saneamiento ecológico se realizará a nivel municipal y todos sus ciudadanos entregaran separada su orina al municipio para que este lleve a cabo el manejo integral, significaría una derrama económica nada despreciable para aquellos dedicados a su implementación, pues si por ejemplo, se realizara en el municipio de Zumpango, en el Estado de México cuya población en 2005 es de 127,988 habitantes (INEGI, 2005), se estarían ahorrando cerca de 1.9 millones de metros cúbicos de agua al año (por cada persona se gastan 15 000 litros de agua limpia en el retrete). Contrastando estas cifras con el estudio de reciclaje de desechos humanos de Rohrer y Geiger (1998) que mostró que en los desechos de áreas descentralizadas en Suiza, existen aproximadamente £88 000 (USD 133,760 aprox.) en el valor del nitrato y una cantidad igual en el valor del fosfato para uso en la agricultura contenidas en aproximadamente 2.4 millones de metros cúbicos de aguas residuales por año, en el citado ejemplo el municipio de Zumpango, obtendría USD 211, 786 al año en el valor de nitrato y fosfato como producto del saneamiento ecológico de sus desechos, o bien se estarían fertilizando en cultivos dentro del municipio entre 5,119.52 y 7,039.34 ha (Jönsson en 2004 y Avendaño el mismo año, pero en diferentes trabajos calcularon entre 400 y 550 el número de metros cuadrados que por persona pueden fertilizarse por medio de la orina). Tal área de cultivo en un municipio con vocación agrícola como lo es Zumpango, representaría una gran fuente de divisas, de empleo, ahorro de agua potable y energía (combustible), que ayudarían en gran medida al desarrollo integral de dicho municipio.



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

CAPITULO II

GUÍA DE PRODUCCIÓN DE FERMENTO LÍQUIDO ORGÁNICO (FLO) DE UREA Y TIERRA DE HOJA (HUMUS) Y SU APROVECHAMIENTO EN CULTIVOS PARA LA ESCALA INDIVIDUAL Y FAMILIAR.

INTRODUCCION

El huerto familiar es quizá lo más milenario, sofisticado y futurista legado por culturas antiquísimas y presentes. El huerto es un sitio de interacción entre el ser humano, su cultura y la naturaleza. A lo largo de nuestra historia hemos tenido sin saberlo una fuente de bienestar en el hogar gracias al huerto familiar. Este tipo de agrosistema es uno de los más importantes antecedentes de la agricultura durante la revolución del periodo neolítico, gracias a las prácticas de siembra de las mujeres. Ellas sembraban semillas alrededor de la cueva o vivienda, con lo cual llegaron a desarrollar e inventar un modo de economía más seguro, ya que este revolucionario sistema les permitía guardar gran parte de la cosecha para las épocas de escasez. Con el tiempo en prácticamente todo el mundo surgieron comunidades campesinas e indígenas que practicaron una agricultura tradicional, heredada de generación en generación depositaria de miles de años de conocimientos. En el caso de México tenemos aún vivas las chinampas, las cuales son un caso único en el mundo de una gran cultura para el manejo del agua y un claro ejemplo de agricultura urbana en una gran ciudad. Los ciclos naturales constituyen la base del sistema de producción orgánica, los principios básicos del cultivo orgánico se basan en los mismos procesos con los que la vida se ha sustentado con éxito durante millones de años (Altieri *et al.* 1999; Arroyo, 2000).

El término agroecología ha llegado a significar muchas cosas, definidas a grosso modo, la agroecología a menudo incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente; centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Implica un número de características sobre la sociedad y la producción que van mucho más allá de los límites del predio agrícola. En un sentido más restringido, la agroecología se refiere al estudio de fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivo, tales como relaciones depredador/presa, o competencia de cultivo/maleza. La ciencia y la práctica de la agroecología son tan antiguas como los orígenes de la agricultura. A medida que los investigadores exploran la agricultura indígena, la que es reliquia modificada de formas agronómicas más antiguas, se hace más notorio que muchos sistemas agrícolas desarrollados a nivel local, incorporan rutinariamente mecanismos para acomodar los cultivos a las variables del medio ambiente natural, y para protegerlos de la depredación y la competencia. Estos mecanismos utilizan insumos renovables existentes en las regiones, así como los rasgos ecológicos y estructurales propios de los campos, los barbechos y la vegetación circundante. Estos sistemas de producción fueron desarrollados para disminuir riesgos ambientales y económicos y mantienen la base productiva de la agricultura a través del tiempo. Si bien estos agroecosistemas pueden abarcar infraestructuras tales como trabajos en terrazas, zanjas e irrigación, el conocimiento agronómico descentralizado y desarrollado localmente es de importancia fundamental para el desarrollo continuado de estos sistemas de producción (Altieri, *et al.*, 1999).

Con la horticultura química o agricultura moderna (revolución verde), la tierra se considera un simple medio físico que sirve de anclaje a las raíces y recipiente de fertilizantes artificiales que aportan nutrientes a las plantas, método eficiente a corto plazo, con consecuencias desastrosas. El cultivo forzado con la adición de fertilizantes artificiales produce plantas poco resistentes, de crecimiento rápido y propensas al ataque de plagas y enfermedades. Para la agricultura orgánica, la tierra es más que un medio físico de soporte, se trata de un ser vivo que requiere ser cuidado, pues se trata de la madre tierra. Podemos decir que un producto es orgánico si reúne tres aspectos fundamentales: no daña al medio ambiente al producirlo, no se produce en base a ningún proceso de síntesis química artificial y no daña la salud del ser humano al ser consumido (Arroyo, 2000).



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

En contraste con la creciente manifestación de las tecnologías de punta, existen aún procesos factibles de realizar con un gran margen de éxito, estos procesos se denominan como tecnologías alternativas e intermedias, este termino fue acuñado por el economista E. F. Schumacher a mediados de los años sesenta, entendiéndolo por ello una tecnología de escala tal que se hallara entre las tecnologías existentes en los países menos desarrollados y las modernas tecnologías de los desarrollados, pero adaptadas a las condiciones y necesidades de los primeros. Estos conceptos fueron viables durante la década de los sesenta y setenta cuando se hablaba de desarrollo endógeno, y la relación centro/periferia. Esto pensando principalmente en el sector agrícola, agroindustrial y la explotación de los recursos naturales. La noción de tecnología intermedia entraña, también una racionalidad ecológica, social y en última instancia, política que de alguna manera pudiera ser conveniente para un desarrollo más armónico del país. La distribución espacial de las unidades productivas al tratarse de tecnologías relativamente sencillas, "ligeras" y flexibles, no tiene altos requerimientos de economías externas para funcionar. Por ello puede implementarse en zonas rurales o semiurbanas, favoreciendo la desconcentración física de la producción (Herrera y Ulloa, 1990)

Las pequeñas granjas multifuncionales, son más productivas, más eficientes y contribuyen más al desarrollo económico que las grandes. Comunidades pobladas alrededor de estas tienen economías más sanas que las grandes, despobladas y mecanizadas. Un estudio reciente sobre el impacto de las pequeñas granjas en la economía local encontró que los pequeños productores crean 10% más empleos, tienen un 20% de incremento en ventas y 37% en incremento de los ingresos per capita locales. También tienen un mayor cuidado de los recursos naturales incluyendo la conservación de la biodiversidad y la reducción de la erosión de suelos. La relación inversa entre el tamaño de la granja y la calidad de producción puede ser atribuida a la mayor eficiencia en el uso de la tierra, el agua, la biodiversidad y otros recursos agrícolas que tienen los pequeños granjeros. Así en términos de la conversión de insumos a productos, la sociedad estaría mejor con los



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

granjeros a pequeña escala. Construyendo fuertes economías rurales en países en desarrollo basados en la producción agrícola a pequeña escala permitiendo que permanezcan con sus familias y ayudando a detener el flujo de emigración (Altieri, 2008).

Los métodos utilizados para fertilizar los cultivos a lo largo de la historia, se basan en la elaboración de composta (material inodoro, estable y parecido al humus, rico en materia orgánica, resultado del proceso de descomposición de los residuos biodegradables) a partir de desechos orgánicos principalmente (Rodríguez *et al.*, 2006).

La transformación de orina humana en fertilizante, no representa un riesgo a la salud si se maneja en sistemas de separación y con distintos periodos de desactivación de patógenos sin hidratación (dependiendo del tipo de cultivo que se quiera fertilizar) y siguiendo medidas de disminución de riesgos. (Kirchmann, 1995; Schönning (*prev. Höglund*, 2001; Jönsson, 2001).

La fermentación de la orina adicionando tierra negra o composta como fermento favorece la conversión de la urea en amonio, además de la proliferación de colonias de bacterias que se formaron en la composta, esto aporta una importante cantidad de materia orgánica que finalmente ayudan a la correcta asimilación por parte de las plantas de los nutrientes que contiene la orina. La fermentación también contribuye a la destrucción de posibles patógenos virales (por la presencia de Oxígeno), fármacos y hormonas (por la diversa actividad microbiana), contenidos en la orina, teniendo como resultado una composta líquida libre de patógenos peligrosos, con una gran cantidad de nutrientes y microorganismos benéficos para la producción orgánica de cultivos, la producción de humus a partir de la descomposición de hojas secas como sustrato o ambos a la vez.

2.1. Producción de Fermento líquido orgánico de urea (FLOU)



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

El uso de orina humana fermentada resulta una excelente opción como fertilizante líquido orgánico, debido a que la orina posee una cantidad considerable y una alta disponibilidad de Nitrógeno en forma de urea y amonio (1 a 3 g/l), Fósforo y Potasio en forma de iones, todos ellos macronutrientes necesarios para la nutrición de las plantas en cultivos.

Cuando la separamos desde la fuente (tratamiento primario) para evitar el contacto con heces fecales, la almacenamos por un periodo de tiempo (tratamiento secundario) para la desactivación de posibles patógenos y la fermentamos con bacterias presentes en la tierra o composta en presencia de Oxígeno (tratamiento final) favoreciendo así la proliferación de microorganismos benéficos, para las plantas y la destrucción de fármacos y hormonas, presentes en la orina (Jönsson *et al.* 2004), obtenemos un fertilizante orgánico barato y de alta calidad, que es capaz de cubrir las necesidades nutrimentales de cualquier cultivo (hortícola, frutícola, ornamental o forestal), obteniendo altos rendimientos, tanto como los de los fertilizantes artificiales. A continuación se describen cada uno de los procesos, los cuales **son invariables, de lo contrario puede ponerse en riesgo la salud de las personas que llevan a cabo esta forma de saneamiento ecológico de la orina, la calidad del producto final y la salud de los consumidores de los productos finales.**

Los materiales y métodos que se describe a continuación se basa en la cantidad de orina que aproximadamente produce una persona adulta en 24 horas (1.5 litros) y se hará referencia tomando en cuenta esta cantidad para el saneamiento ecológico de la orina de una familia de 5 personas adultas recolectando el 100%, así como su aprovechamiento dentro del hogar.

Para la producción de FLO de urea y su aprovechamiento en el hogar es necesario contar con áreas, materiales y conocimientos básicos que aseguren el éxito del proyecto. Por lo que en este capítulo describiremos paso a paso el proceso y el uso de los materiales en cada una de sus fases (FIGURA 4).

**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala
Carrera de Biología**

Esta guía solo incluye el proceso de producción FLO de urea en el hogar y las dosis de aplicación recomendadas en general para los cultivos, tanto en suelos de uso extensivo, como con la técnica organopónica, aunque se darán recomendaciones específicas para algunos cultivos en condiciones de suelo de uso extensivo (figura 32).

Áreas requeridas:

Las áreas requeridas dentro del hogar se representan en la figura 1.

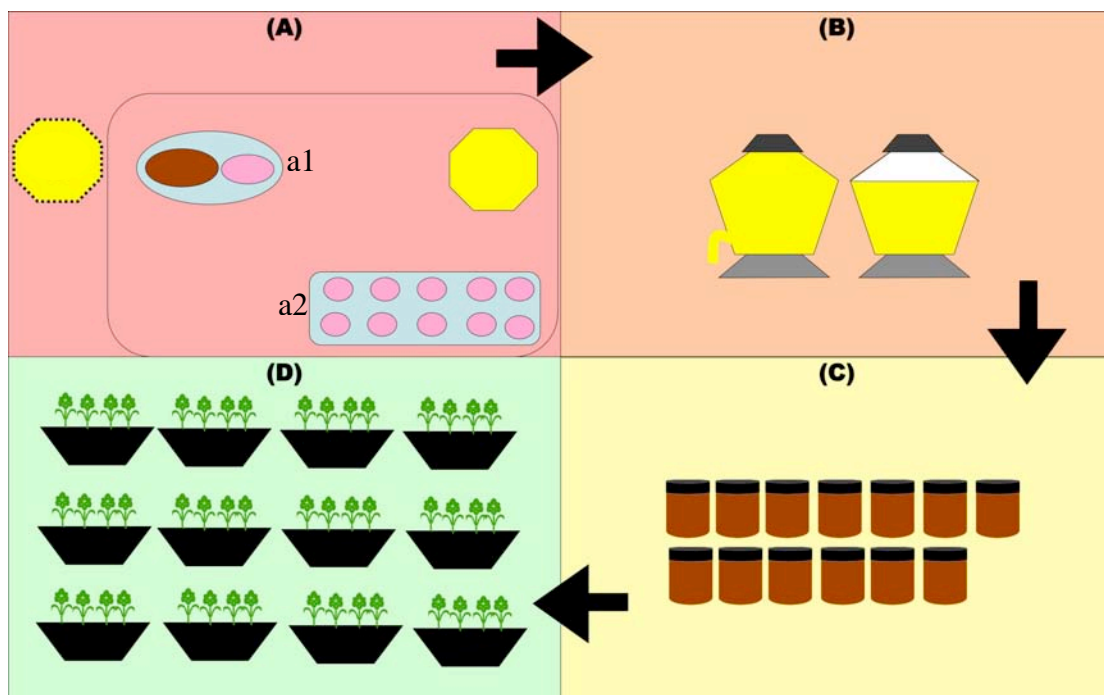


Figura 4. Muestra las áreas requeridas en el hogar para el saneamiento ecológico y aprovechamiento integral de la orina humana, produciendo FLO de urea y utilizando la Organopónica como técnica de aprovechamiento.

(A) Área de separación: el ovalo de color rosa dentro del de color azul (retrete separador de orina y heces) representa el desviador de orina y el de color café el de heces fecales,



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

este sistema de separación es el más convencional (a1). Los círculos de color rosa dentro del rectángulo azul representan los embases colectores (2 por persona) para una familia de 5 personas, este sistema de separación es propuesto como alternativa de bajo costo al sistema anterior (a2). Los hexágonos de color amarillo representan los garrafones de colecta temporales que serán vaciados en el tanque de almacenaje, el de borde continuo se encuentra dentro del baño, el de borde punteado fuera de él.

- (B) Área de almacenaje: se muestran los dos tanques de almacenamiento, el de la izquierda representa el que permanece cerrado durante un mes, el de la derecha representa el que está siendo llenado. Esta área puede localizarse en la azotea o patio de la vivienda.
- (C) Área de fermentación: representa los 13 garrafones de 20 litros en los que se lleva a cabo la fermentación. Esta área puede localizarse en la azotea o patio de la vivienda.
- (D) Área de cultivo: aparecen representados los módulos organopónicos en los que se aprovecha el FLO de urea ya preparado. Esta área puede localizarse en la azotea o patio de la vivienda.

2.2. Separación de orina desde la fuente (tratamiento primario)

El principio básico de la separación de orina consiste en **no permitir el contacto de esta con las heces fecales**, esta idea es central y muchas opciones y estrategias para llevarla a cabo han surgido, existen opciones desde muy sofisticadas y costosas a las rústicas y económicas, esto depende del presupuesto (del individuo o la familia) y el espacio disponible dentro de casa. Existen gran variedad de modelos comerciales de inodoros separadores (desviadores) de orina y heces; sin embargo, no siempre existe un proveedor cercano o los precios son elevados, además el cambio del WC por uno de estos sistemas representa un costo que a veces no es posible costear.

2.2.1. Separación convencional.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala

Carrera de Biología

Si se cuenta con el presupuesto y un proveedor para cambiar el WC por un baño separador (desviador) y tomando en cuenta que el ser humano al defecar también suele orinar, el baño separador si recupera la totalidad de la orina. La siguiente imagen es un antecedente histórico desarrollado en China hace miles de años y muestra de manera general el principio de separación que la mayoría de los retretes separadores comerciales aplica, pues al frente se desvía la orina y en la parte posterior se colectan las heces fecales. Puede ser tomado como referencia para la construcción de baños separadores.

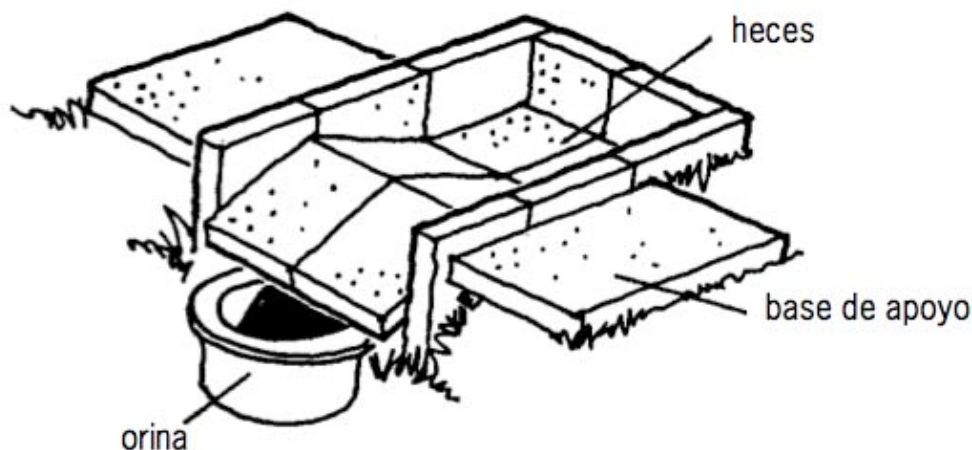


Figura 5. Sanitario tradicional para canalizar la orina, en China. Fuente: Esrey *et al.* 1998.

Desde el baño con separación para orina, la orina es conducida por tubería hasta un tanque recolector. Debido a la acumulación de ureasa, se forma "lodo" donde la orina permanece por algún tiempo, por ejemplo en la trampa de orina del baño recolector, en las tuberías que están muy horizontales (sin una ligera pendiente) y en el tanque de recolección. La mayoría de este lodo, consiste en struvito ($MgNH_3PO_4$) y apatita ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$). Estos se forman debido a que el pH de la orina se incrementa a 9-9.3, debido a la degradación de urea en amonio y a este alto pH las concentraciones iniciales de fosfato, magnesio, calcio y amonio, ya no son solubles, si no que se precipitan (Jönsson, *et al.*, 2004). Del fósforo de la orina, el 30% o más eventualmente se precipita como lodo (Jönsson, *et al.*, 2000; Udert, *et*



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

al., 2003). Si la tubería tiene inclinación del mínimo de 1% y es lo suficientemente ancho (para tuberías horizontales, ≥ 75 mm), el lodo fluye a el tanque recolector, donde forma una capa en el fondo. Esta es líquida y puede manejarse junto con el resto de la orina. A condición de que el lodo es manejable y reusado con el resto de la orina, ni la cantidad ni la disponibilidad de nutrientes cambia. La concentración del fósforo en la capa de lodo puede ser mayor (del doble), que en el resto de la orina. Dicho lodo puede ser utilizado para cultivos con grandes demandas de P. Por otro lado la orina es muy corrosiva, por eso los tanques colectores y la tubería deben ser de materiales resistentes como el plástico o concreto de alta calidad, los metales deben ser evitados. (Jönsson *et al.*, 2004).

2.2.2. Alternativa de bajo costo para separar orina desde la fuente

Una alternativa de bajo costo es la de orinar en un contenedor que no comparte espacio con el destinado a las heces fecales. Esto permitiría asegurar la correcta separación y reducir los costos de cambiar el viejo inodoro. De manera muy rústica y simple se puede coleccionar la orina en embases plásticos de PET de 1 a 3 litros con tapa (embases colectores) que se generan en el consumo de refrescos o agua embotellada muy comunes en las áreas urbanas en México (no utilizar embases que contenían previamente cloro o sustancias tóxicas), estos deben lavarse antes de ser usados para la recolección de orina, se deben evitar embases metálicos, pues la orina puede corroerlos con facilidad.

Se puede utilizar un embudo que permita de manera mas cómoda dirigir la orina hacia el interior del embase, de esta manera la recolección puede llevarse a cabo en el interior del antiguo baño.

La colecta de orina llevada a cabo de esta manera implica por higiene utilizar un embase y un embudo por persona. Para evitar que se llene demasiado el embase y se derrame la orina, se requiere un embase extra para cambiarlo. El embudo debe enjuagarse después de cada evacuación.



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

La tapa de los embases colectores permanecerá cerrada después de la colecta, aún si el embase no se ha llenado, esto es para evitar la evaporación y que se derrame la orina si se cae o es golpeado el embase.

Los embases colectores pueden permanecer en el baño hasta que sean llenados, estos al igual que los embudos deben tener una etiqueta con el nombre del miembro de la familia que lo utiliza y solo el/ella debe utilizarlo.

Cuando se llenen varios embases estos pueden mezclarse en el interior de un contenedor plástico de mayores dimensiones para ir acumulando la orina a lo largo de la semana (después de vaciar la orina en ese contenedor, los embases colectores se lavan, antes de volver a utilizarlos), convienen contenedores de 20 litros que puedan ser manejables, éstos permanecerán cerrados y pueden permanecer en el baño o fuera de él, estos a su vez se vacían en un tanque de almacenamiento en el que la orina permanecerá durante un mes (tratamiento secundario) y no importa si se mezcla la orina de los diferentes miembros de la familia en su interior.

Por último, si los embases colectores y/o los contenedores más grandes destinados a acumular la orina a lo largo de la semana son de materiales plásticos como el PET, se deben poner en un lugar donde no les de la luz solar directa, ya que ésta los descompone y puede contaminar su contenido.

La metodología anteriormente descrita es una alternativa de bajo costo para la separación y recolección de orina y puede ser tomada en cuenta cuando no existe el presupuesto o proveedor para cambiar el WC por un sistema desviador de orina.

El inconveniente con esta técnica es que se perderá un porcentaje de la orina que se excreta al mismo tiempo que se defeca, esto quiere decir que el retrete separador es muy eficiente para coleccionar la totalidad de la orina que se excreta en él.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Para una familia de 5 personas adultas utilizando esta técnica se requieren:

- 10 embases colectores con tapa hermética (2 por persona) de 1 a 3 litros de capacidad.
- 5 embudos (uno por persona).
- 1 ó 2 contenedores de 20 litros de capacidad con tapa.

2.3. Almacenaje (tratamiento secundario).

El almacenamiento por separado es un simple y barato método de tratamiento secundario para la orina y el mismo proceso ocurre en el tanque recolector como en el de almacenamiento. Mientras el tanque este bajo presión normal y no este ventilado, ni la perdida de nutrientes ni cambios en su eficiencia pueden ocurrir. El saneamiento ecológico toma lugar cuando la orina es almacenada separadamente (de la heces fecales) (Jönsson *et al.*, 2004).

Para realizar el almacenaje de la orina de 5 personas adultas el tanque de almacenamiento debe tener como mínimo una capacidad máxima de 225 litros (45 litros en el caso de un individuo), sin embargo ya que la orina permanecerá en el por lo menos un mes, se debe tener por lo menos un segundo tanque de almacenaje de la misma capacidad que se ira llenando durante el transcurso de ese mes, es decir se requieren dos, de esta forma mientras se lleva a cabo el almacenaje del primer tanque para la desactivación de patógenos, el segundo se ira llenando, de lo contrario no se podrá recolectar más orina hasta que el tanque de almacenamiento se vacié.

La totalidad de la orina que entra en él tanque debe permanecer el mes completo en almacenamiento, de lo contrario parte de ella cumplirá con el tiempo de almacenaje

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

y otra parte no, esto significaría que la desactivación de posibles patógenos será incompleta.

En la figura 6 se muestra la cronología en la que se alterna el llenado de los tanques de almacenamiento, con el almacenamiento en si. Se señala con líneas verticales de color rojo el momento en el que se vacían los tanques.

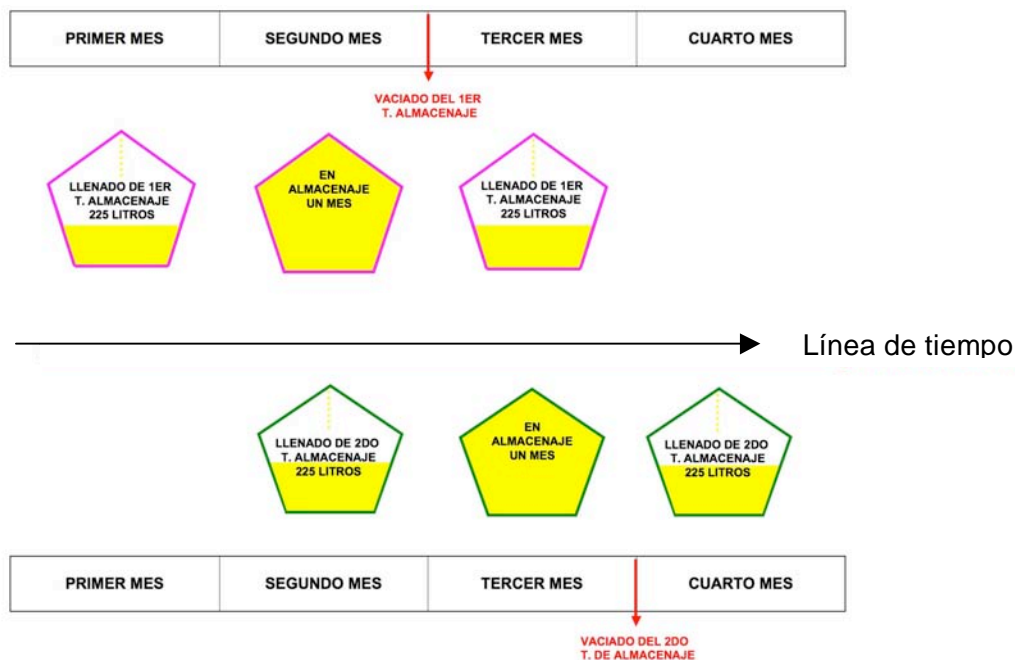


Figura 6. Muestra la alternancia entre el llenado de los tanques de almacenaje y el periodo de almacenaje, en el caso de un individuo, el T. de almacenaje será de capacidad para 45 litros.

Los tanques de almacenaje deben tener tapa hermética superior, al ser removida debe permitir de manera sencilla el llenado. Se requiere también que tengan una válvula de escape en la parte baja para su vaciado. Con la ayuda de un palo lo suficientemente largo se debe remover la fracción lodosa para incorporarla al resto de la orina antes del vaciado (figura 7). La tapa permanecerá cerrada mientras no se este llenando y durante el periodo de almacenaje.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

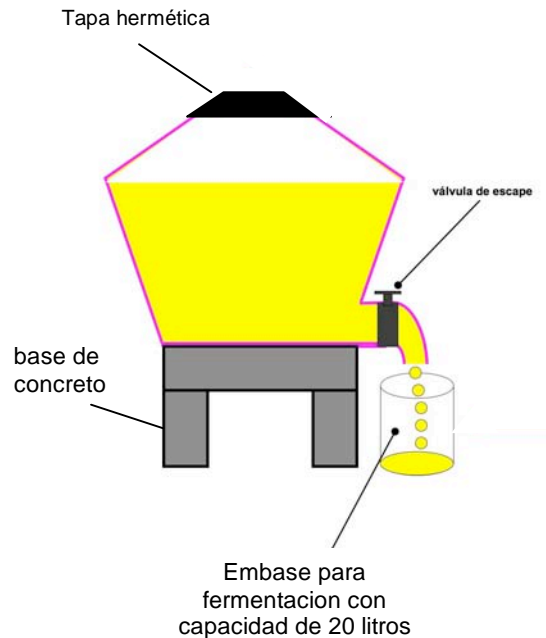


Figura 7. Muestra el tanque de almacenaje al momento de ser vaciado.

Para una familia de 5 personas adultas utilizando esta técnica se requieren:

- 2 tanques de almacenaje plásticos, con tapa hermética y válvula de escape en la parte baja, con capacidad de 225 litros.
- 2 bases de concreto para colocarlos.
- Guantes plásticos.

2.4. Fermentación (tratamiento final)

La fermentación de la orina adicionando tierra negra o composta como fermento favorece la conversión de la urea en amonio, además de la proliferación de colonias de bacterias que se formaron en la composta, esto aporta una importante cantidad de materia orgánica que finalmente ayudan a la correcta asimilación de los nutrientes que contiene la orina, a través de las raíces. Por la presencia de Oxígeno la fermentación de la orina, también contribuye a la destrucción de posibles



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

patógenos, como los virus (Schönning, prev. Höglund, 2001) así como fármacos y hormonas [por la diversa actividad microbiana (Jönsson *et al.* 2004)], teniendo como resultado una composta líquida libre de patógenos peligrosos, con una gran cantidad de nutrientes y microorganismos benéficos para la producción orgánica de cultivos, la producción de humus a partir de la descomposición de hojas secas como sustrato o ambos a la vez.

Para llevar a cabo la fermentación de la orina de 5 personas adultas (225 litros) es necesario contar con 13 contenedores o garrafones de 20 litros de capacidad con tapa hermética (ó 28 de 10 litros), para vaciar la totalidad del tanque de almacenaje, estos no se llenan completamente con la orina, sino que se dejan 2 litros de capacidad libres para permitir la adición de la tierra negra o composta (fermento) y contar con un espacio que permita la agitación (figura 8).

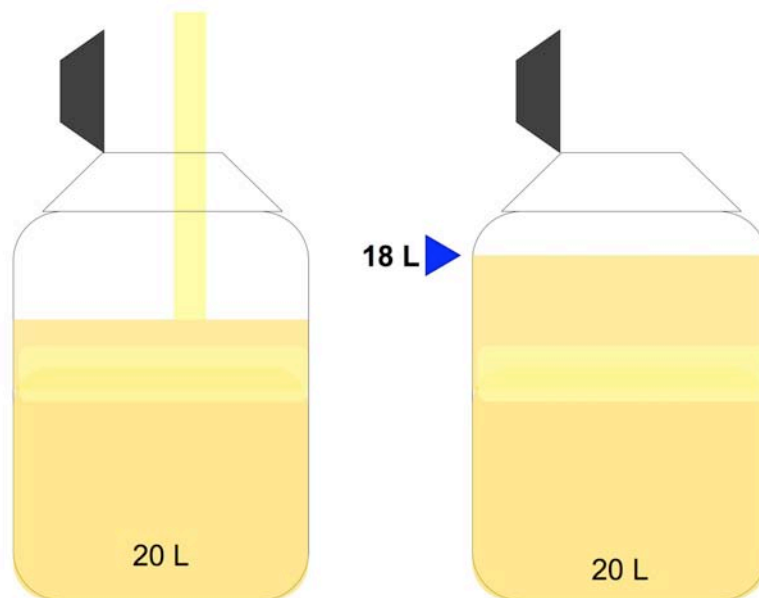


Figura 8. Muestra el llenado de los garrafones de fermentación y el nivel al que deben llenarse.

**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

En la escala individual se requieren de 3 garrafones de 20 litros para vaciar la totalidad del T. de almacenamiento en ellos.

La cantidad del fermento es 2 a 3 cucharadas soperas por litro de orina que vertimos en el garrafón. La mezcla se debe agitar vigorosamente al momento de adicionar el fermento y como mínimo una vez por semana, de esta manera el tiempo de fermentación será de un mes.

Antes de agitar se debe cerrar la tapa hermética perfectamente para evitar derrames, después de agitar la mezcla, se deja entreabierta la tapa (no cerrar herméticamente) para dejar entrar Oxígeno, ya que la fermentación es una reacción aerobia. La tapa se deja de esta manera durante todo el mes y sólo se cerrará herméticamente al momento de agitar (figura 9).

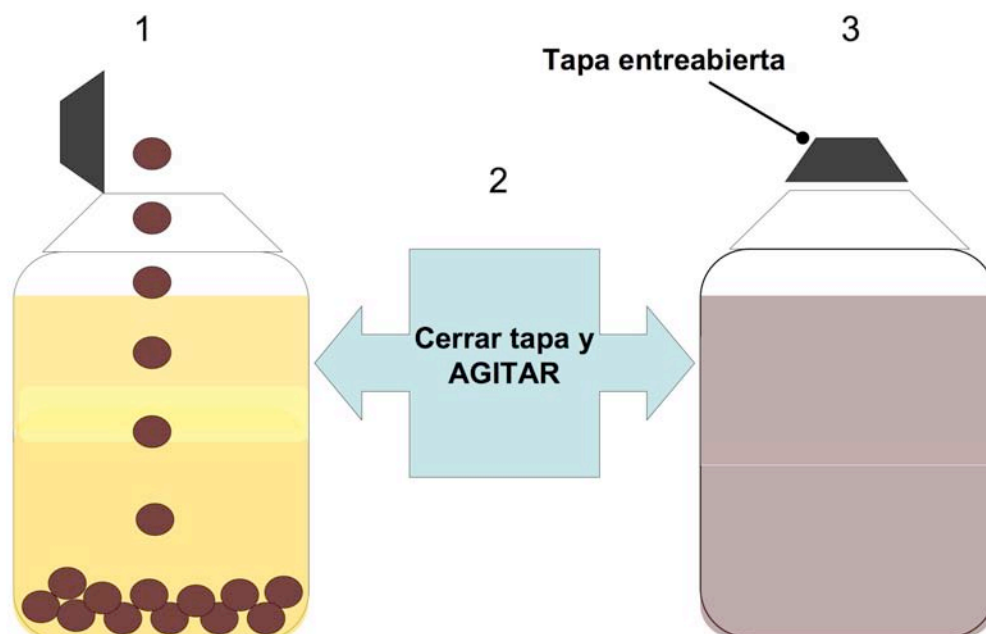


Figura 9. Muestra la adición del fermento, después de agitar se deja la tapa entreabierta, sin retirarla para evitar la evaporación.

**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

La fermentación esta completa cuando la mezcla cambio del característico color amarillento de la orina, a uno más parecido al marrón oscuro y su consistencia es más espesa (figura 10).

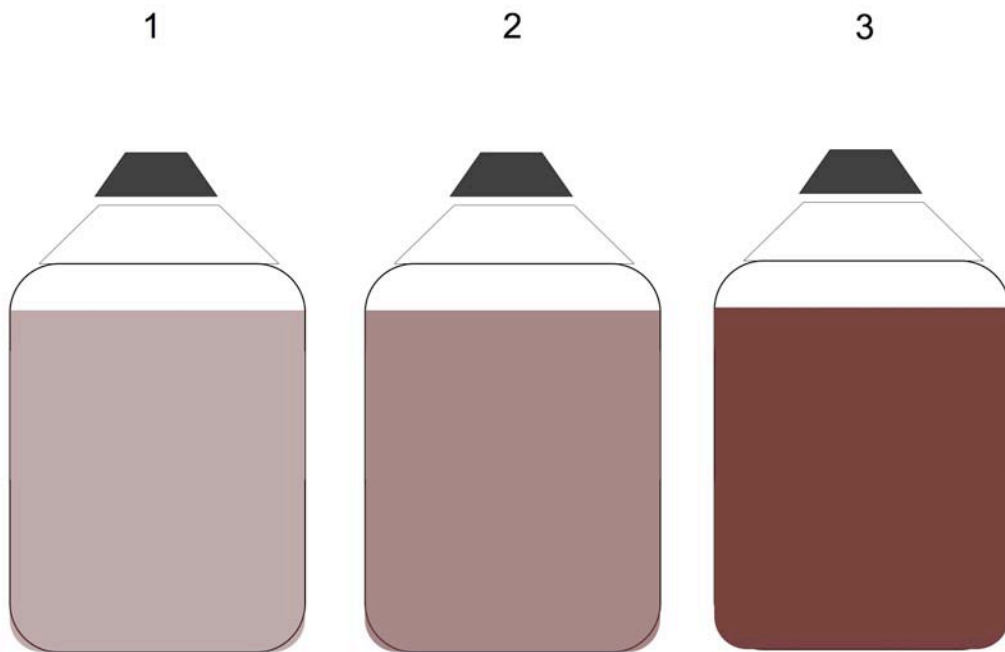


Figura 10. Muestra esquemáticamente el gradual cambio de color en el transcurso de un mes que se lleva a cabo durante la fermentación, el color final del FLO de urea puede ser marrón oscuro a casi negro.





**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Figura 11. Muestra a la izquierda la orina después de 1 mes de almacenaje (se aprecia en la base un color más claro y corresponde a la concentración de fósforo); a la derecha muestra el FLO de urea terminado el proceso de fermentación.

Para una familia de 5 personas adultas utilizando esta técnica se requieren:

- 13 garrafones con capacidad de 20 litros
- tierra negra o composta.
- Guantes plásticos.

2.5. Medidas de seguridad e higiene.

Es necesario utilizar guantes plásticos siempre que se manipule la orina y lavarse perfectamente las manos después de realizar los procesos de llenado del tanque de almacenamiento, vaciado de este en los garrafones para fermentación, durante la agitación y posteriormente al aplicar el FLO de urea a los cultivos. Adicional a esto si el usuario lo prefiere se puede usar cubrebocas, para evitar oler la orina en los procesos antes descritos, aunque no existe ningún problema de salud al olerla en ninguno de ellos, y aunque el olor es fuerte (a amonio), es tolerable.

También es necesario evitar que los niños manipulen la orina en los distintos procesos sin la debida orientación y sin la atenta supervisión de un adulto. Se deben colocar etiquetas en los contenedores, indicando su contenido, la fecha de inicio y termino del proceso y la leyenda “**no ingerir**”.

En caso de ingesta se debe provocar el vomito y llevar a la persona al médico indicando la naturaleza de lo que ingirió. Si la orina o el FLO de urea caen en la piel, primero debe lavarse el área con agua y después usar jabón y agua. Debe evitarse usar cloro ya que puede provocar quemaduras.

**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

2.6. Aprovechamiento

2.6.1. Huerto organopónico

El aprovechamiento es un componente fundamental, ya que si no se utiliza el FLO de urea, no se completa el ciclo y se pierden los beneficios de fertilización orgánica de cultivos y la producción de humus de hoja que ofrece el producto.

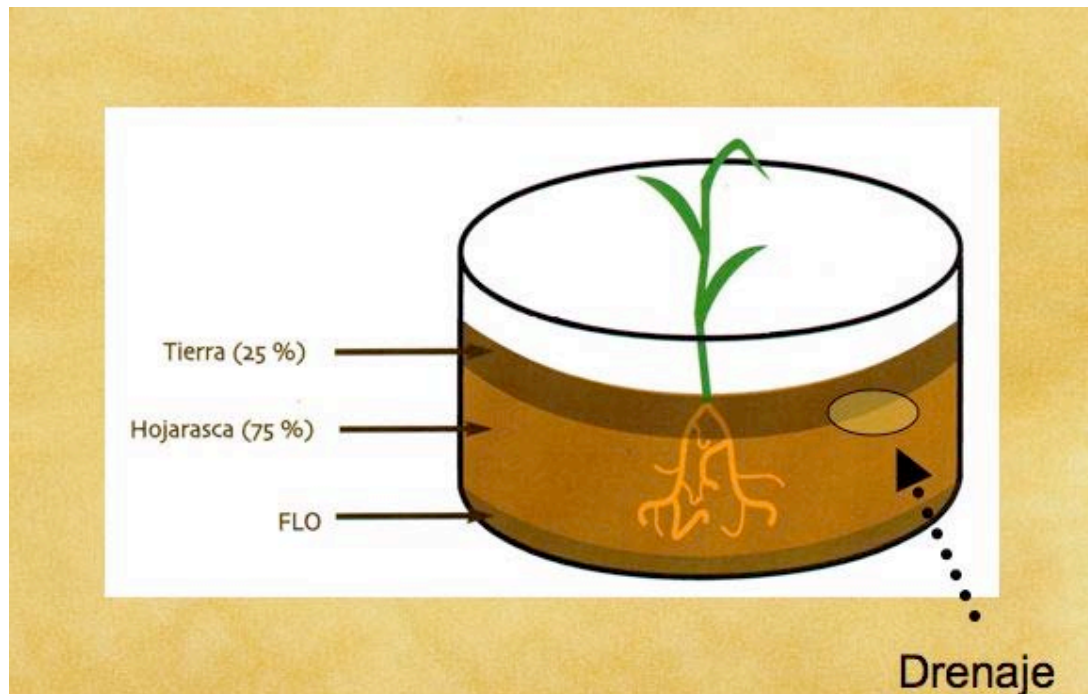


Figura. 12. Esquema del módulo organopónico. Elaborado a partir de: Arroyo, 2000

La técnica organopónica de manera general, paso a paso se describe a continuación con ayuda de imágenes y pies de figura, en base a la metodología descrita por Arroyo (2000).

La organopónica es una técnica de agricultura orgánica diseñada para instalar huertos en lugares sin suelo fértil, o espacios urbanos subutilizados, las semillas son plantadas en semilleros y luego transplantadas (figuras 13, 14 y 15). De manera simultánea y en el mismo contenedor se nutre a las plantas y también a los



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

microorganismos encargados de desintegrar la hojarasca en base a la aplicación de fertilizantes o fermentos líquidos orgánicos (FLO).

El módulo organopónico es la unidad funcional del huerto (la ecotecnia en sí). Las plantas tienen como sostén mecánico principal la tierra, las raíces se desarrollan en la capa de hojarasca en proceso de descomposición, a su vez la hojarasca funciona como una esponja de la que las raíces absorben los nutrientes provenientes del FLO que contiene microorganismos benéficos y promueve su desarrollo siendo éstos los que se encargan de descomponer la hojarasca, convirtiéndola en humus de hoja o tierra negra (figura 12).

Para construir un módulo organopónico se requiere:

- Un contenedor (llanta).
- Plástico grueso sin perforaciones.
- Hojarasca.
- Fertilizante líquido orgánico (FLO) de urea previamente listo.
- Agua.
- Tierra no limosa o pedregosa.
- Plántulas (hortalizas, medicinales, aromáticas u ornamentales).
- Guantes plásticos.

Contenedor.

Además de llantas se puede usar cualquier contenedor que no haya sido usado para transporte de agroquímicos o sustancias tóxicas o peligrosas, tampoco debe haber sido impregnado por ellos.

Plástico sin perforaciones

Su función será la de impermeabilizar el contenedor en caso de que sea necesario (contenedores severamente perforados, llantas o huacales), también se pueden utilizar lonas plásticas.

Hojarasca.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Hojas no deseables: hojas con olores muy fuertes cuando están secas (pino, eucalipto, liquidambar) ya que funcionan como inhibidores de germinación y crecimiento de otras plantas.

Hojas deseables: recorte de pasto seco y hojarasca seca, que no tenga olor fuerte al ser triturada (p. ej. encino o bambú) las hojas deben estar libres de piedras y ramas.

Construcción del módulo organopónico.

El primer paso es el de cortar una de las caras de la llanta de automotor con ayuda de una navaja afilada (figura 16) y voltearla para que la huella quede hacia el interior (figura 17 y 18). Esto se hace para aprovechar al máximo el volumen de las llantas.

Posteriormente se forra el interior de la llanta con el plástico grueso (figura 19).

El siguiente paso es la colocación de la hojarasca hasta un 80% del volumen del contenedor (llanta), en el proceso de descomposición de esta se pierde altura por eso se debe compactar muy bien (figura 20).

Luego de colocar la hojarasca se aplica el FLO de urea si diluir, esto se hace para inocular los microorganismos que se encargan de la descomposición de la hojarasca y los nutrientes necesarios para comenzar el proceso. Para una llanta rin 12 con una capacidad aproximada de 35 litros se vierten 6 litros de FLO de urea, ajustando esa cantidad dependiendo del tamaño de la llanta. Se vierten primero 2 litros y se espera un par de minutos, ya que con la humedad la hojarasca se compacta, se coloca mas hojarasca y se agregan 2 litros mas y se espera nuevamente, luego se coloca mas hojarasca y se agregan los últimos 2 litros, de esta manera aseguramos que el nivel de hojarasca no ocupe menos del 80% del volumen de la llanta que requerimos (figura 21).



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

El siguiente paso es agregar agua, la cantidad puede variar, pero se requiere que la humedad sea suficiente, para humedecer sin que se encharque, esto se logra agregando poco a poco el agua y chequeando periódicamente presionando firmemente con la mano hasta que el nivel del líquido se observe entre los dedos (se debe usar guantes plásticos).

Después de agregar agua se coloca la tierra (hasta alcanzar el 100% del volumen de la llanta), esta se distribuye encima de la superficie de la hojarasca y no debe contener piedras ni ramas (figura 22).

El drenaje del módulo organopónico se localiza al nivel de la superficie de la hojarasca (nunca en la base del módulo, pues el FLO se perdería), es sencillo perforar o hacer una incisión en el plástico a ese nivel con ayuda de una navaja.

Por último se trasplantan las hortalizas previamente germinadas y con el tamaño apropiado (figura 23), para evitar el estrés de las raíces se retira la planta con todo y el cepellón (tierra que acompaña las raíces), se hace un hoyo en la superficie de la tierra en la llanta hasta que se observe la superficie de la hojarasca, se coloca la plántula y se cubre el cepellón con la tierra. Si se cuenta con lombricomposta, se coloca una capa entre la hojarasca y el cepellón, esto evita al máximo el estrés de las plántulas durante el trasplante. Después del trasplante se riega la base del tallo de las plántulas con un poco de agua. La cantidad de plántulas en el módulo organopónico que acabamos de construir varía según el tamaño de la llanta, en el caso de una llanta rin 12 se distribuyen 8 plántulas tomando en cuenta el tamaño que la planta adulta alcanza (figura 24).

La fertilización de los módulos se lleva a cabo 2 veces por semana, agregando $\frac{1}{4}$ de litro de FLO de urea diluido en proporción 1:10 (9 litros de agua por 1 litro de FLO de urea) ó máximo 1:5 (4 litros de agua por 1 litro de FLO) por planta, alternando el riego que también se realiza 2 veces por semana, el exceso de agua fluirá por el drenaje.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

La cosecha de tierra de hoja (humus) se lleva a cabo después de 8 a 10 meses de funcionamiento del módulo organopónico, la cosecha se realiza una vez haya concluido ese tiempo (Figuras 25, 26, 27, 28, 29, 30). Si en el módulo aún hay hortalizas inmaduras, estas pueden retirarse cuidando no exponer las raíces al aire y se colocan en otro módulo con espacio disponible. Esta tierra producida es rica en nutrientes y materia orgánica y contiene una gran cantidad de microorganismos benéficos, puede utilizarse para producir hortalizas o cualquier otro cultivo, para llenar jardineras o construir jardines públicos o privados, para recuperación de la fertilidad de suelos en campos de cultivos o suelos erosionados en ecosistemas boscosos o para venderla como composta.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología



Figura 13. Muestra los semilleros, dentro del pequeño invernadero.



Figura 14. Después de germinadas las hortalizas son trasplantadas en "cuneros" en donde las plántulas alcanzaran un tamaño mayor.



Figura 15. Una vez que las plántulas alcanzaron una talla mayor, resistirán el transplante a los módulos organopónicos sin necesidad de mayores cuidados.



Figura 16. Muestra el corte de una de las caras de la llanta.



Figura 17. Muestra el volteado de la llanta.



Figura 18. Muestra las llantas ya cortadas y volteadas, las caras de las llantas están desprovistas de tejido metálico, por lo que con una navaja afilada es posible de manera sencilla cortarlas (figura 16).



Figura 19. Muestra el forro plástico de la llanta.



Figura 20. Muestra la hojarasca ya compactada ocupando el 80% del volumen de la llanta.



Figura 21. Muestra el vertido del FLO de urea sin diluir después de colocar la hojarasca, se debe agitar el embase donde se fermento antes de verter el FLO para incorporar el sobrenadante (parte semisólida), mientras se realiza este proceso se debe distribuir el FLO por toda la superficie de la hojarasca para que se impregne toda.



Figura 22. Muestra la capa de tierra que ocupa la superficie del modulo organopónico



Figura 23. Muestra las plántulas trasplantadas al modulo organopónico.



Figura 24. Muestra las 8 plantas adultas (5 betabeles y 3 chiles cascabel) en una llanta rin 12.



Figura 25. Pasados 8 meses se procede a la cosecha de tierra de hoja de los módulos organopónicos.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología



Figura 26. Se vuelve a colocar nuevos sustratos en los módulos para comenzar de nuevo el proceso.



Figura 27. Después de retirar las plantas, se hace la cosecha de tierra de hoja de los módulos.

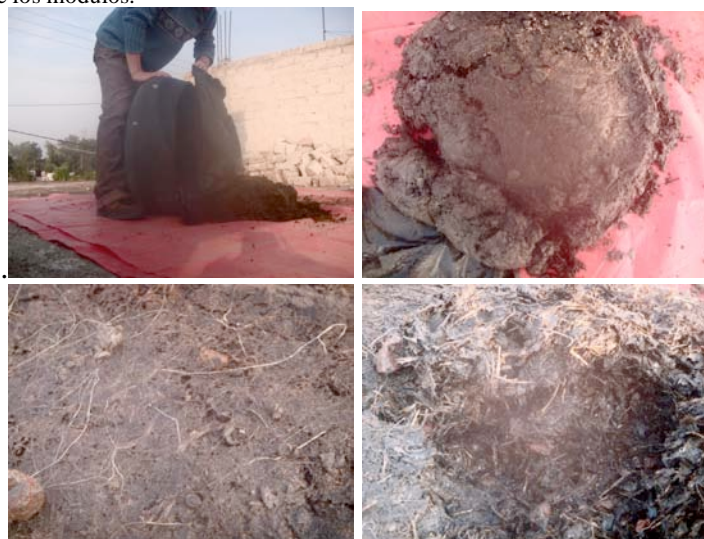


Figura 28. Al voltear la llanta, la parte baja de la composta queda arriba y se puede apreciar parte de la hojarasca que está casi totalmente degradada en composta, pero aun es posible reconocer ciertas fracciones.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

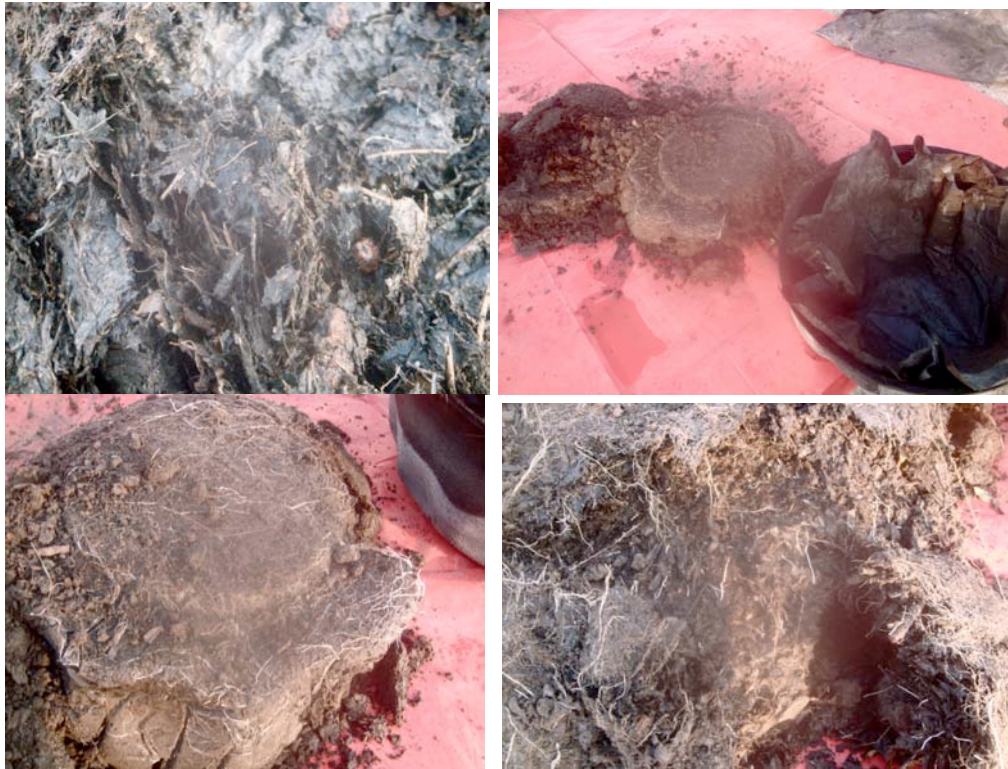


Figura 29. Se cosechó la composta de una segunda llanta.

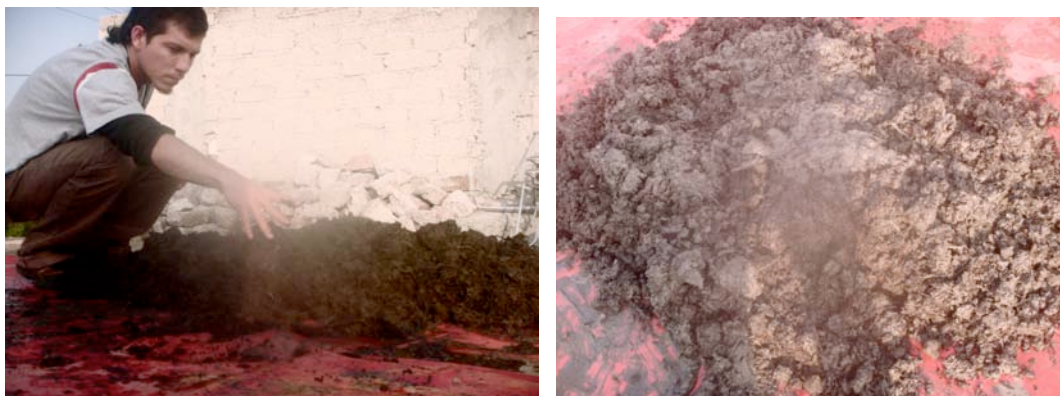


Figura 30. Se revuelve el total de las 2 llantas, se cosecho aproximadamente 60 kilos de tierra de hoja (esta cantidad puede variar en función del volumen de la llanta), en 20 módulos la cantidad puede ascender a 600 kilos, la cual puede ser usada para, armar otros módulos, para germinar semillas de hortalizas u otras plantas, para rellenar macetas, jardineras, jardines o para ser vendida como composta. Si son cantidades mayores (a nivel comunitario) se puede usar para venta en plantaciones forestales o para regenerar suelos erosionados en ecosistemas cercanos a la comunidad. Cabe mencionar que este humus (tierra de hoja) producido con tecnología de ecosaneamiento contiene gran cantidad de nutrientes como N, P, K y otros micronutrientes así como microorganismos benéficos.

**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala
Carrera de Biología**

2.5.2. Uso en suelo de uso extensivo

La orina humana puede usarse como fertilizante por el productor casero o recolectarse a nivel comunitario, para su uso posterior por los productores agrícolas. Cuando la orina se aplica en suelo abierto no es necesario diluirla. Si se usa para plantas debe diluirse, para prevenir que se quemen. Usualmente se mezcla en proporción de 1:2 a 1:5 partes de agua. Donde no existe el interés en usar la orina de modo práctico es posible depositarla en una cama de evapotranspiración o bien evaporarla, hasta que el productor se haya convencido de su valor como fertilizante (Esrey, 1999).

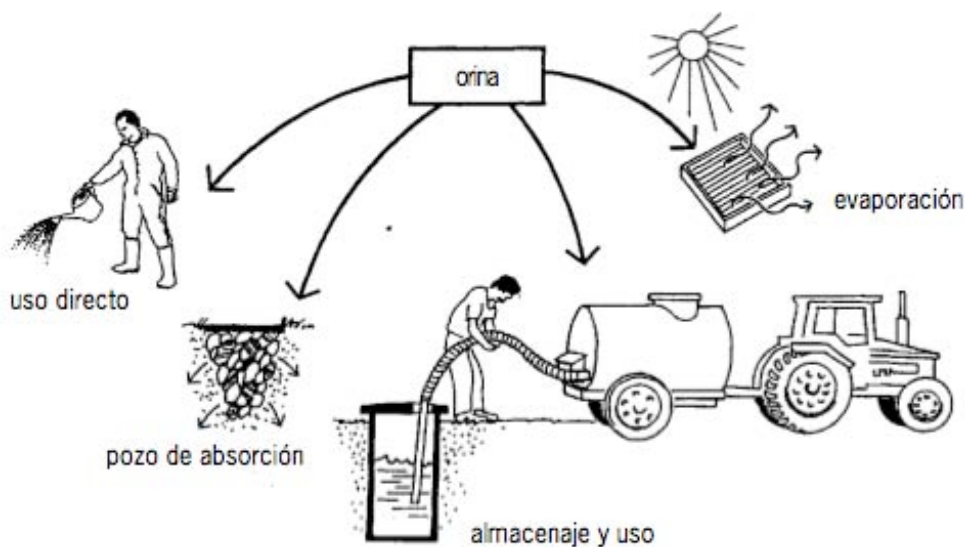


Figura 31. Opciones para el uso y manejo de la orina separada. Fuente: Esrey, 1999.

Un punto de inicio cuando se decide la dosis de aplicación de orina en cultivos es tomar en cuenta las recomendaciones locales convencionales de uso de nitrógeno (amonio o urea) y de fósforo comercial. Si las recomendaciones locales no están disponibles, la base es estimar las cantidades de nutrientes removidos por el cultivo en cuestión, para algunos cultivos la remoción por tonelada métrica de fracciones



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

comestibles en cosecha son dadas en la figura 32, estas cantidades pueden ser multiplicadas por el estimado de cosecha para obtener las cantidades de nutrientes removidas por el cultivo (Jonson, *et al.*, 2004).

Cultivo	Cantidad Kg/ha	Contenido Agua %	N Kg/ha	P Kg/ha	K Kg/ha
CEREALES					
Maíz seco	1000	10	15.1	2.1	2.9
Maíz fresco	1000	69	6.2	1.1	2.9
Mijo	1000	14	16.8	2.4	2.2
Arroz	1000	12	12.4	3.0	2.3
Sorgo	1000	11	17.6	2.9	3.5
Trigo	1000	14	17.5	3.6	3.8
OTROS					
Judías frescas	1000	90	2.9	0.4	2.4
Papa	1000	80	2.9	0.3	4.7
Lenteja seca	1000	12	38.4	3.8	7.9
cebolla	1000	91	1.9	0.4	1.9
Calabaza	1000	92	1.6	0.4	3.4
Frijol	1000	11	35.2	4.1	9.9
Soya	1000	10	59.5	5.5	17.0
Espinaca	1000	94	3.0	0.3	5.6
Tomates	1000	93	1.4	0.3	2.1
Sandía	1000	91	1.0	0.1	1.2
Col blanca	1000	92	2.2	0.3	2.7

Figura 32. Cantidad de N, P y K (Kg/ha) removidas por tonelada métrica de fracciones comestibles cosechadas para diferentes cultivos (autoridad alimentaria sueca). Fuente: Jönsson, *et al.*, 2004.

Es importante recordar que la dosis de aplicación que corresponde a la cantidad de nutrientes removidos por la fracción comestible de cosecha del cultivo, es menor que la aplicación necesaria para el más alto rendimiento del cultivo, especialmente en suelos de baja fertilidad. El suministro de fertilizante debe proveer nutrientes para el sistema raíces, el cultivo y los residuos del cultivo removidos por el campo, además existen usualmente algunas pérdidas adicionales de N, K y S en particular a través el escurrimiento y de N a través de la volatilización. Otro aspecto importante es que la adición de P es usualmente absorbida por el suelo, especialmente si éste es

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala

Carrera de Biología

pobre en P. Por eso las cantidades calculadas en la citada tabla nos dan la mínima aplicación para mantener la fertilidad. Aplicaciones mayores, a menudo del doble, son necesarias para simultáneamente incrementar la fertilidad del suelo, lo cual es necesario para obtener una alta productividad en suelos pobres (Jönsson *et al.*, 2004).

En la figura 33 se presenta una estimación general del contenido de N, P y K contenidos en la orina humana y los rangos máximos y mínimos para la aplicación de FLO de urea orgánica (Avenidaño 2004), si no se conocen las recomendaciones locales para dichos nutrientes en un cultivo y que no aparezca en la tabla 2. Lo cual quiere decir que con 1.5 litros de orina humana por metro cuadrado por temporada es posible mantener la fertilidad mínima necesaria del suelo.

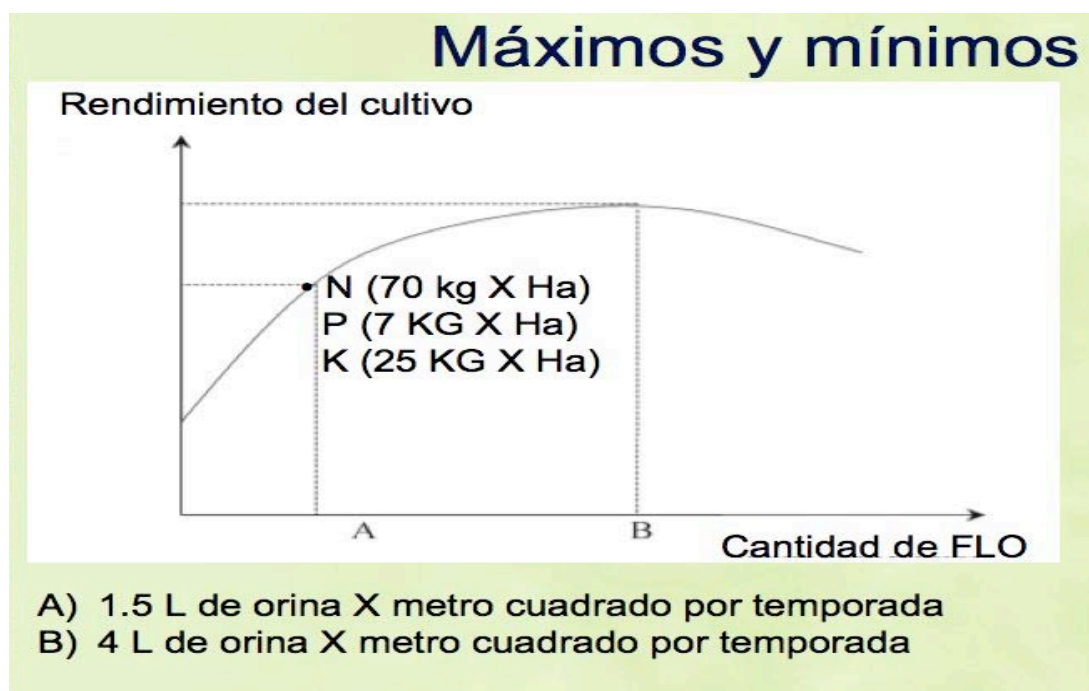


Figura 33. Máximos y mínimos en la aplicación general de orina en cultivos por temporada de cosecha. Fuente: Jönsson *et al.*, 2004

La orina humana puede ser usada para la fertilización en la agricultura o en la acuicultura, sustituyendo sin mayores problemas a los fertilizantes comerciales. Con

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala

Carrera de Biología

la excreta saneada de una persona adulta se puede abastecer de nutrientes un área de cultivo como sorgo de mínimo 400 a 550 m² esto significa que una familia de 10 personas se abastece un área de 0.3 a 0.45 hectáreas, las posibilidades se señalan en la figura 34 (Avendaño, 2004).

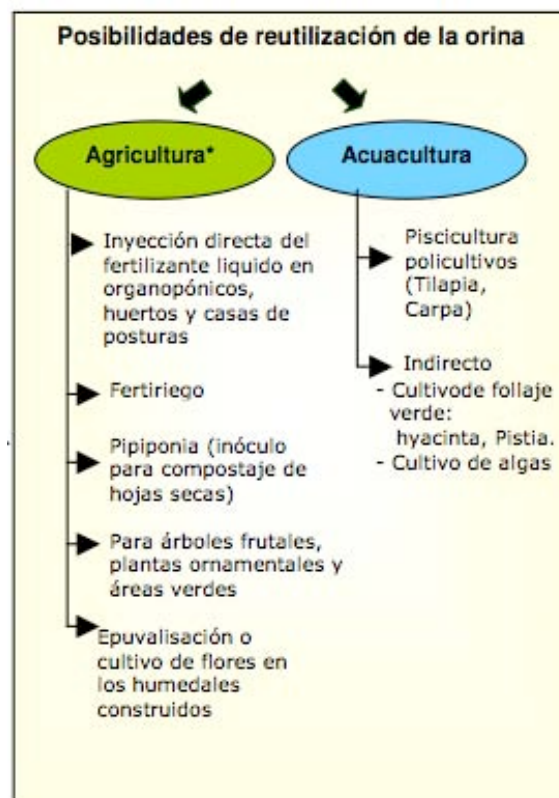


Figura 34. Fuente: Avendaño, 2004. Posibilidades de uso de la orina.

2.5.3. Regeneración de suelo utilizando orina humana

El amonio es directamente aprovechado por las plantas y es un excelente fertilizante de nitrógeno, que es verificado por el hecho de que la urea (que es degradada en amonio por la ureasa en el suelo) y el amonio son dos de los fertilizantes de nitrógeno más usados en el mundo. Muchos cultivos prefieren el nitrato de amonio, pero esto no es problema, ya que el amonio aplicado al suelo arado es transformado en pocos días a nitrato de amonio (por acción de nitrobacterias). En suelos con baja actividad microbiana, este proceso puede prolongarse (Jönsson *et al.*, 2004). Lo anterior es importante para la producción y regeneración inducida de suelo pues



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

según autores como Avendaño (2004), Esrey *et al.* (2001) y Arroyo (2000), existe una relación entre la concentración y variedad de los nutrientes presentes en la orina y la formación de numerosas colonias de microorganismos benéficos para el suelo (durante la fermentación) y el proceso de composteaje que en él se lleva a cabo.

Teniendo disponibles estos nutrientes, los materiales ricos en carbono, como la hojarasca, el pasto y otros materiales vegetales presentes en los ecosistemas y zonas urbanas así como los residuos de comida de origen vegetal, se compostean de manera acelerada, dando como producto final una composta rica en carbono, nitrógeno, fósforo y potasio.

El uso de orina humana fermentada resulta una excelente opción como fertilizante líquido orgánico (FLO), esto es debido a que en ella se encuentran todos los nutrientes que las plantas requieren para su crecimiento y gracias al proceso de fermentación, se logra que se formen millones de microorganismos benéficos para el proceso de composteo y por tanto para que la hojarasca con la que se llenan los recipientes (módulos organopónicos) se convierta en tierra de hoja después de 8 a 10 meses. Con la organoponía se fabrica tierra al mismo tiempo que se producen vegetales (Arroyo, 2000). Este composteo es fácil y requiere de la adición constante de orina fermentada previamente y diluida en la aplicación de los módulos. De esta manera además de obtener plantas útiles, también se obtiene tierra de hoja que puede servir para distintos fines, como la producción de cultivos hortícolas, medicinales, ornamentales y frutales además de forestales, así como recuperar la fertilidad de suelos empobrecidos o erosionados, tanto en el medio urbano, como en ecosistemas cercanos a él.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

CAPITULO III

Análisis FODA: Implementación de la producción y aprovechamiento de FLO de urea

El análisis FODA es una de las herramienta esencial que provee de los insumos necesarios al proceso de planeación estratégica, proporcionando la información necesaria para la implantación de acciones y medidas correctivas y la generación de proyectos de mejora (IPN, 2002).

3.1. Fortalezas

3.1.1. Agrícolas

- Es un fertilizante orgánico de alta calidad y productividad, su eficiencia es comparable con la de los artificiales de síntesis química.
- Es un fertilizante de bajo costo a mediano y largo plazo.
- El tiempo de aprovechamiento del fertilizante a partir de la recolección de la orina separada de personas sanas es de 2 meses, siendo menor que la de cualquier composta o abono orgánico.
- Su utilización permite la proliferación de microorganismos benéficos para el suelo y que intervienen en la correcta asimilación de nutrientes por las plantas a través de la raíz.
- Es un eficaz reparador de suelos, ya que aporta nutrientes, y materia orgánica.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

- Representa un insumo esencial para la producción inducida de suelos agrícolas de manera orgánica.
- Su uso en la agricultura es seguro y no representa un riesgo para las personas en la producción del fertilizante, durante su aplicación y durante la ingesta de los cultivos producidos, siempre y cuando se sigan las medidas de disminución de riesgos anteriormente descritos en el capítulo II.
- Permite producir cultivos sanos y con mayor nivel nutrimental al alcance de las familias urbanas y rurales, siendo los excedentes de producción susceptibles de venta o intercambio por otros beneficios.
- Al ser de bajo costo (o casi nulo después de la inversión de los dispositivos de separación, almacenamiento y fermentación) y de fácil producción con tiempos de aprovechamiento menores, la agricultura familiar tanto urbana como rural se beneficia al no depender más de insumos artificiales externos y de altos costos con fluctuaciones sin previo aviso.

3.1.2. Múltiples (sociales, ambientales y económicos)

- Cualquier persona o grupo de personas puede sanear ecológicamente su orina, desde su hogar de manera sencilla y segura, para ser aprovechada en agricultura o espacios verdes recreativos y recuperación de suelos.
- Permite disminuir más del 90% de la contaminación domiciliar, empresarial e institucional de agua (potable o tratada) vía WC.
- La producción de FLO de urea es un acto responsable y sensible con el ambiente que da poder a los ciudadanos para realizar acciones concretas en el nivel local a problemas de mayor escala como la contaminación del agua,



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

la pérdida de fertilidad de los suelos y la eutrofización de cuerpos de agua receptores como ríos, lagos, lagunas, humedales y el mar.

- Su uso facilita la proliferación de áreas verdes y naturación de espacios urbanos privados subutilizados (azoteas, patios, etc.) y la rehabilitación de públicos (parques, camellones, etc.) aumentando las áreas verdes per capita, disminuyendo el estrés, aumentando la depuración natural del aire y la protección de inmuebles por la disminución de las fluctuaciones de temperatura que los deterioran.
- Representa una alternativa para emprender agronegocios en base a la fertilización con fuentes de NPK orgánicos.

3.2. Debilidades

- El concepto de saneamiento ecológico de las excretas humanas y particularmente el de la orina es relativamente nuevo en el mundo, existiendo diversos trabajos que reportan experiencias positivas aún en nuestro país y aunque en México se desarrollaron técnicas innovadoras para aprovecharlo a nivel urbano como la organopónia, aún no existe una difusión efectiva de estas experiencias internacionales y nacionales, que faciliten su mejor entendimiento e implementación, por lo tanto:
- Existe una pobre cultura del saneamiento ecológico de las excretas humanas en México.
- Sus alcances y beneficios agrícolas, sociales, ambientales y económicos son poco conocidos.
- No existe un reconocimiento en las leyes mexicanas del concepto de saneamiento ecológico de las excretas humanas, por lo tanto su



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

implementación por iniciativa gubernamental salvo contadas excepciones municipales es inexistente.

- No existen en México estudios que permitan reconocer el nivel de aceptación o rechazo social del aprovechamiento de las excretas humanas en general o en lo particular de la orina en la agricultura.
- El lento avance de la investigación básica y aplicada en comparación con las necesidades de los productores para el escalamiento de la producción y aprovechamiento rural y urbano de FLO de urea hacia formas más empresariales. Y para la diversificación de las actividades relacionadas (dosis locales para los cultivos, manejo de subproductos y comercialización).
- Falta de personal capacitado (técnico y administrativo) para la transferencia y adopción/adaptación de las innovaciones tecnológicas y administrativas para el desarrollo de la producción y aprovechamiento.
- Falta de una adecuada organización y coordinación entre los investigadores, los técnicos y los productores para el desarrollo de la producción y aprovechamiento de FLO de urea.
- Faltan estudios de mercado y comercialización de corte nacional e internacional, que den impulso a la actividad.

3.3. Oportunidades.

- La Constitución mexicana promueve el derecho al medio ambiente adecuado y la vivienda digna a todos los mexicanos incluyendo las leyes por debajo de ella, por lo que existe la posibilidad de hacer reconocer legalmente al saneamiento ecológico de la orina humana como estrategia útil de protección al ambiente, y mejoramiento de este, así como de las viviendas de las



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

poblaciones rurales y urbanas, para atender de manera integral a dichos derechos.

- Los municipios están facultados para regular las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal, por lo que los municipios representan un eslabón clave de gestión, difusión, capacitación y acción, para el desarrollo de la implementación de este concepto.
- La necesidad de fuentes de nutrientes más baratas y de calidad para el sector agrícola.
- La necesidad de mejores sistemas de saneamiento, baratos, seguros y útiles para las aguas residuales en el país ante el cada vez mayor costo económico y ambiental en la implementación y mantenimiento de los sistemas convencionales, tanto a nivel domiciliar como municipal.
- La necesidad de generar y promover tecnologías apropiadas que contribuyan al desarrollo agrícola y rural en México, dentro del contexto económico y los nuevos paradigmas del autodesarrollo rural.
- Existe la ley de productos orgánicos que permite el uso de orina como insumo permitido, aunque aún no especifica las especies de las que es posible aprovecharla.
- Según la Ley de productos orgánicos el consumo de productos orgánicos representa actitudes de consumo socialmente responsables (Artículo 38).
- La Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995 reconoce a la producción orgánica como una tendencia en auge para la producción de alimentos a partir de elementos, insumos, productos o subproductos orgánicos naturales,



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

por lo que el reconocimiento de nuevas formas de insumos orgánicos como el FLO de urea, debe ser valorado e incluido en su listado de insumos.

- El énfasis del gobierno en promover el desarrollo a través de las micro, pequeñas y medianas empresas de tipo familiar.
- A pesar de que la legislación mexicana no reconoce el principio del saneamiento ecológico de la orina humana, se entiende una empatía hacia los principios que ostenta y reconoce la necesidad de los beneficios que genera para la sociedad mexicana, un ejemplo claro es la Ley de Aguas Nacionales, que define el desarrollo sustentable en materia de recursos hídricos como proceso que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras. Esta situación se repite prácticamente en todas las leyes que engloban temas importantes para el saneamiento ecológico que hemos abordado, por lo que existe una gran oportunidad de ajustar la legislación, para que los principios y beneficios del llamado “Ecosan” permeen en la sociedad mexicana.

3.4. Amenazas

- El nulo avance en el reconocimiento y desinterés gubernamental por el concepto de saneamiento ecológico de la orina humana y por ende de su difusión a la sociedad.
- El cambio de hábitos personales en el hogar y el trabajo.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

- La inversión inicial que algunos sistemas de recolección de orina representan.
- El desequilibrio monotemático del gobierno actual que antepone en la agenda nacional la lucha al crimen organizado sobre otros temas también importantes, como el combate a la pobreza, el desarrollo social, la seguridad alimentaria, la salud de los ciudadanos, el apoyo al campo, la educación y la protección al ambiente, todos temas del saneamiento ecológico.
- Una amenaza seria para la implementación y el fomento de la producción y aprovechamiento del FLO de urea, que puede ser ilustrada a través de los ejemplos bien documentados de programas sociales federales (de los cuales existen muchos ejemplos en México) como “Procampo” (1) o “Proárbol” (2), que en vez de atacar los problemas para los que fueron creados, los agravan, pues existe un mal manejo, ya que son usados para beneficiar a minorías concretas (como grandes productores, políticos, gobernantes y funcionarios vinculados a la entrega de subsidios, a familiares de ellos, y hasta en las de narcotraficantes), desviar recursos para el clientelismo electoral, el enriquecimiento ilícito y la corrupción por parte de los funcionarios, administradores y procuradores de dichos programas. Esto pone de manifiesto que se debe avanzar mucho aún en México en la procuración y diseño de programas sociales, leyes, apoyos e iniciativas de cualquier índole por parte del gobierno, para no caer en la simulación, corrupción y así generar un beneficio verdadero hacia la ciudadanía.
- Por último una amenaza que puede ser muy real es que grandes corporativos dedicados a la venta masiva de agroquímicos en México, dificulten o desacrediten el aprovechamiento de la orina como fertilizante, pues compite directamente con su nicho de mercado, al mismo tiempo aporta beneficios nada despreciables para el productor como lo son el bajo costo a mediano y largo plazo, que es un insumo de origen orgánico y muy



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

importante, no degrada el suelo, todo esto sin disminuir y en algunos casos documentados aumentan la productividad de los cultivos.

- (1) Periódico el Universal, 2009. "Procampo, 15 años de saqueos". Redacción, El Universal, Finanzas, Miércoles 11 de Noviembre. <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/75179.html>
- (2) Periódico el Universal, 2009. "Función Pública audita Proárbol". Redacción, El Universal, Política, Jueves 15 de Enero. <http://www.eluniversal.com.mx/notas/569252.html>

**CAPITULO IV
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

4.1. Discusión

La orina humana saneada ecológicamente para ser aprovechada como fertilizante orgánico en la agricultura, no representa un riesgo a la salud de las personas, además de ser de sencilla obtención a bajo costo, se compara bien en eficiencia con los fertilizantes agroquímicos.

El saneamiento ecológico de la orina humana en el mundo es una actividad que en países desarrollados y en vías de desarrollo como México, esta comenzando a dar los primeros pasos hacia su implementación a gran escala, ya que se han superado las etapas de investigación y pruebas piloto de eficiencia como fertilizante y riesgos a la salud con resultados positivos, sin embargo esta etapa avanza con diferente velocidad en cada región, esto debido a que en algunos países, como Suecia, es bien visto el rehúso de excretas humanas saneadas ecológicamente desde hace cientos de años, por lo que sus ciudadanos y gobernantes y distintas instituciones fomentan esta práctica, lo que ha permitido el desarrollo acelerado de tecnología, infraestructura y campañas de difusión al interior y aún al exterior de Suecia, tal es el caso del programa "EcoSanRes" del Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo (Stockholm Environment Institute), que ha desarrollado proyectos para dicho fin, en



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

países de todo el mundo (entre ellos México). Sin embargo aún existen rezagos dentro de las reglas de producción orgánica de la Unión Europea (UE) que impiden considerar a la orina como un insumo orgánico, dificultando su promoción y fomento en otros países de la UE y del mundo, así mismo la comercialización.

En algunos países de África, Asia y América Latina la necesidad de encontrar insumos disponibles a nivel local y de bajo costo, que hagan posible la función productiva del campo, ha permitido generar iniciativas aisladas que ven a la orina humana como una opción viable que les a generado resultados positivos, tal es el caso de China, Sudáfrica, Uganda, Cuba y México por citar algunos ejemplos bien documentados, sin embargo estos ejemplos positivos no han permitido por si solos generar legislación al interior de dichos países que regule la implementación del aprovechamiento de excretas humanas y en particular de la orina a gran escala, por lo que aún se entiende este tema como no cubierto por las cartas magnas y las leyes por debajo de estas de dichos países.

El caso de México es muy particular, ya que la Constitución otorga el derecho a todos sus ciudadanos al medio ambiente adecuado, a la vivienda digna y tiene legislación de protección al medio ambiente, desarrollo sustentable en materia de recursos hídricos, de prevención y gestión integral de residuos, de productos orgánicos y una Norma Oficial Mexicana que regula la producción y el uso de insumos para la producción orgánica, también implementa programas sociales federales de desarrollo del campo, combate a la pobreza, e incluso permite el uso bajo reglas específicas de aguas residuales en la agricultura. Sin embargo no reconoce el concepto del saneamiento ecológico como estrategia de protección al ambiente, la biodiversidad, mejora de sus sistemas de saneamiento (disminuyendo los costos de mantenimiento) para disminuir riesgos importantes a la salud, reforzar la seguridad alimentaria de poblaciones rurales y urbanas, así como su economía, todo esto abriendo nuevas formas de participación ciudadana y organización social, ambientalmente responsables.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

El PM de orina humana para su aprovechamiento en la agricultura y para la regeneración de suelos desarrollado en el presente trabajo, permite entender la legislación mexicana que antecede la gestión de dicho residuo/recurso, e incluye los ajustes que se plantean necesarios para darle viabilidad legal, las instituciones involucradas y los pasos a seguir, así también se plantean categorías en las que la orina puede ser ubicada en el contexto de la gestión de los residuos, abriendo el debate de ver a las aguas residuales no como un conglomerado o mezcla de difícil y costoso tratamiento y eliminación, sino como un recurso de alto valor si se separan sus fracciones (en particular la orina) y se aprovechan por separado. También se identifica en la propuesta de PM a los municipios como eslabones clave en la implementación, por la cercanía natural del ayuntamiento y los ciudadanos, así como por la legislación que los faculta para regular las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal.

Se plantean metas y se proponen formas de puesta en marcha en rubros clave como la educación y la participación ciudadana a través de campañas de difusión y capacitación en la producción y aprovechamiento de FLO de urea. Se incluye también la descripción de las dimensiones del PM, en lo referente al manejo directo y los procesos articulares clave como el administrativo, educativo y de desarrollo y crecimiento. Por último en base a las características particulares de la producción de FLO de urea y su aprovechamiento se enlistan beneficios sociales, ambientales y económicos que su puesta en marcha traería a los municipios que se den a la tarea de sanear ecológicamente la orina producida dentro de su demarcación territorial.

La elaboración de la guía práctica que se generó en el presente trabajo, tratando que fuera de fácil entendimiento, y que expusiera la simpleza y seguridad que la producción y aprovechamiento de la orina en la agricultura presenta, permitiría dar certeza a todo aquel (individuo o grupo social) interesado en sanear su orina y beneficiarse de múltiples formas. La guía fue el resultado de un revisión detallada de libros, manuales, de la asistencia a cursos prácticos y de experiencias personales en



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

cultivo organopónico, así como de la retroalimentación de información durante la impartición de cursos prácticos a grupos de escuelas primarias, secundarias y público en general, para CICEANA A.C. y el Programa Universitario para la Transdisciplina de la Maestría en estudios transdisciplinarios para la sustentabilidad de la Universidad Veracruzana, campus Xalapa. Lo anterior fue un proceso de cerca de 3 años que le permitió al autor entender que el saneamiento ecológico es una herramienta conceptual y metodológica única en temas como la educación ambiental, la investigación participativa, el autodesarrollo social rural y urbano sustentables, la agroecología, la bioética y el urbanismo, entre otros.

El análisis FODA generado, permite identificar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (agrícolas, sociales, ambientales, políticas y económicas) que están implícitas en la gestión de la orina humana saneada ecológicamente, para su aprovechamiento en la agricultura y la regeneración de suelos, a través de un plan de manejo. Para lograr su gestión e implementación, existen fortalezas que deben difundirse con ayuda de sectores sociales clave como el educativo, de telecomunicaciones y las organizaciones civiles, así como los gobiernos municipales, estatales y federal. De esta forma se disminuirían las debilidades críticas que tienen que ver con el desconocimiento de la actividad. Las oportunidades que deben ser aprovechadas como lo son la empatía de la legislación mexicana hacia el derecho al medio ambiente y la protección de este, el énfasis por alcanzar el desarrollo integral y la salud así como el carácter flexible de las leyes en México para ser ajustadas. Las amenazas asociadas que deben neutralizarse, con la ayuda oportuna de todos los sectores sociales así como de los tres ordenes de gobierno, tienen que ver más con un cambio de paradigma en la percepción de la sociedad hacia si misma, la índole del cambio, cualquiera que este sea, debe permitir al mexicano verse así mismo, como responsable de todas las facetas de su vida, incluido el vínculo que existe entre su organismo, las excretas que produce, su salud y la fertilidad de la tierra y actuar en consecuencia de manera que no sólo lo beneficie a corto plazo, sino que también beneficie a las generaciones futuras, conservando los medios de subsistencia que les pertenecen, como el medio



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

ambiente digno, la calidad del agua, la sana alimentación, los suelos y la biodiversidad.

4.2. Conclusiones

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado en la presente tesina concluimos que:

- La implementación del presente plan de manejo depende en principio del entendimiento y la voluntad política de los tres ordenes de gobierno y de las distintas dependencias dedicadas al desarrollo, la salud, la educación, la agricultura y la ciencia ya que son estos actores los que le darían certeza jurídica, económica y alcance social para tener éxito.
- La orina humana saneada ecológicamente para ser aprovechada como fertilizante orgánico en la agricultura, no representa un riesgo a la salud de las personas, además de ser de sencilla obtención a bajo costo, se compara bien en eficiencia con los fertilizantes agroquímicos y comparativamente aporta beneficios importantes para el productor rural y urbano en la protección de su entorno y recursos como medios de subsistencia.
- Existe un gran potencial para el desarrollo integral de la población mexicana y del mundo inherente en el saneamiento ecológico de las excretas humanas, en particular de la orina, su conocimiento, promoción y fomento, permitirá un mejor entendimiento de los procesos que han acompañado a la vida y le dan sustento desde el inicio y a los que el ser humano esta indisolublemente ligado.
- Se debe informar y concientizar a la población acerca de que la implementación de este plan de manejo posee fortalezas y oportunidades, que tienen que ver con los beneficios asociados al saneamiento ecológico de



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

la orina humana tanto en la agricultura como en el trato a los ecosistemas (ríos, suelo, mantos acuíferos y su biodiversidad), la importancia económica de que un fertilizante de origen orgánico, inocuo, barato, seguro y local este disponible todo el año, en concentraciones de productividad alta, la no contaminación y el ahorro de agua domiciliar, institucional y empresarial así como el ahorro en la cuenta del servicio, son puntos clave también que entre otros que aquí se han abordado deben ser del conocimiento de la población.

- Se plantea la necesidad de realizar estudios para el contexto de la población mexicana acerca de aspectos como la concentración promedio de nutrientes contenidos en su orina, las dosis de aplicación por área, pruebas en cultivos de importancia, así como la percepción de la población hacia este proyecto “alternativo”. La guía de producción y aprovechamiento generada en el presente trabajo esta planteada para una pequeña y mediana escala, sin embargo una vez que se consolide la implementación es necesario desarrollar infraestructura que permita manejar volúmenes mayores. Un aspecto crítico en su implementación a gran escala es el desarrollo de infraestructura como plantas de tratamiento y transporte así como sistemas de separación de bajo costo y de fácil manejo para los usuarios domésticos.
- Debemos hacer mucho hincapié en que existen debilidades y amenazas también referentes a la implementación, que tienen forma y esencia en el desconocimiento que la población tiene acerca del saneamiento ecológico de la orina humana, consigo se desconoce una puerta clave en la transición hacia una agricultura orgánica altamente productiva con grandes beneficios sociales, ambientales y económicos. También existe rezago de la legislación en México en el tema del saneamiento ecológico y su uso como estrategia de combate a la pobreza, protección al ambiente y los recursos naturales y en general para acercarse más al derecho de todo mexicano al medio ambiente digno que la Constitución nos concede como fundamental.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

- Al querer impulsar la implementación municipal de este plan de manejo, se debe tener claro que una planeación escrupulosa es necesaria, y debe incorporar una metodología participativa que permita la organización incluyente de los interesados en torno a este fin, formando comités de información, capacitación y puesta en marcha de proyectos con esta ecotécnica. Es necesaria la participación del gobierno municipal las sociedades civiles en dichos proyectos, así como las instituciones de educación y los medios de comunicación, sin embargo el desarrollo o crecimiento del plan de manejo, debe ser paulatino y muy bien calculado, para no ser rebasados por el proceso. En el presente trabajo se propone coleccionar la orina de edificios de la misma administración municipal (edificios de gobierno, y sus dependencias, escuelas, centros de salud y espacios públicos) al iniciar la implementación. Posteriormente se puede ir ampliando de manera gradual a la población. Sería posible que el Ayuntamiento se planteara aprovechar en una empresa manejada por él o concesionar a un tercero el manejo y aprovechamiento de la orina humana con fines agrícolas, forestales, acuícolas, de conservación de suelos y biodiversidad o comercialmente.
- Independientemente de si el Ayuntamiento o un concesionario quieren aprovechar la orina producida solo por la administración del Ayuntamiento y sus dependencias en su beneficio: la estrategia de educación en saneamiento ecológico para la población en general y la capacitación para el aprovechamiento individual, familiar o comunitario no deben faltar y muy importante es conocer la aceptación o rechazo de la gente en el municipio al tema del aprovechamiento de orina humana en cultivos, por eso es importante considerar en la planeación la estrategia a seguir para que la gente se informe y una vez informados decidan. En ese sentido se debe poner en marcha un programa permanente de educación para el saneamiento ecológico, que sea incluyente y permita a todos los grupos de edad, género y condición socioeconómica, tener a su alcance información



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

oportuna, capacitación de calidad y apoyo al poner en marcha proyectos de saneamiento ecológico de la orina humana de manera individual, familiar, comunitaria o municipal.

- Así como la presente investigación arroja que el nivel municipal es un eslabón clave para llevar a cabo el PM, se reconoce también que los niños y jóvenes son grupos de edad importantes como objetivos prioritarios para la estrategia educativa: preescolar, primaria y secundaria pueden incorporar como actividad extracurricular y en el mejor de los casos curricular “talleres de construcción de huertos urbanos” y capacitarlos en su manejo con tecnología de saneamiento ecológico (por ejemplo con la técnica organopónica), formando parte o en simultaneo con otros programas de educación ambiental y manejo de desechos que la escuela haya implementado.
- Pensar en una cultura del saneamiento ecológico más profunda es pensar como principio en una estrategia educativa desde la niñez, en la medida que se involucre esta sociedad educada y haga suyo el PM las perspectivas de éxito aumentarán y esa sociedad estará más cerca de la seguridad alimentaria, la conservación de sus suelos, cuerpos de agua y biodiversidad, poseerá nuevas formas de aprovechamiento del campo sin que este pierda su productividad, generando nuevas formas de relacionarse con el ambiente más sanas y sostenibles y no se comprometerán de manera tan crítica los recursos a los que las generaciones futuras tiene derecho, todo esto con el cambio de pequeños hábitos en la vida diaria, transformando con nuestras acciones locales, problemas muy arraigados en México tan colosales y peligrosos como la contaminación del agua, la pérdida de suelos y biodiversidad, el abandono del campo, la inseguridad alimentaria y la migración.



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

- Se debe avanzar en una investigación básica y aplicada que sea comparable con las necesidades de los productores para el escalamiento de la producción y aprovechamiento rural y urbano de FLO de urea hacia formas más empresariales, para la diversificación de las actividades relacionadas (dosis locales para los cultivos, manejo de subproductos y comercialización). Así falta avanzar en la capacitación de personal (técnico y administrativo) para la transferencia y adopción/adaptación de las innovaciones tecnológicas y administrativas para el desarrollo de la producción y aprovechamiento. También facilitar y fomentar la organización y coordinación entre los investigadores, los técnicos y los productores para el desarrollo de la producción y aprovechamiento de FLO de urea, aunado a esto, faltan estudios de mercado y comercialización de corte nacional e internacional, así como instituciones de certificación que den impulso y faciliten la actividad.
- Por último reconociendo que existe una ley de productos orgánicos de la cual se desprende la Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995, en la que se definen los insumos permitidos y no permitidos para formar parte de productos orgánicos certificados, se propone la modificación de las citadas ley y NOM hacia el reconocimiento del FLO de urea como insumo orgánico, dando legalidad, facilitando la apertura de empresas y creando demanda para el mercado de la cual el residuo-recurso orina humana es central, todo ello cumpliendo con lo establecido por la NOM de ser un insumo de origen natural para la agricultura (de alta productividad) y que no daña el ambiente, no conlleva ningún proceso químico artificial ni industrial pesado y muy importante no daña la salud del ser humano, siendo como hemos visto hasta ahora de fácil obtención y rápido aprovechamiento mejorando a largo plazo las condiciones del suelo, y dando por otro lado un valor agregado al producto por el carácter de orgánico. Este es un paso que se reconoce como clave para la implementación y debe darse a la par de las modificaciones propuestas por el presente trabajo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) dirigidas a incluir a la orina

**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

humana en el listado de residuos y en el listado de residuos sujetos a planes de manejo, avanzando en México enormemente en el ajuste de las leyes y el manejo que se hace del campo y los recursos naturales con las nuevas tecnologías de saneamiento ecológico urbano actualmente bien documentadas con resultados alentadores.



Figura 35. TLAZOLTEOTL, deidad de la tierra mesoamericana de origen huasteco, asociada (entre otros atributos) al proceso de composteaje y al abono, comía la putrefacción y paría la vegetación. Fuente: Giasson, 2001.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altieri, M. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad Cuarta edición en español.. Montevideo.
2. Altieri, M. 2008. Small Farms as a Planetary Ecological Asset: Five Key Reasons Why We Should Support the Revitalisation of Small Farms in the Global South. Jutaprint. <http://www.agroeco.org/doc/smallfarmes-ecolasset.pdf>



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

3. Arce-Díaz y colaboradores. 1993. Substitutability of fertilizer and rainfall for erosion in springwheat production. J. Prod. Agric. 6:72-76
4. Arroyo, F. 2000. Organoponia. Un sistema de producción adecuado a la agricultura urbana. CEDICAR-Grupo Anadeges. Mexico D.F.
5. Arroyo, F. 2003. Saneamiento ecológico y agricultura urbana. CEDICAR-Grupo Anadeges. Mexico D.F.
6. Avendaño, M. 2004. Propuesta para la implementación de saneamiento ecológico en ciudad de la Habana. Instituto de Tecnología en los Trópicos (ITT); Universidad de Ciencias Aplicadas de Colonia F-H. Tesis de Maestría.
7. BBC News, 2003. China's waste breakthrough. Cience/Nature. 18 de Marzo news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/2860461.stm
8. Björn, S. 2007. Ecosan, ejemplos de aplicación en todo el mundo. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH programa de ecosan, división44 –medioambiente e infraestructura.
9. Burkhard, R. Et al. 2000. Ecological water and wastewater management for new housing. Technical, economical and social considerations. The Robert Gordon University. Aberdeen, Scotland.
10. Cámara de diputados H. Congreso de la Unión, 2009. Boletín 2800. Aprueban la Ley de Gas Natural de Proceso, Amoniaco y Fertilizantes Nitrogenados. <http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/view/full/7443>
11. Card, A., et al. 2009. Organic Fertilizers. Colorado State University Extension. *Garden Notes on Soils, Fertilizers and Soil Amendments* CMG Garden No. 234. cmg.colostate.edu/gardennotes/234.pdf



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

12. Carmona, B. 2004. Las patentes de transgénicos como mecanismo de dominación de los países desarrollados. Análisis de la situación en México y Estados Unidos. Tesis Licenciatura. Relaciones Internacionales. Departamento de Relaciones Internacionales e Historia, Escuela de Ciencias Sociales, Universidad de las Américas Puebla. Diciembre.
13. CICEANA A.C., 2004. Manual de organopónia. Av. Progreso 3 planta baja. Colonia del Carmen, Coyoacán, México, D.F. <http://ciceana.org.mx>
14. Diario Oficial de la Federación, 5 de Febrero de 1917. CONSTITUCION POLITICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf
15. Departamento de Microbiología y Parasitología Facultad de Medicina Universidad Nacional Autónoma de México. Manual Departamental. Programa académico de la asignatura de Microbiología y Parasitología. Ciudad Universitaria, D.F., enero de 2009.
16. Embajada de Suecia, 2007. El saneamiento ecológico necesita adquirir mayor presencia en las políticas públicas y en la conciencia de la gente en general. Discurso de apertura del segundo curso internacional en Saneamiento Ecológico. pronunciado por la Embajadora Anna Lindstedt el 22 de Octubre, en Tepoztlán, Morelos, México.
17. Espino, F; Murillo, A. 2006. Desarrollo, producción y comercialización de la composta para la ciudad de Puebla. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas Puebla.
18. Esrey, S., et al., 1998. Saneamiento Ecológico, tr. de la 1a. edición en inglés Ecological Sanitation, Asdi, Estocolmo.



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

19. Esrey, S., Anderson I., Hillers A., Sawyer R. (2001 a) Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. 1a. edición Asdi. México. <http://www.gtz.de/ecosan/download/esrey2001.pdf>
20. Esrey, S. et al. (2001 b) Saneamiento ecológico. 2a edición. Asdi, México.
21. F.A.O. 1998. Directrices relativas a los sistemas nacionales de información y cartografía sobre inseguridad alimentaria y la vulnerabilidad (SICIAV): Antecedentes y principios. Comité de seguridad alimentaria mundial. 2- 5 de junio. Roma, Italia <http://www.fao.org/docrep/meeting/w8500s.htm>
22. F.A.O. 2002. Seguridad Alimentaria y medio ambiente. Cumbre Mundial sobre el desarrollo sostenible. Johannesburgo, Sudáfrica. http://www.fao.org/wssd/docs/WSSD02_es.pdf
23. F.A.O. 2003. Prioridad mundial al consumo de frutas y hortalizas. Comunicado de prensa. Octubre, Roma, Italia.
24. F.A.O. 2007. Alcanzar la seguridad alimentaria a través de la agricultura orgánica. Comunicado de prensa. 3 mayo, Roma, Italia. <http://www.fao.org/newsroom/eS/news/2007/1000550/index.html>
25. F.A.O. 2007. Conferencia Internacional sobre agricultura orgánica y seguridad alimentaria. 3-5 de Mayo. Roma, Italia ftp://ftp.fao.org/paia/organicag/announcement_es.pdf
26. Fundación Hesperian en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2005. Saneamiento y limpieza para un ambiente sano. 1919 Addison Street #304 Berkeley, California 94704, EE.UU. sitio web: www.hesperian.org ; correo electrónico: bookorders@hesperian.org



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

27. García, L. 1983. Diagnostico sobre el estado actual de la erosión en México. Terra. 1: 11-21
28. Giasson, P. 2001. Tlazoltéotl, Deidad del Abono: Una Propuesta. Revista Estudios de Cultura Náhuatl, Vol. 32. Publicación del Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México,.
29. Gómez, M; Schwentesius, R; Gómez, L. 2006. Agricultura orgánica de México Universidad Autónoma Chapingo-CONACYT-SAGARPA-Falls Brook Centre RAPAM-Sojitz Mexicana S.A. de C.V. México D.F.
30. Guadarrama, R. O., Pichardo, N. A., Morales-Oliver, E. 2001. 'Urine and Compost Efficiency Applied to Lettuce under Greenhouse Conditions in Temixco, Morales, Mexico'. In: *Abstract Volume*, First International Conference on Ecological Sanitation 5-8 November 2001, Nanning, China.
31. Hellström D, Kärrmann E (1996); Nitrogen and Phosphorus in Fresh and Stored Urine; Environmental Research Forum Vols. 5-6; Editors: Etnier C, Staudenmann J, Schönborn A; Transtec Publications, Switzerland.
32. Herrera, T., Ulloa, M. 1990. El reino de los hongos, Micología básica y aplicada. Fondo de cultura económica y U.N.A.M. México.
33. Höglund, C. (2001) Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source separated human urine. Tesis de doctorado. Departamento de Biotecnología, Royal Institute of Technology. Suecia. <http://www.lib.kth.se/Sammanfattningar/hoglund010223.pdf>
34. INEGI, 2010. Estadísticas a propósito del día mundial del agua. Datos nacionales. México, D.F. Marzo.



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

35. Instituto Politécnico Nacional, Secretaría Técnica. 2002. Metodología para el análisis FODA. Dirección de organización y planeación.
36. Jensen, P. et al. 2004. Ecological Sanitation and reuse of wastewater Ecosan. A thinkpiece of ecological sanitation The Agricultural University of Norway. Noruega.
37. Johansson M; Kvarnström E. 2005. A Review of Sanitation Regulatory Frameworks. Stockholm Environment Institute. Suecia.
38. Jones, A. y colaboradores. 1989. Relationship of landscape position and properties to crop production. J. Soil and water conservation. 44:328-332.
39. Jönsson, H. (2001) Urine separation - Swedish experiences. En: EcoEng newsletter No1. International Ecological engineering Society http://www.iees.ch/EcoEng011/downloads/EcoEng011_F1.pdf
40. Jönsson, H. *et al*, 2004. Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production. Stockholm Environment Institute . EcoSanRes program. Suecia www.ecosanres.org
41. Kirchmann, H. 1995 Human urine - Chemical composition and fertilizer use efficiency 1995 *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands*.
42. *Diario Oficial de la Federación, 26 de Febrero de 1992. Ley Agraria.* www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13.pdf
43. *Diario Oficial de la Federación, 1 de Diciembre 1992. Ley de Aguas Nacionales.* www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16.pdf



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

44. *Diario Oficial de la Federación*, 7 de Febrero de 2006. Ley de productos orgánicos. www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPO.pdf
45. *Diario Oficial de la Federación*, 28 de enero de 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>
46. *Diario Oficial de la Federación*, 8 de Octubre 2003. Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf
47. *Diario Oficial de la Federación*, 7 de febrero de 1984. Ley General de Salud www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142.pdf
48. López, S. *et al.*, 2005. Mecanismos de fitoremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. UNAM. Año/vol. 21. número 002. Pp 90-100. Distrito Federal.
49. Lundström, C.; Lindén, B. 2001. (Nitrogen effects of human urine and fertilizers containing meat bone meal (Biofer) or chicken manure (Binadan) as fertilizers applied to winter wheat, spring wheat and spring barley in organic farming) (In Swedish). Skara Series B Crops and Soils Report 8, Department of Agricultural Research, Swedish University of Agricultural Sciences. Skara, Sweden.
50. Macias-Cuellar H. 2006. Los estudios de sustentabilidad. *Ciencias* No. 81, Enero-Marzo.
51. Milenio 2009. Se recicla solo 6% de las aguas residuales. 9 de Noviembre <http://www.milenio.com/node/317995>
52. Miracle, M. 2006. Consideraciones y casos en torno al agua. *Polis*, Revista de la



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

Universidad Bolivariana, año/vol. 5, no. 014. Universidad Bolivariana, Santiago de Chile.

53. Moreno M. 2009. Valoración económica del uso de tecnologías de saneamiento ecológico para aguas residuales domiciliarias. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE-UNA).
54. Norma Oficial Mexicana, NOM-CCA-031-ECOL/1993
55. Norma Oficial Mexicana, NOM-CCA/032-ECOL/1993
56. Norma Oficial Mexicana, NOM-CCA-033-ECOL/1993
57. Norma Oficial Mexicana, NOM-037-FITO-1995
58. OMS (Organización Mundial de la Salud), 2003. Comunicado de prensa. La FAO y la OMS anuncian un enfoque unificado para la promoción del consumo".
<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr84/es/index.html>
59. Peralta E., 2007. ECOSAN (Ecological Sanitation): una nueva alternativa ecológica para el saneamiento en Argentina. "Ingeniería Sanitaria y Ambiental" de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (AIDIS), Argentina- ISSN: 0328-2937 - N° 91
60. Periódico el Universal, 2009. "Procampo, 15 años de saqueos" . Redacción, El Universal, Finanzas, Miércoles 11 de Noviembre.
<http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/75179.html>
61. Periódico el Universal, 2009. "Función Pública audita Proárbol". Redacción, El Universal, Política, Jueves 15 de Enero.
<http://www.eluniversal.com.mx/notas/569252.html>



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

62. Pimentel D.y colaboradores. 1995. Enviromental and economic cost of soil erotsion and conservation benefits. Science 267, 1117, 1123.
63. Reyes R, Heberto, Navarro R, Pedro y Sanchez P, Mirna. Infecciones por parásitos en trabajadores de la salud: transmisión y control. *INHRR*, ene. 2004, vol.35, no.1, p.32-45. ISSN 0798-0477.
64. Rodríguez, M ; Cordova, A. 2006. Manual de Compostaje municipal Tratamiento de residuos sólidos urbanos. SEMARNAT, INE y GTZ. Distrito Federal, México.
65. Román, G; Beltrán, L. (2007) Desarrollo de planes de manejo de residuos de manejo especial y peligrosos. Instituto Politécnico Nacional. CInterdisciplinario de investigaciones y Estudios sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Coordinación General de Vinculación Académica y Tecnológica.
66. ROSA, Miracle María, Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua” en Ciudades para un futuro más sostenible, <http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a018.html> (vi: 17 de junio de 2002).
67. Sawyer, R. 2007. Ecosan in the real world. Emerging strategies for mainstreaming Ecosan in México. Conferencia internacional en saneamiento ecológico, ecociudades y comunidades. 26-31 de Agosto. Dongsheng, China.
68. Schönning, C. 2002. Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source separated human urine. Swedish Institute for Infectious Disease Control.
69. Schönning, C. 2003. Recommendations for the reuse of urine and faeces in order to minimise the risk for disease transmission. En: 2nd International Symposium



**Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**

Carrera de Biología

- on ecological sanitation. GTZ Alemania
<http://www.gtz.de/ecosan/download/ecosan-Symposium-Luebeck-session-d.pdf>
70. SEMARNAT. Informe de la situación del medio ambiente en México. Edición 2008 Compendio de estadísticas ambientales. México. 2008.
71. SEMARNAT-Colegio de Postgraduados, 2003 Inventario Nacional Forestal y de Suelos: Evaluación de la degradación de los suelos causada por el hombre en la Republica Mexicana.
72. Simons, J. and Clemens, J. (2003) The use of separted human urine as mineral fertilizer. En: 2nd International Symposium on ecological sanitation GTZ. Alemania.
73. Toledo, V.; Solis L. 2001. Ciencia para los pobres el programa “agua para siempre” de la región Mixteca. Ciencias No. 64, Octubre-Diciembre 2001.
74. Torres, F. 2002. Aspectos regionales de la seguridad alimentaria en México Revista de información y análisis, num. 22.
75. Trinidad, A. Abonos orgánicos. Actividades del Componente de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA). Ficha Técnica número 6 SAGARPA. Fecha de consulta 2010 www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/.../Abonos%20organicos.pdf.
76. UNAM. 2005. Proyecto: Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano. Coordinadora: Patricia Dávila Aranda., Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
77. Vazquez, A. 1986. La erosión y conservación del suelo en México. Realidades y



Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores

Iztacala

Carrera de Biología

perspectivas. Terra. 4: 158-172