



# Fertilidad Futura

Transformando los desechos humanos  
en Riqueza

por **JOHN BEEBY**

## Descargo de responsabilidad

Reciclar desechos humanos *puede* ser extremadamente peligroso para su salud, la salud de su comunidad y la salud del suelo. Debido al poco conocimiento del público en general, el autor y Ecology Action desalentamos enfáticamente el reciclaje de los desechos humanos de manera individual o como comunidad y no asumimos ninguna responsabilidad por los resultados que pudieran presentarse al poner en práctica cualquiera de los métodos descritos en esta publicación. El autor espera que con esta publicación crezca el entendimiento del lector acerca de los retos y la necesidad de reciclar los desechos humanos de modo que un día no muy lejano podamos regresar nuestra orina y estiércol al suelo de manera segura y benéfica para el intermedio ambiente, para el suelo y para cada uno de nosotros.

## Reconocimientos

Agradezco los aportes, sugerencias y redacción de John Jeavons, Carol Cox y todo el personal de Ecology Action. Este libro no sería lo que es sin su ayuda. También estoy profundamente agradecido con el Dr. Robert Parnes, Paul D. Sachs y los muchos sabios expertos que tan amablemente respondieron a las muchas preguntas que surgieron durante mi investigación. Agradezco a todos los que me dieron ánimo y compartieron su interés y entusiasmo por este proyecto. Por último, gracias a todos los que han apoyado a Ecology Action. Nuestro trabajo no podría ser sin ustedes y su deseo de ver al mini cultivo Biointensivo sustentable echar raíces y crecer.

### Una nota breve acerca del título

*Fertilidad Futura: Transformando los Desechos Humanos en Riqueza Humana* describe la necesidad de reciclar los desechos humanos apropiadamente para mantener la fertilidad de los suelos que producen alimentos. Ningún sistema agrícola puede ser considerado sustentable si los nutrientes que se encuentran en los desechos humanos no regresan al suelo del que salieron de manera segura y efectiva. Los fertilizantes químicos han servido para reabastecer algunos de los nutrientes que el suelo pierde cuando no se reciclan los desechos humanos, pero estamos lejos de reabastecerlos todos. Estos fertilizantes son cada vez más caros, menos efectivos y para muchas personas escasos. De acuerdo a un artículo de mayo de 1995 del *Pacific Coast Nurseryman and Garden Supply Dealer*, los Estados Unidos son el importador más grande de amoníaco anhidro, un fertilizante químico de nitrógeno que es cada vez más escaso en el mercado mundial. Además, China, India y los Estados Unidos y sus poblaciones cada vez mayores importan fertilizantes químicos. Los fertilizantes orgánicos, a diferencia de los fertilizantes químicos, en general contienen una variedad más amplia de nutrientes. Sin embargo, los fertilizantes químicos y otros productos derivados de petróleo no renovable son usualmente utilizados para cultivar los alimentos y/o los animales a partir de los cuales se producen la mayoría de los fertilizantes orgánicos. El fertilizante del futuro, si queremos mantener la fertilidad de nuestros suelos para seguir produciendo alimentos, es el fertilizante que todos poseemos – los desechos humanos.

Originalmente el título de esta publicación era *El Tao de Poo: Transformando los Desechos Humanos en Riqueza Humana*, pero se cambió debido a factores legales. Tao significa el camino. El Taoísmo, una filosofía oriental antigua, ve el universo como algo lleno de opuestos (el día y la noche, lo bueno y lo malo, seguridad en uno mismo y receptividad y así sucesivamente). El Tao es el fluido, el balance en constante cambio entre estos opuestos. Al armonizar estos opuestos en nuestras mentes, podemos ver la verdadera naturaleza de las cosas y vivir en balance con nosotros mismos, con otros y con el intermedio ambiente como un todo. El Winnie Pooh de A. A. Milne, parece vivir estos ideales, siempre está en perfecto balance con él mismo y con lo que sea que esté o que suceda a su alrededor. El Poo (estiércol humano) también tiene sus opuestos y esperamos que pronto reconozca no solo sus aspectos negativos (apestoso y lleno de organismos que causan enfermedades) sino también los positivos (rico en nutrientes, de soporte vital y que ayuda a mejorar el suelo). Al reconocer su lado negativo y valorar su lado positivo, nosotros los Osos con Algo de Cerebro aprenderemos con suerte a regresar nuestros desechos de manera sencilla y segura al suelo y a vivir en un saludable equilibrio con la Tierra.

## Índice de materias

Prefacio	i
Introducción	ii
Capítulo 1 – El Pasado, el Presente y el Futuro	1
Capítulo 2 – Las cuatro metas del reciclaje de los desechos humanos	12
Capítulo 3 – Reciclaje de la orina humana	28
<i>Compostaje de la orina humana</i>	31
Capítulo 4 – Reciclaje el estiércol humano	41
<i>Acuacultura</i>	48
<i>Humedales diseñados por el ser humano</i>	50
<i>Sistemas acuáticos solares</i>	53
<i>Un sistema regenerativo de algas</i>	57
<i>Peletización</i>	66
<i>Horno solar</i>	67
<i>Compostaje</i>	69
<i>Árboles</i>	84
<i>Granos y plantas perennes</i>	94
Capítulo 5 – Dos ejemplos de sistemas para cultivar todos nuestros alimentos y reciclar todos nuestros desechos	125
	132
Capítulo 6 – Nuestro reto y oportunidad	133
<i>Bibliografía selecta</i>	
<i>Apéndices</i>	136
<i>Apéndice A</i>	
<i>Apéndice B- Cálculos detallados.</i>	
#1	143
#2	145
#3	146
#4	147
#5	147
#6	148
#7	152
#8	153

## Índice de materias

#9	157
#10	158
#11	160
#12	160
#13	161
#14	161
#15	162
#16	163
#17	165
#18	167
#19	169
#20	171
#21	173
#22	175
#23	175
#24	177
Apéndice C – Discusiones posteriores	
#1	179
#2	183
#3	183
Apéndice D– La grafica de los Círculos	187
Apéndice E– Aplicación sustentable de la materia verde compostada, del estiércol de vaca compostado y de los fertilizantes orgánicos	189
Conclusión	191

## Prefacio

Muchas veces durante el tiempo en el que escribí este libro el trabajo parecía estar completo, solo para descubrir más tarde que había un hoyo que debía ser cubierto o nueva información que debía ser incluida. Mientras el trabajo finalmente se dirigía a lo que es hoy siempre esperaba con emoción su evolución continua.

Así como el trabajo de muchos ayudó a hacer de este libro lo que es, la continua evolución del mismo solo será posible a partir del trabajo de muchas personas más. Los métodos que se describen en este libro para reciclar los desechos humanos fueron cuidadosamente seleccionados de modo que fueran apropiados para una amplia variedad de situaciones, pero las descripciones detalladas no son en realidad recetas sino mapas. Las mejores maneras de reciclar nuestros desechos de manera segura y efectiva dependerán, en parte, de la información específica del lugar la cual puede obtenerse únicamente al empezar a reciclar nuestros desechos de manera que sea apropiado para nuestra situación de vida y para nuestro aprendizaje.

A medida que cada uno de nosotros obtiene más experiencia a partir del reciclaje de nuestros desechos seremos capaces de crear soluciones sencillas. Sin embargo, durante el proceso para encontrar esas soluciones sencillas, con frecuencia empezamos con soluciones que pueden parecer demasiado complicadas. Al ganar más experiencia con nuestras soluciones de trabajo, podemos aprender que hay pasos que podemos omitir de manera segura. Asimismo, esta publicación es el principio para encontrar esas soluciones sencillas, pero en la primera lectura puede parecer complicado en algunas partes porque no se omitieron “pasos”—todo el material esencial y relevante ha sido incluido. A través de nuestra experiencia cada uno podremos descubrir las maneras sencillas y aún así efectivas y seguras de regresar nuestros desechos al suelo que nos alimenta. Cada uno de nosotros puede ser parte de la solución. Espero con ansia la continuación de este proceso de descubrimiento y agradezco su interés.

La orina humana y el estiércol son comúnmente conocidos como desechos humanos y es por esta razón que el término “desechos” se usa en todo este libro. Quizá en el futuro, este término será considerado anticuado o estará totalmente fuera de uso. O quizá será una mala palabra. En una sociedad sustentable no existen los desechos o los desperdicios. Los recursos que daban vida y comodidad a nuestros ancestros se reciclan para mantener o inclusive mejorar la disponibilidad de esos recursos en el presente y en el futuro. Lo que viene de la tierra, se regresa a la tierra.

F. H. King, quien conoció y aprendió de los agricultores asiáticos a principios del siglo XX, escribió en *Farmers of Forty Centuries*: “Cuando le pregunté a mi intérprete si la ciudad acostumbraba verter su suelo nocturno (orina humana y estiércol) en el mar durante los meses del invierno como una forma más rápida y barata de deshacerse de ellos, su respuesta fue veloz y perspicaz, ‘No, eso sería desperdicio. Nosotros no tiramos nada, es muy valioso’.

## Introducción

¿Cómo sería su vida si usted supiera que puede cultivar y trabajar en el huerto con menos (y quizá sin) fertilizantes adquiridos y al mismo tiempo mantener e incluso mejorar la salud y productividad del suelo? Si recicla los desechos humanos correctamente, puede regresarle vida al suelo y darle la posibilidad de que continúe dándole vida a usted. Al mismo tiempo puede reducir la necesidad de agua, recursos y petróleo y descargar menos (o no) contaminantes en el agua, aire y suelo.

En esta publicación se describen diversos sistemas alternativos y prometedores para tratar y reciclar los desechos humanos, así como las desventajas de los métodos modernos tradicionales para tratar dichos desechos. Muchas de estas alternativas no solo eliminan los organismos que causan enfermedades (agentes patógenos) y que se encuentran en los desechos humanos, también regresan los minerales que se encuentran en dichos desechos al suelo del que vinieron y agregan materia orgánica al suelo para que pueda seguir siendo sano, fértil y capaz de alimentarnos.

A pesar de todo el conocimiento que el género humano ha acumulado en los últimos 10,000 años aún no sabemos en detalle cómo usar nuestra orina y estiércol para fertilizar nuestras tierras de labranza de manera sencilla y eficiente, que no propague enfermedades y que beneficie al suelo. Este conocimiento es cada vez más importante ya que los suelos siguen perdiendo los minerales y la materia orgánica que necesitan para mantenerse fértiles. El reto consiste en descubrir cómo usar nuestros desechos como fertilizantes si queremos que nuestras tierras sigan proporcionándonos alimentos.

La información y las ideas que se presentan en esta publicación tienen como objetivo ayudarle a *empezar a desarrollar* una forma de reciclar su orina y estiércol que sea segura y apropiada para su situación de vida. Antes de poner en práctica cualquier método *necesitará llevar a cabo* una investigación específica para su terreno y comunidad la cual será *esencial para obtener el permiso de su autoridad de salud local*. En general aplicar desechos humanos al suelo es ilegal en los Estados Unidos y por una buena razón. Reciclar desechos humanos de manera incorrecta puede contaminar nuestros vecindarios, el suelo y el agua del subsuelo y propagar varias enfermedades graves como tifoidea, cólera y hepatitis. Cuando los desechos humanos no son tratados apropiadamente para matar los agentes patógenos que hay en ellos antes de agregarlos al suelo, estos pueden persistir en el suelo y pegarse a la superficie del cultivo exactamente en donde toca el suelo. Entonces los patógenos pueden entrar al cuerpo de la persona que coma esos alimentos y esta puede enfermar.

Cuando los desechos humanos son procesados de manera apropiada y luego agregados al suelo, se puede recuperar y mantener el suelo de manera sustentable—es decir, de manera que no dependa de recursos no renovables cada vez más escasos tales como el petróleo y que requiera la importación de solo unos cuantos, si es que se requieren, recursos no generados por la granja misma. Al enfocarnos en darle al suelo lo que necesita para estar sano, recibiremos cosechas más sanas y dejaremos una herencia invaluable a nuestros hijos y a los hijos de muchas generaciones por venir: un suelo saludable. La calidad de nuestras vidas y de todas las vidas futuras depende enteramente de como tratamos al suelo que nos alimenta. Solo un suelo saludable produce plantas, alimentos, personas y ecosistemas verdaderamente saludables. Crear y mantener un suelo saludable de manera sustentable solo es posible si los desechos humanos de aquellos que consumen los alimentos que produce una granja son procesados y regresan al suelo de esa granja. ¡Así de simple, sencillo y emocionante!

***“Regresa a la naturaleza todo lo que tomas de ella—y un poco más—y Ella te proveerá  
¡abundantemente!”***

- Alan Chadwick, creador del método biodinámico intensivo francés de cultivo

## Capítulo 1

### El Pasado, El Presente y el Futuro

#### Los Desechos Humanos en el Pasado

Por más de 4,000 años, los suelos de Asia permanecieron fértiles y alimentaron a muchas dinastías, agricultores, proveedores y familias. Hasta hace poco los agricultores asiáticos hacían lo que muy pocas civilizaciones pudieron hacer con éxito—mantener la fertilidad de los suelos que los alimentaron a medida que la densidad de su población aumentaba.<sup>1</sup> Esto no habría sido posible si sus desechos humanos no hubieran sido regresados al suelo. Ahora con la adopción generalizada de técnicas agrícolas químicas mecanizadas a gran escala, la deforestación y el descontento social y político desde la década de los 1950, se ha perdido del 15% al 33% de la tierra agrícola de China y 50 millones de agricultores chinos abandonaron la agricultura en 1993.<sup>2</sup>

Una de las civilizaciones que mejor manejó e incluso mejoró la fertilidad de sus tierras de labranza fueron las naciones Incas de los Andes del oeste. “La hambruna fue eliminada por primera y probablemente por última vez en la historia” debido en parte a “su incomparable genio en el gobierno” y por haber descubierto la Ley del Retorno: que dice que todo lo que viene de la tierra debe ser regresado a la tierra para así poder mantener su fertilidad. En la sociedad Inca toda la materia verde que no se comía se enterraba y los desechos humanos eran utilizados para fertilizar la tierra.<sup>3</sup>

En 1880, 103 de las 222 ciudades de los Estados Unidos documentadas en *Estadísticas Sociales*, publicadas por el Censo de los Estados Unidos, vendieron la orina y estiércol humano acumulado en sus alcantarillas y excusados a agricultores y otras personas que lo valoraban de tal manera que lo acarreaban ellos mismos. Los agricultores usaban la orina y el estiércol humano para fertilizar sus campos y aquellos que no eran agricultores lo vendían a plantas procesadoras que lo convertían en fertilizante que los agricultores podían comprar. Los agricultores utilizaban los desechos humanos de 43 de 55 ciudades en Nueva Inglaterra, 31 de 49 en Middle Atlantic y 7 de 8 en el upper South.<sup>4</sup>

*“La ciencia sabe ahora que el estiércol más efectivo y que más fertiliza es el estiércol humano. ¿Sabe que son esas pilas de inmundicia, esas carretas de fango que se lleva de las calles por las noches el vigilante nocturno, los barriles espantosos y los riachuelos fétidos del fango subterráneo que el pavimento le oculta? Todo esto es un campo floreciente, es pasto verde, es la menta y el tomillo y la salvia...es el trigo dorado, es el pan en su mesa, es la sangre tibia en sus venas”.*

- Víctor Hugo, Los Miserables.

Al tiempo que las poblaciones crecían, las alcantarillas y los excusados no pudieron con las necesidades, deseos y producción de la gente. Muchos excusados no recibieron mantenimiento adecuado o lo que es más ni siquiera los vaciaron y aunque los hubieran vaciado, con frecuencia la orina y el estiércol que se derramaba de los “camiones de estiércol” y las “cubetas de estiércol” (camiones y cubetas de miel, en la versión en inglés)

---

<sup>1</sup> F.H. King, *Farmers of Forty Centuries* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1911), pp. 1-2. Cerca del cambio al siglo 20 solo se necesitaban de 539 a 669 m<sup>2</sup> de suelo para alimentar a cada ciudadano chino. [F.H. King, *Farmers of Forty Centuries* (Emmaus, P.A: Rodale Press, 1911), sobrecubierta]. Actualmente los chinos están adoptando las técnicas agrícolas tradicionales mecanizadas y con químicos que se usan en los Estados Unidos y su dieta está basada mayormente en carne. En la actualidad en los Estados Unidos, dada sus típicas técnicas agrícolas y su dieta, se necesitan de 2044 a 3995 m<sup>2</sup> para alimentar a una persona.

<sup>2</sup> *New York Times*, marzo 27, 1994.

<sup>3</sup> F.H. King, *Farmers of Forty Centuries* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1911), pp. 207, 222.

<sup>4</sup> Joel A. Tarr, “How We Got To Where We Are, or The Why and Wherefrom of Sewers”, *Goodbye to the Flush Toilet* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1977), pp. 5, 7.

Cuando la gente empezó a ver las enfermedades, específicamente el cólera y la fiebre amarilla como problemas sociales y no como castigo de Dios por sus pecados, aumentaron las exigencias para que hubiera mejoras sanitarias. Como respuesta, muchas ciudades conectaron los retretes existentes de agua (los cuales habían reemplazado a las alcantarillas y a los excusados) a su red de canaletas y las pipas solían transportar el agua pluvial. Mientras que el agua de lluvia podía correr por las calles de la ciudad y llegar a las vías fluviales cercanas sin ninguna dificultad, las aguas negras sin tratar corrían a través de las alcantarillas contaminando las ciudades y los ríos en los cuáles desembocaban y esparcían enfermedades entre aquellas personas que vivían cerca. Las ciudades se vieron obligadas a buscar otros lugares en los cuales verter sus aguas residuales y uno de los primeros lugares que encontraron fueron las tierras de labranza en la periferia. Las aguas negras de las ciudades eran vertidas en uno de los extremos de una de las “granjas de aguas residuales”, las cuales al fluir a través de los campos en declive eran purificadas por los cultivos del campo de modo que para cuando llegaba al final de ese campo se decía que ya era potable. Sin embargo, para la década de los 1890 ya se habían desarrollado tecnologías químicas, mecánicas y bacterianas para el tratamiento de aguas residuales que requerían menos tierra y aparentemente suponían menos riesgo para la salud pública. Como resultado, las granjas de aguas residuales y otros métodos que regresaban esas aguas a la tierra en su mayoría fueron abandonadas.<sup>5</sup>

### Los residuos humanos en la actualidad

El inodoro nació a partir del conocimiento de que los desechos humanos pueden causar enfermedades. A diferencia de los Incas, no consideramos importante la Ley del Retorno, de modo que, en general, no hemos seguido estudiando de manera exhaustiva cómo regresar los nutrientes que se encuentran en los desechos humanos al suelo del que vinieron. Simplemente quisimos deshacernos de nuestros desechos. Hasta recientemente es que empezamos a darnos cuenta del costo real de esta falta de visión.

Cada vez que le bajamos al baño de 1 a 7 galones de agua potable<sup>6</sup> junto con nuestra orina y excremento van hacia el sistema de aguas residuales en el cual son purificados para cumplir con estándares “primarios”, “secundarios” y a veces hasta “terciarios”. Los estándares primarios se cumplen cuando se saca la basura que flota en las aguas residuales y los sólidos se han sedimentado en forma de fango. Los estándares secundarios se cumplen cuando el líquido se ha gasificado y se ha descompuesto gracias a las bacterias aerobias y ha sido tratado con cloro para matar los patógenos. El fango pasa por una descomposición anaerobia y en general ya no es tratado, solo lo vierten en un océano o vertedero de residuos. Las leyes del estado pueden requerir que el líquido cumpla con los estándares terciarios antes de que este sea vertido, en cuyo caso es floculado (revuelto vigorosamente), filtrado y sujeto a ozono y luz ultravioleta y cloro o bromo antes de ser vertido.<sup>7</sup>

Nuestros sistemas de aguas residuales reciben lo que en su mayoría consideramos desperdicio. Esto incluye no solamente orina y excremento humano, sino también químicos tóxicos que causan cáncer como pesticidas, herbicidas y fungicidas que son vertidos de manera despreocupada en la taza de baño o el lavabo además de desperdicio industrial que contiene metales pesados. Los desechos humanos, que alguna vez fueron una fuente potencialmente rica de fertilidad para los suelos que nos alimentan, son considerados tóxicos para el suelo una vez que se han mezclado con el compuesto venenoso de las toxinas industriales, los metales pesados, los pesticidas y otros desechos que están en nuestros sistemas de aguas residuales. Al etiquetar a la orina y el excremento humano como “desperdicio” y tratarlo como tal transformamos sus cualidades potenciales en veneno y problemas. Tanto el fango como el líquido, aun cuando han cumplido con los estándares secundarios y terciarios todavía contienen metales pesados y otras sustancias tóxicas y causantes de cáncer tales como pesticidas y herbicidas, así como algunos patógenos. Tan solo el 20% del fango que producimos en los Estados Unidos se usa para fertilizar

---

<sup>5</sup> Carol H. Stoner, ed., *Goodbye to the Flush Toilet* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1977), pp. 4-16

<sup>6</sup> Cuarenta por ciento del agua pura que usamos en nuestras casas se va por la taza del baño (The Earth Works Group, *50 Simple Things You Can Do To Save the Earth* [Berkeley, CA: Earth Works press, 1989], p. 48).

<sup>7</sup> Comunicado personal del personal de la planta de aguas residuales de Willits, CA, abril 1993.



las tierras de labranza o la tierra de los jardines<sup>8</sup>, a pesar de que aún contiene niveles altamente peligrosos de metales pesados (especialmente cadmio, cobre, zinc, níquel, plomo y mercurio) y otras toxinas que puede poner en peligro la salud del suelo, de las cosechas y de aquellos que las consumen. El otro 80% que es demasiado venenoso para el suelo es usualmente vertido en un lugar destinado para enterrar residuos—en ese caso la naturaleza y todas las vidas que dependen de la salud de ese ecosistema pueden ser destruidas—o en el mar<sup>9</sup>, en ese caso millones de criaturas marinas son envenenadas con las toxinas que encuentra un camino para llegar a las aguas residuales y que no son removidas con los tratamientos tradicionales. Todo el *líquido* que se produce a partir del tratamiento tradicional de nuestras aguas residuales es vertido en nuestros ríos y océanos junto con las toxinas solubles que dicho tratamiento no pudo remover. Así que, a pesar de ser caro, ineficiente en lo que a uso de energía se refiere y a pesar de que a veces funciona mal y de que descarga aguas residuales casi sin tratar en ríos y océanos, nuestras plantas de tratamiento más “avanzadas”—aun cuando funcionan correctamente—no pueden quitar muchas toxinas que se encuentran en las aguas residuales. ¡Y esta es la menor de sus fallas!

El problema más grande del tratamiento moderno de aguas residuales es que está agotando nuestros suelos—no es sustentable desde el punto de vista agrícola. A pesar de la cada vez mayor popularidad de la palabra “sustentabilidad” en la agricultura, con frecuencia olvidamos que no hay sistema verdaderamente sustentable si tomamos más de lo que regresamos. Esta sencilla pauta nos ayudará a evaluar el efecto que el tratamiento moderno de aguas residuales tiene en la sustentabilidad de los suelos que nos alimentan.

*A pesar del método para tratar desechos humanos,  
el suelo pierde minerales y humus cuando se cultivan alimentos.*

Cuando los cultivos crecen en el suelo, extraen los minerales que necesitan y los incorporan en sus tejidos. Cuando se cosechan, los minerales que contienen son extraídos de la tierra. Cuando consumimos esos alimentos, los minerales entran a nuestros tejidos, excepto cuando nuestros tejidos están creciendo, con el tiempo casi todos los minerales pasan de nuestro cuerpo a la orina y al excremento (y en mucho menor medida a nuestro cabello, uñas, sudor, secreciones y exhalaciones)<sup>10</sup>.

Para mantener la fertilidad del suelo que produce nuestros alimentos, los minerales deben ser regresados al suelo. Ellos son esenciales para los procesos metabólicos y para la salud de las diversas criaturas que habitan en el suelo que son en gran parte responsables de la vitalidad y fertilidad del suelo.

Además de los minerales, cuando la tierra se cultiva y/o la vida microbiana del suelo está activa, el suelo también pierde humus. Para entender lo que es el humus, por qué es importante y por qué debe reponerse en el suelo, primero necesitamos diferenciar entre el *humus*, la *materia orgánica* y la *composta curada*.

**¿Qué es la materia orgánica?** La materia orgánica es cualquier materia animal o vegetal que ocurre naturalmente que alguna vez estuvo viva y ahora está muerta. Una pila de composta, en resumen, es sencillamente una pila de materia orgánica posiblemente mezclada con un poco de tierra y agua. Después de que se construye la pila con la cantidad correcta de aire y agua, los microbios en la pila empiezan a descomponer la materia orgánica. Durante

---

<sup>8</sup> *Basura*, enero/febrero 1990, p.31

<sup>9</sup> The Ocean Dumping Ban Act de 1988 prohíbe a las ciudades de los Estados Unidos echar el fango de sus aguas residuales (pero no el líquido) en el mar. Sin embargo, en todo el mundo solo un pequeño porcentaje de esas aguas entra a los sistemas de aguas residuales en los que es posible tratarlas, y el resto de esas aguas sin tratar y repleto de patógenos se va simple y directamente a los ríos, estanques, océanos o a la tierra. Así que aun si todas las plantas tradicionales de tratamiento mejoraran de modo que pudieran sistemáticamente quitar todas las toxinas y patógenos de ellas, la mayoría de los desechos humanos generados alrededor del mundo aún seguirían llegando y contaminando ríos, océanos y el agua del subsuelo (The World Resources Institute, *World Resources 1990-91* [New York: Oxford University Press, 1990], p. 183).

<sup>10</sup> Dan Hemenway, “To Pee or Not to Pee”, *The Permaculture Activist*, Agosto 1992, p. 48.

el proceso de descomposición, la pila de composta curará de ½ a 1/3 de su volumen inicial.<sup>11</sup> Cuando el material original está completamente descompuesto y maduro se le llama composta curada. La composta curada es lo que se agrega al suelo para restaurar y mantener su fertilidad.

**¿Qué hace que la composta curada sea esencial para la fertilidad del suelo?** No es solo la materia orgánica descompuesta al tiempo que la pila madura, sino que parte de ella en realidad se transforma en una sustancia nueva llamada humus. Como la alquimia, el “plomo” (materia orgánica) se transforma en “oro” (humus) a través de la descomposición de organismos tales como bacterias, hongos y lombrices. No toda la materia orgánica se transforma así que no toda la composta curada es humus, pero es el humus lo que hace que la composta curada sea valiosa y esencial para la salud del suelo.

**¿Qué es el humus?** El humus es una *síntesis* compleja de microorganismos vivos y muertos, materia orgánica descompuesta y minerales en estado inorgánico.

**¿Por qué es importante el humus?** El humus es esencial para la fertilidad del suelo.

- 1) El humus es una *fuerza de energía* para los microbios del suelo, los cuales son capaces de mejorar la estructura del suelo y de manera indirecta de hacer que los nutrientes que no están disponibles para las plantas lo estén.
- 2) El humus *agrega al suelo nitrógeno y otros minerales importantes y secundarios*.
- 3) El humus *impide* que esos minerales que ya se encuentran en el suelo, especialmente el nitrógeno, se lixivien.
- 4) El humus *retiene agua* como una esponja y esto incrementa la cantidad de agua que el suelo puede almacenar, lo que de hecho disminuye la cantidad de riego que el suelo necesita para producir cosechas sanas.
- 5) El humus *libera minerales y agua lentamente* y los pone a disposición de las plantas durante un periodo de tiempo relativamente largo.
- 6) El humus *equilibra el nivel del pH en el suelo (Efecto Buffer)* y esto permite que las plantas que aman el ácido crezcan en un suelo ligeramente alcalino y que las plantas que aman lo alcalino sobrevivan en un suelo levemente ácido.<sup>12</sup>

El humus del suelo se pierde constantemente con el paso del tiempo. Para mantener y mejorar la salud del suelo, el humus en forma de composta curada debe ser agregado al suelo agrícola por lo menos cada año. Con el objeto de generar suficiente humus, es necesario permitir que se descompongan las porciones no comestibles de las cosechas y nuestra orina y excremento y que se transformen en humus. Idealmente, cuando se agrega la composta curada al suelo se reponen el humus y los minerales que se han perdido del suelo. Esto se verá con más detalle en las páginas 16-24.

En lugar de regresar al suelo los minerales que se encuentran en nuestra orina y excremento, nos deshacemos de ellos junto con otros desechos y los echamos al mar, a un lugar en el que se entierran los residuos o simplemente a un hoyo en un suelo no agrícola. No solo no regresamos los minerales al suelo del cual vinieron, sino que tampoco pueden ser compostados y por lo tanto no se transforman en ese humus que da vida al suelo y de cuya fertilidad dependen nuestras vidas. Rompemos el ciclo de dar y recibir que la vida requiere para su continuación

---

<sup>11</sup> John Jeavons, *Como cultivar mas vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action, p. 60 y John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #10: Grow Your Own Compost Materials At Home* (Willits, CA: Ecology Action, 1981), p. 7. Información actual de las pilas de composta hechas en la Mini-Granja Biointensiva de Investigación Common Ground indica que algunas pilas quizá se descompongan a *tan solo* 1/6 de su tamaño original. Dos condiciones resultarán en menos composta curada producida a partir del mismo volumen inicial de composta: 1) La proporción inicial carbón-nitrógeno es menor a 30-1 y/o 2) si la pila es volteada más de una vez para acelerar la descomposición.

<sup>12</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action , p.67

y no podemos seguir viviendo en este planeta si no reciclamos y reusamos los preciosos recursos de nuestro planeta Tierra. Lo que sale de nuestras granjas debe ser regresado a ellas si queremos sobrevivir y que nuestras granjas sobrevivan también.

El modo en el que rompemos la Ley del Retorno y las consecuencias que sufrimos por hacerlo nos indican que vale la pena observar más de cerca. Usamos el agua que de por sí escasea, recursos, energía y dinero para transportar, procesar y deshacernos de nuestro excremento y de nuestra orina los cuales contienen los nutrientes que se originaron en el suelo. En lugar de regresar estos nutrientes al suelo, los tiramos y en el proceso tiramos el pasado y el futuro de la fertilidad de nuestros suelos. Luego, después de tirar nuestros fertilizantes naturales que contienen una amplia variedad de nutrientes y trazas de minerales, usamos más recursos, energía y dinero para hacer fertilizantes químicos incompletos a partir de combustibles fósiles cada vez más escasos que no pueden reponer enteramente la provisión de minerales y humus del suelo. Pasamos mucho tiempo y energía creando un sistema que no es sustentable. La dependencia de una fuente de energía no renovable, cada vez más escasa y que contamina el intermedio ambiente como el petróleo es, en si misma, suficiente para garantizar nuestra búsqueda para encontrar maneras alternativas y sustentables para procesar nuestras aguas residuales.

*“Si orinara y defecara en una jarra de agua y luego saciara mi sed con el contenido de esa jarra, sin duda sería considerado como un loco. Si inventara una tecnología cara para poner mi orina y mis heces en mi agua para beber y luego inventara otra tecnología cara (y no confiable) para lograr que esa agua sea buena para beber quizá pensarían que estoy aún más loco. No es inconcebible pensar que un psiquiatra me preguntaría como por qué quiero ensuciar mi agua para beber.*

*“La solución ‘sensata’, muy probablemente, sería hacer que orine y defeque en un retrete desde el cual dichos desechos serían llevados a través de un sistema caro de aguas residuales en el cual supuestamente serían tratados y luego arrojados a un río—desde donde serían bombeados, después purificados y utilizados como agua para beber”.*

- Wendell Berry, *Introduction to The Toilet Papers by Sim Van der Ryn*

### Desechos humanos en el futuro

Una vez que nuestros desechos son correctamente procesados y purificados y que les han quitado los patógenos que pueden contener, podemos utilizarlos de manera segura para fertilizar nuestras tierras de labranza. Podemos cambiar los problemas que hemos creado por soluciones para la fertilidad sustentable del suelo. Con base en su contenido mineral, el potencial fertilizante de los desechos humanos es considerable (vea la Tabla 1 en la página 12). Cuando consideramos que los minerales en los desechos humanos pueden ser utilizados para producir humus con minerales para el suelo, podemos ver lo importante que es reciclar los desechos humanos apropiadamente con el objeto de mantener la sustentabilidad del suelo. Los desechos humanos ya no son algo que se debe desechar lo más rápidamente posible; son la clave para la prolongación del género humano.

A pesar de que nuestras ciudades están más limpias y nuestra esperanza de vida en promedio ha aumentado en gran parte como resultado de tener mejores condiciones de salubridad y avances en el desarrollo de tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales, hay maneras aparte de la construcción y operación de plantas tradicionales para el tratamiento de las aguas residuales que pueden ayudar a hacer realidad estos importantes logros sociales. Existen procesos alternativos de tratamiento que requieren menos recursos y no necesitan lugares para enterrar los residuos ni sustancias químicas venenosas y que probablemente pueden incrementar en lugar de disminuir la fertilidad de nuestros suelos agrícolas. En lugar de gastar dinero para deshacernos de nuestros desechos, podemos ganar dinero al vender estos desechos procesados para incrementar la fertilidad del suelo. Y este suelo a su vez producirá más alimentos más sanos para comercializar. Al crear un suelo más saludable que produce alimentos más sanos, podremos no solo mantener sino también *mejorar* nuestro nivel actual de servicios sanitarios y de salud. Y lo que es más importante podemos heredar a nuestros hijos y a generaciones venideras un suelo sano y el conocimiento y las técnicas necesarias para mantenerlo sano.

Si los pueblos y las ciudades necesitan actualizar o expandir sus instalaciones para el tratamiento de sus aguas residuales, en lugar de construir grandes plantas tradicionales de tratamiento es necesario alentar la adopción de métodos sustentables y amigables con el ambiente para tratar y reciclar los desechos humanos (vea las páginas 52 y 53 que describen el sistema alternativo que las personas de Arcata, California promovieron y que finalmente fue aprobado por el estado). Si no hay ningún sistema alternativo que parezca apropiado para su situación de vida y su clima, puede empezar a considerar y a diseñar uno que sí lo sea. Regresar los desechos humanos al suelo a través del método que se describe en este libro o cualquier otro método es en general y comprensiblemente *ilegal* si se hace individualmente o en una comunidad debido a la falta de conocimiento público en cuanto a los riesgos de salud involucrados y de las habilidades técnicas requeridas para superar esos riesgos. Pero una vez que desarrollamos maneras completamente seguras y sencillas para fertilizar el suelo de manera higiénica con orina y excremento procesados, quizá sea necesario cambiar las leyes para mantener la fertilidad del suelo de manera sustentable.

### Reciclaje de desechos humanos y la conveniencia del método biointensivo de cultivo de alimentos

*La cantidad de nutrientes presentes en los desechos de una persona son probablemente suficientes para mantener la fertilidad del suelo, si se obtienen altos rendimientos* – Como se muestra en la Tabla 1, las cantidades de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio que se encuentran en la orina y el excremento humanos, si se aplican en pequeñas cantidades junto con composta curada—si es necesario—pueden ser casi o absolutamente suficientes para fertilizar el área aproximada necesaria para cultivar todos los alimentos (calorías; vea la Nota para la Tabla 2 en la página 11) que una persona necesita al año de manera que se mantenga la fertilidad del suelo si se pueden producir *altos* (*Cultivo Biointensivo de Alimentos*, páginas 70-97, columna E, tercera cifra) rendimientos Biointensivos (ver Tabla 2). *Esta es una correlación notable y significativa que parece sugerir que la escala del método biointensivo de cultivo de alimentos es apropiada.*

*La cantidad de nutrientes presentes en los desechos de una persona son insuficientes para mantener la fertilidad del suelo cuando se utilizan técnicas tradicionales de agricultura* – Si en lugar de técnicas Biointensivas, se utilizan técnicas comerciales y mecanizadas que dependen de sustancias químicas para cultivar una dieta vegetariana que incluya todas las calorías que necesita una persona para todo el año, se necesita un área 2.5 a 5 veces más grande para hacerlo.<sup>13</sup> No hay suficientes nutrientes ni en la orina ni en el excremento para mantener la fertilidad del suelo adicional. Así que aun cuando la orina y el excremento sean reciclados por completo, si se utilizan técnicas comerciales, la granja necesitará comprar fertilizantes y depender del petróleo o de la fertilidad del suelo de otra granja (vea la página 28).

*Posiblemente una cantidad suficiente de nutrientes con rendimientos Biointensivos intermedios* – Si no se obtienen rendimientos Biointensivos *altos*, es posible que la habilidad fertilizante de la orina y el excremento con composta curada, si es necesario, sea suficiente para el área requerida para cultivar los alimentos de una persona cuando se producen rendimientos Biointensivos intermedios por tres razones.

*Primero*, los niveles de aplicación de fertilizante incluidos en la Tabla 1 son necesarios para la agricultura *tradicional que usa químicos*, que es un tipo de agricultura que usualmente depende de grandes cantidades de nutrientes agregados para ser productiva. Además, la agricultura *tradicional que usa químicos* no agrega suficiente materia orgánica curada al suelo para hacer más efectiva la absorción de nutrientes por parte de las plantas y para la retención del excedente de nutrientes en el suelo. La materia orgánica es esencial para retener nutrientes en el suelo y para permitir que el suelo actúe como un depósito de nutrientes para los cultivos. Si se agregan cantidades insuficientes de materia orgánica curada al suelo, el suelo podrá retener menos nutrientes y entonces deberán agregar más nutrientes anualmente para asegurar la producción. Con el Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable el suelo se convierte en un depósito profundo de nutrientes y entonces se agrega menos fertilizante al año mientras que al mismo tiempo se mantienen e incrementan los rendimientos.

---

<sup>13</sup> Se necesitan 929 m<sup>2</sup> para cultivar una dieta vegetariana estricta para una persona con la agricultura tradicional (Kenneth E. F. Watt, *The Titanic Effect* [Stamford, CT: Sinaur Associates, 1974], p.41). Se necesitan de 185 a 371 m<sup>2</sup> cuando se usa el Método Biointensivo.

*Segundo*, los rendimientos producidos por el Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable en general se incrementan a un ritmo constante al paso del tiempo hasta que se llega a un nivel máximo a pesar de que las cantidades de fertilizantes que se aplican año con año son las mismas o disminuyen. (El nivel máximo de rendimientos dependen del tipo de suelo y su fertilidad, el clima, los recursos disponibles y las plantas que se están cultivando). Este incremento ocurre porque a medida que el nivel de materia orgánica en el suelo aumenta: 1) se pierden menos nutrientes del suelo y 2) las plantas usan los nutrientes del suelo de manera más eficiente. Por lo tanto, la fertilidad del suelo puede incrementar de modo que al final se pueden producir altos rendimientos asumiendo que hay un clima apropiado y agua suficiente para los cultivos.

*Tercero*, si el clima es tal que incluso la fertilidad incrementada del suelo solo permite la producción de rendimientos Biointensivos intermedios, se necesitará más terreno para cultivar los alimentos de una persona en comparación con la cantidad de suelo que se necesita cuando se producen rendimientos Biointensivos altos. Si se necesita un área mayor, entonces los nutrientes de los desechos humanos deben esparcirse en un área aún mayor y quizá sean insuficientes para mantener el nivel de rendimientos y fertilidad del suelo. Sin embargo, si se producen rendimientos Biointensivos intermedios, los nutrientes que se encuentran en la orina y el excremento de una persona pueden ser suficientes para mantener la productividad del suelo si los cultivos para la dieta fueron seleccionados para reducir el tamaño del área necesaria.

La cantidad de tierra que se necesita para cultivar la dieta de una persona puede *reducirse* a través del uso de papas y/o camotes además de los granos. Las papas y los camotes en general producen muchas más calorías por unidad de área que los granos. (Ver *Un Círculo* de David Duhon para más detalles). Sin embargo, estos cultivos (y los cultivos de raíz en general) no producen material orgánico que pueda ser compostado y regresado al suelo. Por lo tanto, se necesita aproximadamente una a dos veces el área en la que se cultivan papas y camotes para producir suficientes cultivos carbonosos con el objetivo de mantener el nivel de materia orgánica del suelo en el que crecen los cultivos de raíz y en el que crecen los cultivos carbonosos. La cantidad total de tierra que se necesita cuando se cultivan algunas papas y/o camotes y suficientes cultivos carbonosos es menor a la cantidad que se necesita cuando solo se cultivan granos. Cuando se reduce la cantidad de tierra que se necesita para cultivar la dieta de una persona, la cantidad de nutrientes de los desechos humanos que pueden ser agregados por unidad de área aumenta, de modo que el potencial como fertilizante de la orina y el estiércol de una persona podría ser adecuado para mantener la salud y productividad del suelo.

La falta de experiencia, un suelo no mejorado y mucho menos fértil y/o condiciones climáticas complicadas pueden resultar en la producción de rendimientos Biointensivos *bajos/de principiantes*. Los nutrientes en la producción anual de orina y estiércol de una persona por lo general son insuficientes para fertilizar adecuadamente y mantener la fertilidad del área adicional (aproximadamente el doble de lo que se necesita cuando se producen rendimientos de nivel intermedio) necesaria para producir la dieta anual de una persona cuando se producen rendimientos Biointensivos *bajos/de principiantes*. Sin embargo, regresar los nutrientes al suelo del que vinieron en forma de desechos humanos de manera segura y eficiente asegurará que estos nutrientes (excepto aquellos que se hayan perdido por filtraciones y/o gasificación) estén disponibles para futuros cultivos. Además, con la producción de cultivos de composta y la composta curada, los nutrientes en los desechos humanos pueden mejorar la fertilidad y productividad del suelo con el paso del tiempo y esto puede hacer posible que al final se pueda cultivar una dieta anual en un área más pequeña. En general, se pueden producir rendimientos Biointensivos de nivel intermedio en suelos húmedos y en la mayoría de las condiciones climáticas en una cantidad razonable de tiempo después de que el suelo y las habilidades técnicas del agricultor han mejorado.

En conclusión, *el mini-cultivo Biointensivo tiene el potencial de transformar la escasez en abundancia*. Con las prácticas tradicionales de cultivo no hay suficientes nutrientes en los desechos de una persona para mantener la fertilidad del suelo necesaria para cultivar los alimentos de esa misma persona porque los nutrientes han sido esparcidos en un área demasiado grande y se agregan cantidades insuficientes de materia orgánica al suelo. Con las prácticas Biointensivas puede haber suficientes nutrientes en los desechos de una persona para mantener la fertilidad del suelo que es necesaria para cultivar sus alimentos. *Menos se convierte en más*, esto depende sencillamente de *cómo* se usa la tierra. A partir de esta perspectiva, no es de extrañarse que los chinos durante por

lo menos 4,000 años y muchas generaciones de otras personas alrededor del mundo, eligieron cultivar utilizando técnicas muy similares a las técnicas modernas Biointensivas y pudieron preservar al suelo y a ellos mismos.

Con el mini-cultivo Biointensivo, la cantidad de nutrientes en los desechos humanos puede ser suficiente a pesar de que esa misma cantidad es insuficiente cuando se utilizan las técnicas tradicionales de agricultura. Del mismo modo, con el mini-cultivo Biointensivo la cantidad de tierra cultivable en el mundo puede ser suficiente para alimentarnos en situaciones en las que no hay suficiente tierra cuando se utilizan las técnicas de cultivo tradicionales. El mini-cultivo Biointensivo hace posible que se obtenga de 2 a 6 veces el rendimiento por unidad de área en comparación con los rendimientos que se obtienen con la agricultura orgánica y la tradicional en la que se usan químicos y esto reduce de manera dramática la cantidad de tierra necesaria para alimentarnos. Al disminuir la cantidad de tierra cultivable disponible per cápita por todo el mundo, la población y la degradación de la tierra aumenta (vea el Apéndice D – La Gráfica del Círculo en las páginas 187-188), y la habilidad para cultivar nuestros propios alimentos y otras necesidades agrícolas en un área pequeña son cada vez más importantes.

### ¿Qué es el Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable?

El Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable es un método para cultivar alimentos basado en principios sofisticados que se remontan a 4,000 años atrás en China, 2000 años en Grecia y 300 años en Europa. El Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable se desarrolló a partir de un sistema llamado “método intensivo francés biodinámico” que fue sintetizado y traído a los Estados Unidos por el experto inglés en horticultura Alan Chadwick en 1967. Ecology Action ha simplificado este enfoque y lo llamó Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable. Los aspectos más importantes del método son:

#### *Camas elevadas y doble excavadas*

En el Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable los cultivos se siembran en camas “doble excavadas” – su suelo se afloja a 60 cm de profundidad lo cual crea el efecto de una “cama elevada”. El suelo que ha sido aflojado permite a las raíces de las plantas penetrar más fácilmente y permite que el aire, el elemento más importante para el crecimiento sano de las plantas, entre al suelo. La humedad es retenida “sin inundar el suelo” deshierbar se hace más fácil porque el suelo está flojo y la erosión se minimiza.

#### *Siembra intensiva*

Las semillas o almácigos se siembran en camas de 91 a 152 cm de ancho usando un patrón hexagonal de espaciamiento. Cada planta es colocada con la misma distancia de todas las plantas que están cerca de ella de modo que cuando las plantas maduren sus hojas se toquen. Esto crea un “mini-clima” debajo de las hojas que retiene la humedad, protege la tan valiosa vida microbiana del suelo, retarda el crecimiento de maleza y produce mayores rendimientos. El método evita los problemas a los que se enfrentan los que siembran en hileras más estrechas.

#### *Compostaje*

Los altos rendimientos que son posibles con la siembra intensiva no serían sustentables si no hubiera una manera de reciclar todos los nutrientes del suelo y de mantener el nivel de materia orgánica en el suelo. Los fertilizantes químicos, derivados del petróleo que es cada vez más escaso y caro, en general no reponen todos los nutrientes que el suelo pierde cuando se cultivan alimentos, lo cual lleva a una pérdida de calidad y del valor nutricional de futuros cultivos. Además, se ha demostrado que los fertilizantes químicos son menos efectivos con el paso del tiempo y que dañan la estructura del suelo y a la vida microbiana que en él se encuentra y también en el largo plazo daña su fertilidad.

El Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable evita estos problemas a través del compostaje y el reciclaje de materiales orgánicos tales como residuos de cosechas, estiércol y vegetación producida por la mini-granja y por los mismos

agricultores. Cuando estos materiales son compostados apropiadamente se transforman en humus que provee los elementos necesarios para mantener la fertilidad del suelo agrícola (como se describe en la página 5).

#### *Asociación de cultivos*

Investigaciones han demostrado que muchas plantas crecen mejor cuando están cerca de ciertas plantas. Los ejotes y las fresas, por ejemplo, prosperan cuando se cultivan juntos. Algunas plantas son útiles cuando se trata de repeler plagas mientras que otras atraen poblaciones de insectos que son benéficos para ellas.

La borraja, por ejemplo, ayuda a controlar al gusano del jitomate y sus flores azules atraen a las abejas. También muchas plantas salvajes tienen efectos saludables en el suelo. Por ejemplo, sus raíces profundas aflojan la tierra del subsuelo y traen a la superficie trazas de minerales y nutrientes que antes no estaban disponibles.

#### *Un método integral de cultivo de alimentos*

El Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable es un *sistema integral* y los componentes del método deben ser aplicados todos juntos para obtener resultados óptimos. Por ejemplo, solo sembrar los cultivos cerca uno del otro no es suficiente. Los agricultores en Europa que experimentan con un espaciamiento tan intensivo pero que no preparan el suelo profundamente y no utilizan la asociación de cultivos y además aún utilizan fertilizantes químicos se encuentran con una menor productividad y un suelo menos fértil.

El Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable cuando se utiliza como un sistema integral es capaz de mantener y lo que es más incrementar la salud del suelo y al mismo tiempo produce rendimientos que en general son de 2 a 6 veces mayores a los de la agricultura química mecanizada o la agricultura orgánica y usa de 67% a 88% *menos* agua, de 50% a 100% menos fertilizantes adquiridos y 99% menos energía.

Para más información acerca del Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable, vea:

- John Jeavons, *Cultivo Biointensivo de Alimentos*. Berkeley, CA: Ten Speed Press, 1991, 174-175 pp.
- John Jeavons y Carol Cox, *Lazy-Bed Gardening*. Una publicación de Ecology Action, 2017, 103 pp.

## Cerrando los ciclos de los nutrientes con el reciclaje de los desechos humanos

En promedio, la cantidad anual de desechos humanos que cada uno de nosotros produce contiene 4.67 kg de nitrógeno (3.67 kg en nuestra orina, 0.99 kg en nuestro excremento), 1.5 kg de fósforo (0.82 kg en nuestra orina, 0.27 kg en nuestro excremento) y 1.36 kg de calcio (0.82 kg en nuestra orina, 0.54 kg en nuestro excremento)<sup>14</sup>. Hay muchos más nutrientes en los desechos humanos además del nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, pero con el objeto de simplificar este debate acerca del reciclaje de nutrientes, nos limitaremos a estos cuatro importantes nutrientes.

Todos los nutrientes que se encuentran en los desechos humanos vinieron del suelo. Cuando estos desechos se regresan al suelo, la mayor parte del nitrógeno y prácticamente todo el fósforo, potasio y calcio regresan a él. El nitrógeno es uno de los nutrientes que más fácilmente se pierden, se puede perder a través de la filtración, la volatilización y la erosión y se puede regresar a través de los residuos frescos y compostados de las cosechas y también a través de desechos humanos y animales que hayan sido procesados de manera segura. Sin embargo, cuando el nitrógeno regresa al suelo a través de cualquiera de estos métodos parte de este nitrógeno no se queda en él y se filtra y se pierde. La única manera de en realidad agregar nitrógeno al suelo y no solo regresarlo a él es cosechar leguminosas las cuales alojan a los microbios simbióticos que transforman el nitrógeno que se encuentra en el aire del suelo en algo que las plantas puedan usar. El fósforo no se pierde tan fácilmente siempre y cuando el suelo esté protegido de la erosión y si los residuos de las cosechas y los desechos humanos y animales se regresen al suelo. El potasio se puede perder a través de la erosión (al igual que todos los nutrientes) pero también a través de la filtración la cual puede ser minimizada con suficiente materia orgánica (la arcilla en el suelo también minimiza la filtración del potasio). También es importante reconocer que el potasio puede, con relativa facilidad, dejar de ser parte del material de la planta después de que esta es cosechada debido a que el potasio no es parte de la estructura de la planta ya que solo existe en sus fluidos. Por lo tanto, se puede perder algo de potasio durante el proceso de composteo y no regresa al suelo si el composteo no se hace en la parte superior del suelo que está siendo cultivado lo cual capturaría el potasio que deja el material de las plantas en la pila de composta. El calcio es similar al potasio en su ciclo, excepto por el hecho de que este último es parte integral de la estructura de la planta y no escapa fácilmente durante el proceso de composteo.

A diferencia del nitrógeno, el cual no se agrega al suelo a través del material parental del suelo (roca madre o rigolita N. del T.) (a pesar de que se pueden agregar pequeñas cantidades, con el paso del tiempo el material parental de casi todos los suelos contribuye con algo de fósforo, potasio y calcio. Estas añadiduras, causadas por el desgaste del material de las rocas del suelo para producir nutrientes que estén disponibles para las plantas, pueden con frecuencia equilibrar las pequeñas pérdidas típicas que pueden ocurrir a través de la filtración o la erosión, asumiendo que los controles para la erosión están en su lugar, que el nivel de materia orgánica es promedio o elevado y que los residuos de las cosechas regresan al suelo. Por lo tanto, reciclar los desechos humanos y regresarlos al suelo es una parte esencial para retener los nutrientes presentes en el suelo junto con la prevención de la erosión del suelo, el aumento de materia orgánica en el suelo y del intercambio de cationes en el mismo y el regreso de los residuos de las cosechas al suelo en forma de mantillo, composta o desechos compostados de los animales que consumieron los residuos de cosechas. Además, se deben cultivar algunas leguminosas para agregar nitrógeno al suelo para balancear el nivel de nitrógeno que inevitablemente se filtra incluso en los suelos mejor cuidados.

---

<sup>14</sup> Harold B. Gotaas, *Composting: Sanitary Disposal & Reclamation of Organic Wastes, World Health Organization Monograph Series No. 31* (Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud, 1956), p. 35; y Philip L. Altman y Dorothy Dittmer, eds. *The Biology Data Book Vol. 3*, segunda edición (Bethesda, MD: American Societies for Experimental Biology, 1974), pp. 1496-1503. Se muestran los valores promedio, pero las cantidades exactas pueden variar por dos entre individuos debido a las diferencias en alimentación y estilo de vida.

Nota: Las Tablas 1 y 2 y las notas a pie de página 15, 16, 17 y 18 de ediciones anteriores han sido eliminadas porque no eran parte de este debate corregido del reciclaje de los desechos humanos.



*Al reciclar los desechos humanos no se agregan nutrientes al suelo que no estuvieran ya ahí, pero se minimiza la necesidad de comprar fertilizantes para compensar por los nutrientes que se perdieron cuando los desechos no regresaron al suelo.*

Otro factor del reciclaje de desechos humanos es *la eficiencia en el uso del espacio* por parte del método utilizado para cultivar los alimentos consumidos. Si se usa un método que requiere más tierra, entonces será necesario distribuir la misma cantidad de desechos humanos en toda esa área. En el caso de la agricultura tradicional en surcos, a menos que los desechos se apliquen solo en los surcos y no en los espacios entre ellos y siempre y cuando los surcos no cambien de posición es probable que algunos de los nutrientes no regresarán a un lugar que esté disponible para las plantas. Esto no solo disminuye el potencial fertilizante de los desechos humanos, sino que con el paso del tiempo lleva a la acumulación y deficiencia de nutrientes importantes. Los métodos agrícolas que manejan un uso más eficiente del espacio como el Método CULTIVE BIOINTENSIVAMENTE<sup>MR</sup>, maximizan el potencial fertilizante de los desechos humanos y evitan las acumulaciones y deficiencias de nutrientes durante su ciclo del suelo a las plantas, de las plantas a los humanos y de regreso al suelo.

Al regresar los desechos humanos de manera segura al suelo se reciclan los nutrientes que consumimos y regresan al suelo del cual vinieron. Hacer esto permite que dichos nutrientes se usen una y otra vez durante muchos, muchos años siempre y cuando se utilicen métodos agrícolas eficientes y sustentables. Si reciclamos nuestros desechos humanos de manera segura y los regresamos al suelo, básicamente los nutrientes del suelo que son necesarios para producir los alimentos de una persona para un año pueden volver a ser utilizados una y otra vez durante toda la vida de esa persona. Si una persona vive 85 años y nunca recicla sus desechos entonces esa persona estará quitando del suelo la cantidad de nutrientes necesarios para sustentar a 85 personas durante toda su vida.

Tabla 1

**El potencial fertilizante de los desechos humanos**

*Kilos producidos por persona por año<sup>14</sup>*

	<b>Nitrógeno</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Potasio</b>	<b>Calcio</b>
Orina	3.40	0.73	0.73	1.04
Excremento	1.27	0.86	0.36	0.91
Total	4.67	1.59	1.09	1.95

*Rango de Kilos que un huerto necesita por año por cama de 10 metros cuadrados<sup>15</sup>*

<b>Nitrógeno</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Potasio</b>	<b>Calcio</b>
0.05 – 0.23	0.09 – 0.27	0.23 – 0.23	0.09 – 0.36

*Rango de metros cuadrados que la orina y el excremento de una persona pueden fertilizar cada año*

	<b>Nitrógeno</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Potasio</b>	<b>Calcio</b>
Orina	139.35 – 696.77	24.71 – 74.32	29.73 – 99.13	26.66 – 106.84
Excremento	52.03 – 260.13	29.35 – 8.83	14.86 – 49.52	23.23 – 92.90
Total	191.38 – 957	54.07 – 162.58	44.59 – 148.64	49.89 – 199.74
Camas	20.6 a 103	5.8 a 17.5	4.8 a 16	5.4 a 21.5

Tabla 2

**Área aproximada necesaria con rendimientos biointensivos para cultivar...**

<b>Rendimientos</b>	Una dieta completa para una persona	Una dieta completa para una persona – y mantener la fertilidad del suelo del área de manera sustentable al producir suficiente humus para el área con base en un sistema cerrado (se describe en el Capítulo 2)
<b>Iniciales/básicos</b>	371.61 m <sup>2</sup> (40 camas)	743.22 m <sup>2</sup> (80 camas)
<b>Intermedios</b>	185.80 m <sup>2</sup> (20 camas)	371.61 m <sup>2</sup> (40 camas)
<b>Avanzados</b>	92.90 m <sup>2</sup> (10 camas)	185.81 m <sup>2</sup> (20 camas)

<sup>14</sup> Harold B. Gotaas, *Composting: Sanitary Disposal & Reclamation of Organic Wastes, World Health Organization Monograph Series No. 31* (Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud, 1956), p. 35; y Philip L. Altman y Dorothy Dittmer eds., *The Biology Data Book Vol. 3*, segunda edición (Bethesda, MD: American Societies for Experimental Biology, 1974), pp. 1496-1503. Las cantidades exactas de minerales en la orina y el excremento humano pueden variar por más de dos entre individuos debido a las diferencias en su alimentación y estilos de vida. Las cifras arriba mencionadas están basadas en las cantidades promedio de minerales en la orina y excremento humanos.

<sup>15</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action, p. 82. Adaptado a partir de La Motte Instrucciones para los análisis de suelo de 1978. Este rango es una generalización amplia. La cantidad exacta necesaria depende de la condición del suelo. Vea el Apéndice C: Debates Posteriores #1 y #3.

*Notas para la Tabla 2:* Uno de los requisitos nutritivos más difíciles de cultivar en un espacio pequeño<sup>16</sup>, en general, son las calorías. Una vez que se cumple con los requisitos calóricos también se cumplirá con los requisitos proteínicos de esa persona.<sup>17</sup> Todas las vitaminas y minerales que necesita una persona al año pueden ser cultivados en una sola cama manejada Biointensivamente.<sup>18</sup> Debido a que los requisitos calóricos de una persona son los más difíciles de cultivar en un área pequeña, se discutirá hasta qué punto se cumple con estos requisitos con cada uno de los distintos sistemas de cultivo descritos en este libro.

---

<sup>16</sup> David Duhon, *Un Círculo* (Willits, CA: Ecology Action, 1985), p. 32.

<sup>17</sup> Excepciones a esta regla general son las dietas que consisten en solo uno o quizá dos productos principales para obtener calorías.

<sup>18</sup> Basado en datos de rendimientos reales producidos en el campo presentados por John Jeavons en su libro: *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action, pp. 107 y 141-185

## Capítulo 2

### **Las cuatro metas del reciclaje de desechos humanos**

- 1) Purificación
- 2) Producción de suficiente humus
- 3) Retorno de los minerales
- 4) Aplicación correcta del nitrógeno

Para que cualquier método de cultivo de alimentos sea sustentable, los desechos humanos deben regresar al suelo y los alimentos deben ser producidos de modo que se logren estas cuatro metas. Las metas han sido enumeradas en orden de importancia, pero todas deben ser logradas si queremos que el suelo permanezca fértil.

#### Meta #1

##### Purificación de los desechos humanos

El excremento humano en general contiene más patógenos humanos que la orina. Los patógenos son formas de vida extremadamente pequeñas tales como las bacterias, virus y gusanos parásitos que causan cólera, tifoidea, hepatitis y muchas otras enfermedades cuando viven dentro del cuerpo humano. La mayoría de los patógenos no pueden ser removidos a través de cualquier método de filtración o cernido. Los siguientes agentes pueden ser utilizados para destruir patógenos:

- Calor
- Desecación
- Falta de aire
- Competencia / consumo por parte de otros organismos
- Tiempo fuera del cuerpo humano
- Sustancias químicas

Aunque lo ideal es destruir el 100% de la población de patógenos antes de que los desechos humanos sean procesados y regresados al suelo en el que se cultivarán alimentos, un poco menos del 100% puede ser aceptable dependiendo del método que se use para regresar los desechos procesados al suelo, la resistencia de la persona que maneja los desechos procesados, la habilidad de los patógenos para sobrevivir y multiplicarse en el suelo y el número de patógenos necesarios para causar enfermedades.<sup>19</sup> *Se puede determinar un porcentaje real solo a través de pruebas científicas exhaustivas de los desechos procesados, un procedimiento que en general no está disponible para la mayoría de las personas en el mundo. En los últimos capítulos acerca del reciclaje de la orina y el excremento humanos, se proporciona el criterio aceptado y aprobado científicamente que debe cumplirse antes de que los desechos procesados puedan ser considerados seguros para manejarlos y agregarlos al suelo en el que se cultivarán alimentos. (Los desechos de los perros y gatos domésticos podrían contener patógenos humanos y deben ser igualmente tratados para cumplir con los mismos requisitos de purificación con los que deben cumplir los desechos humanos antes de ser agregados al suelo en el que se cultivarán alimentos para las personas).*

---

<sup>19</sup> R. G. Feachem, y otros, *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage [Grey water] Management – A State of the Art Review* (Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981), pp. 33-39.

Con frecuencia se supone que los desechos de una persona que come una dieta vegetariana (que incluye huevos y productos lácteos), una dieta vegetariana estricta (que no incluye ningún tipo de producto animal) o una dieta de alimentos crudos (que puede o no ser vegetariana pero que no incluye alimentos cocinados) contienen menos patógenos que los desechos de una persona que come una dieta estadounidense promedio y por lo tanto no necesitan ser sometidos al mismo proceso riguroso de purificación. Aunque puede haber muchos beneficios derivados de consumir algunas de las dietas mencionadas anteriormente es poco probable que uno de esos beneficios sea la producción de orina y excremento “limpios”. Es esencial que se realice estrictamente la purificación de todos los desechos antes de agregarlos al suelo en el que se cultivarán alimentos (sin importar el tipo de dieta de la persona que los produjo) para evitar poner en riesgo su salud, la de su familia, la de su comunidad y la del suelo.

Si no se utilizan ninguno de los agentes mencionados anteriormente para destruir los patógenos que se encuentran en los desechos humanos, agregarlos al suelo en el que se cultivarán alimentos para las personas sin procesarlos es una manera segura de esparcir enfermedades. A pesar de que la orina y el excremento humanos representan un tercio de los fertilizantes en China y de que han sido utilizados durante muchos siglos para fertilizar las tierras de labranza de ese país, con frecuencia son aplicados cuando están  *frescos*. Como resultado de eso, muchas enfermedades que se tramiten a través de esos desechos son comunes en China. Las personas de la localidad pueden adquirir inmunidad o tolerancia a algunos de los patógenos, pero muchas de las enfermedades transmitidas a través de los desechos humanos causan debilitación severa e incluso la muerte.<sup>20</sup>

En este libro se describen dos métodos, “Árboles” y “Granos y Plantas Perennes”, en los cuales se agrega al suelo estiércol humano fresco que se purifica con el paso del tiempo y por la acción de los organismos que viven en ese suelo. Aunque con el tiempo se pueda trabajar de manera segura con ese suelo, es posible que los alimentos producidos aún no sean seguros para ser consumidos. Se ha demostrado que las plantas asimilan los nutrientes que necesitan absorbiendo directamente moléculas grandes a través de un proceso llamado endocitosis.<sup>21</sup> Sin embargo, de acuerdo al Dr. Lawrence Fowke—biólogo celular y profesor del Departamento de Biología de la Universidad de Saskatchewan que ha investigado ampliamente las vías endocíticas de las plantas—y al Dr. Lewis Feldman—profesor en el Departamento de Biología de las Plantas en la Universidad de California, Berkeley—es poco probable que los organismos que son tan grandes como los patógenos o virus humanos más pequeños puedan pasar a través de las paredes celulares de las plantas.<sup>22</sup>

Es probable que tampoco sea seguro comer las cosechas si los desechos humanos han sido mezclados con metales pesados y otras toxinas antes de ser aplicados al suelo. Los cultivos pueden absorber metales pesados y esto hace que esos alimentos sean venenosos para las personas. Se ha logrado progreso en lo que se refiere a purificar los desechos humanos de estos contaminantes a través del uso de plantas de tratamiento de aguas, aunque se necesita llevar a cabo más investigación antes de que estos sistemas sean enteramente sustentables (vea las páginas 52-57).

Aun cuando los desechos humanos sean purificados de sus patógenos y de toxinas industriales o caseras, el Dr. Rudolf Steiner—científico austriaco, filósofo y místico creador del método biodinámico de cultivo—sentía que aún así los desechos humanos no debían ser utilizados directamente para fertilizar cultivos destinados al consumo humano. Debido a que la fuente de información de Steiner acerca de los desechos humanos era su intuición, en la actualidad no hay disponibles pruebas científicas que avalen sus declaraciones. A pesar de que se ha comprobado

---

<sup>20</sup> H. I. Shuval, y otros., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol 10: Night-Soil Composting* (Washington, D.C.; Banco Mundial, 1981), p. i.

<sup>21</sup> Dr. Lawrence C. Fowke, y otros., “Ultrastructure of the endocytotic pathway in plants”, *Endocytosis, Exocytosis and Vesicle Travel in Plants*, ed. C. R. Hawes, y otros., Society for Experimental Biology Seminar Series 45 (New York: Cambridge University Press, 1991); más referencias, fotografías de microscopio por electrones y una explicación detallada a favor del proceso endocítico en las plantas en Bargyla y Gylver Rateaver, *The Organic Method Primer*, Edición Especial Actualizada (San Diego, CA: The Rateavers, 1993), pp. 21-27.

<sup>22</sup> Dr. Lawrence C. Fowke, comunicado personal, noviembre 24, 1993; y Dr. Lewis Feldman, comunicado personal, diciembre 13, 1993.

que muchas de las afirmaciones de Steiner son certeras, esta publicación considera que la orina humana es valiosa y utilizable en suelos en los que se cultivarán alimentos a pesar de la advertencia de Steiner. Además, el criterio de Steiner en cuanto a la purificación del estiércol humano no se incluye en el criterio con el que deben cumplir dichos desechos—de acuerdo a este libro—antes de que pueda ser aplicado de manera segura al suelo en el que se cultivarán alimentos para consumo humano.<sup>23</sup>

Cualquier sistema para procesar desechos humanos debe prevenir la presencia de moscas, mosquitos y otros portadores (animales, con frecuencia insectos que transmiten infecciones de persona en persona o de animal a persona) en los desechos para prevenir la propagación de enfermedades. Por lo tanto, en todos los sistemas, el contenedor en el cual se almacenan los desechos humanos debe estar sellado para que los insectos no puedan entrar. Cuando esos desechos se compostan es necesario crear una barrera entre los vectores y la pila de composta, esto está descrito con más detalle en la sección “Compostando la Orina Humana”.

El proceso completo para regresar los desechos humanos al suelo, incluyendo su recolección y transporte, debe hacerse de manera higiénica con el propósito de prevenir la transmisión de enfermedades ya que los patógenos que se encuentran en los desperdicios de una persona pueden entrar en la boca de otra persona *antes*, y también después de que los desechos sean agregados al suelo. Aunque el mejorar las condiciones sanitarias dentro de una comunidad es causa de una disminución en la incidencia de enfermedades transmitidas por los desechos humanos, también esto es causa de algunas repercusiones graves y sorprendentes. Por ejemplo, en una comunidad con malas condiciones de salubridad casi todos sus miembros están expuestos a ciertas enfermedades en su primera infancia y adquieren inmunidad contra estos patógenos. Con condiciones sanitarias mejoradas es probable que menos personas adquieran inmunidad y quizá sufran efectos más graves si se infectan más adelante en sus vidas. Ciertamente el tener malas condiciones de salubridad no es la mejor manera de adquirir inmunidad y de asegurar la salud de la comunidad, pero es importante reconocer y sopesar todos los posibles efectos que podría traer un cambio en los servicios sanitarios.

## Meta #2

### Producción de suficiente humus a partir de los nutrientes en los desechos humanos para reponer su pérdida del suelo

Como se describió anteriormente, el humus es esencial para la fertilidad del suelo. Debe de generarse suficiente humus con los nutrientes que se encuentran en la orina y el excremento humanos para que se pueda agregar al suelo y de ese modo reponer completamente su presencia en el suelo y así mantener su fertilidad.

Podría parecer que, si procesamos correctamente nuestros desechos y los regresamos al suelo, todos los minerales y el humus que se perdieron del suelo cuando cultivamos nuestros alimentos se repondrían. Aunque esto puede ser cierto en lo que a minerales se refiere, no es cierto si hablamos del humus.

El carbón y el nitrógeno son esenciales para la producción de humus. Si todo el carbón y nitrógeno que consumimos se quedaran en nuestros desechos, entonces quizá podríamos ser capaces de generar suficiente humus para reponer por completo su presencia en el suelo con el simple hecho de permitir que nuestros desechos se descompusieran y se transformaran en humus. *Pero, respiramos* y debido a que respiramos, la mayor parte del carbón en los alimentos no aparece en nuestros desechos. Más bien escapa al aire en forma de dióxido de carbono cada vez que exhalamos. Es más, los organismos en el suelo y en la pila de composta, así como las raíces de las plantas también exhalan dióxido de carbono. Así que, de manera continua, el carbón en forma de dióxido de carbono se pierde del suelo.

---

<sup>23</sup> De acuerdo con Steiner, el camino a través del cual deben viajar los nutrientes en el estiércol humano es: humano – planta – animal – planta – humano”. En otras palabras, el estiércol humano debe ser utilizado para fertilizar el suelo en el que se cultivan alimentos para animales.

Si queremos que un sistema sea sustentable, lo que se pierde del suelo debe ser repuesto. El modo en el que este carbón puede ser recuperado y regresado al suelo es cultivando plantas. Las plantas absorben el dióxido de carbono del aire durante el proceso de la fotosíntesis e incorporan parte del carbón en sus tejidos.

Cuando las plantas son usadas compostadas, parte del carbón que se encuentra en ellas se transforma en humus (parte también regresa al aire como dióxido de carbono por las exhalaciones de los organismos en la pila de composta, como se mencionó anteriormente).

Las plantas que son receptáculos de carbón especialmente productivos son el trigo, el centeno, el maíz y el amaranto entre otros. Las plantas carbonosas por lo general son altas y tienen tallos rígidos cuando alcanzan la madurez. Observe las plantas silvestres o las que usted cultiva para descubrir cuáles podrían ser buenas candidatas para ser material carbonoso para composta

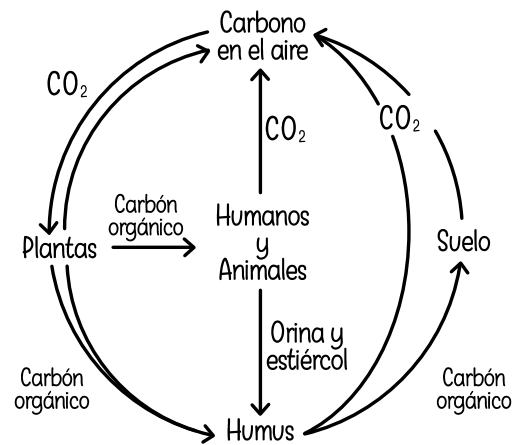
---

(Continúa la nota 23) Entonces el estiércol de estos animales podría ser utilizado para cultivar alimentos para consumo humano. (Rudolf Steiner, *Spiritual Foundations for the Renewal of Agriculture: A Course of Lectures Held at Koberwitz, Silesia, junio 7 a junio 16, 1924* [Kimberton, PA: Bio-Dynamic Farming and Gardening Association, 1993], p.250. Si el estiércol humano no recorre este camino (o quizá un camino más complejo si no hay animales de granja disponibles) y es utilizado directamente para fertilizar cultivos para consumo humano, Steiner creía que las generaciones de aquellos que consumían esos alimentos podrían sufrir daño cerebral y desórdenes nerviosos. Un ejemplo de un animal que naturalmente evita comer cultivos fertilizados con su propio estiércol es la vaca. Aunque el pasto fertilizado con el estiércol de la vaca pueda ser más verde, la vaca lo evitará. (Dr. William A. Albrecht, *The Albrecht Papers*, Charles Walters, Jr., ed. [Raytown, Missouri: Acres U.S.A., 1975], p. 170). La razón por la cual las vacas evitan esos cultivos podría ser en parte debido a que el pasto contiene niveles tóxicos de nitrato.

De acuerdo con Steiner, los fluidos de las tazas de baño [los cuales incluyen la orina humana] nunca deben ser utilizados como fertilizantes, sin importar que tan procesados o maduros estén. (Dr. Rudolf Steiner, *Agriculture, "Supplement"* [London: Bio-Dynamic Agriculture, 1974], p. 167, y Craig Siska, comunicado personal, septiembre 23, 1993).

## Ilustración 1

### El Ciclo simplificado del carbono



**Las plantas más importantes que podemos cultivar con los nutrientes que se encuentran en los desechos humanos son las plantas carbonosas.** Con el propósito de lograr la *Meta #2, la producción de suficiente humus a partir de los nutrientes en los desechos humanos*, necesitamos producir plantas carbonosas que puedan combinarse con los desechos humanos ricos en nitrógeno de modo que puedan descomponerse juntos y producir suficiente humus para reponer por completo el humus que se perdió cuando se cultivaron alimentos. *Si no cultivamos carbón, el suelo del cual dependen nuestras vidas dejará de tener materia orgánica y humus.* Y como consecuencia, el suelo será menos capaz de retener nutrientes y de sustentar una población saludable de microorganismos y será más vulnerable a la erosión por viento y por agua. Si se permite que la salud global del suelo se deteriore, el suelo producirá alimentos menos saludables y nosotros que dependemos de la vitalidad del suelo seremos menos saludables también.

De hecho, la disminución de la materia orgánica en los suelos alrededor del mundo sucede y seguirá sucediendo. Esto sucede especialmente en suelos de granjas en las que se usan las técnicas propias de la agricultura tradicional estadounidense—con frecuencia esos suelos tienen un nivel de materia orgánica de tan solo 0.5 a 1% (la meta para que el suelo y las plantas tengan una salud óptima es 4 a 6%). Durante los últimos 100 años, se ha perdido el 50% de la materia orgánica que se encontraba originalmente en el suelo de la región central de los Estados Unidos.<sup>24</sup>

La reducción de los niveles de materia orgánica fueron en gran parte la causa del trágico Cuenco de Polvo en los Estados Unidos en la década de los años 30. La pérdida evitable de suelo a través de la erosión que resulta de la falta de materia orgánica en el suelo sigue sucediendo en la actualidad. Es alarmante darse cuenta de que la cantidad de suelo que se pierde anualmente debido a la erosión en los Estados Unidos es aproximadamente *2.72 kg por cada 454 g de alimento producido*.<sup>25</sup> Un aproximado estableció que para 1989 los Estados Unidos habría perdido 75% de su capa superior de suelo agrícola.<sup>26</sup>

<sup>24</sup> David Pimentel, et al., “Land Degradation: Effects on Food and Energy Resources”, *Science*, octubre 8, 1976, p. 150; y Barry Commoner, “Nature Under Attack”, *Columbia Forum*, Primavera 1978, Vol. 11, No. 1.

<sup>25</sup> *Tri-City Herald*, Washington State, julio 14, 1994, con base en datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de 1992 publicados en 1994 con aclaraciones hechas por John Jeavons y Ecology Action.

<sup>26</sup> Robin Hur, “Six Inches From Starvation; How and Why America’s Topsoil is Disappearing”, *Vegetarian Times*, marzo 1985, pp. 45-47.



Una de las razones principales por las que se pierde materia orgánica es que no se han producido o agregado al suelo de las tierras de labranza suficientes cantidades de composta curada porque por el tamaño de la granja esto es económicamente inviable. Para cultivar todos nuestros alimentos, ingresos y composta con las técnicas del Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable solo necesitamos aproximadamente una cuarta parte de la tierra que se necesita si se utilizan las técnicas de la agricultura mecanizada que utiliza sustancias químicas.<sup>27</sup> Cuando necesitamos solo una cuarta parte de tierra podemos darle el cuidado y la atención que necesita para que se mantenga fértil de manera sustentable. Con granjas pequeñas (“mini-granjas”) que producen cultivos carbonosos y suficiente composta curada, la cual es **esencial para la revitalización y el manejo sustentable de la fertilidad del suelo, esto es económicamente viable. Además, si solo se necesita una cuarta parte de la tierra, las otras tres cuartas partes pueden dejarse o regresar a su estado natural y de ese modo preservaremos la diversidad animal y de plantas nativas de ese terreno.**

*¿Cuántas plantas carbonosas debemos cultivar para asegurar que se regrese suficiente carbón (en forma de composta curada y humus) al suelo para mantener y lo que es más mejorar su salud?*

La cantidad exacta de material carbonoso que se debe cultivar para reciclar la orina y el excremento humanos se dará en cada una de las descripciones de los diferentes métodos para reciclar que se incluyen en este libro. Sin embargo, una regla general para asegurar que nuestras granjas sean capaces de producir suficiente composta para ellas mismas para mantener la fertilidad del suelo, ya sea que estemos reciclando desechos humanos o no es:

**Se deben sembrar cultivos carbonosos llamados “cultivos de composta” en el 70% del área de nuestros huertos y granjas si queremos mantener la fertilidad del suelo de manera sustentable.<sup>28</sup>**

---

<sup>27</sup> Los rendimientos Biointensivos son en general 2 a 6 veces mayores a aquellos que son producidos con técnicas agrícolas mecanizadas y con sustancias químicas (con base en rendimientos obtenidos en el campo presentados por John Jeavons en *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action, pp. 71 y 141-185).

deben usar alrededor del 70% del área de la granja para sembrar cultivos carbonosos para compostar y generar humus con el propósito de mejorar y mantener la fertilidad del suelo.

<sup>28</sup> Consulte el Apéndice B: Cálculos Detallados #2 para ver una descripción de cómo calcular el porcentaje que se usa en una granja para sembrar cultivos de composta, alimentos e ingresos.

Se debe utilizar el 70% de la granja para sembrar cultivos de composta para mantener la fertilidad del suelo. Del 30% del área restante, en 20% aproximadamente se pueden sembrar cultivos no carbonosos para las personas de la granja (y cuya orina y excremento pueden ser procesados – quizá compostados con los cultivos carbonosos cultivados en el 70% de la granja – y agregados al suelo en el que se están cultivando sus alimentos) y los productos del 10% del área o menos pueden ser comercializados. La razón por la cual se comercializa una cantidad tan pequeña de los productos de una granja sustentable es porque en general ninguno de los nutrientes contenidos en esos productos regresará a la granja. Por lo tanto, el área de la granja que se utiliza para mercadeo lentamente perderá minerales. Si los minerales del suelo no son repuestos, con el tiempo el suelo será infértil.

Si se hacen algunos arreglos de modo que todo el excremento y la orina de aquellos que compran y consumen las cosechas de la granja sean procesados y regresen al suelo de esa granja, entonces los minerales del suelo regresarán a él. Sin embargo, la cantidad de carbón en el excremento y en la orina humanos es baja en comparación con la cantidad contenida en los cultivos que fueron consumidos.

*Aún cuando los desechos humanos sean procesados y regresen al suelo de la granja no se puede generar suficiente humus a partir de esos desechos para reponer por completo la cantidad de humus en el suelo. A menos que se utilice un área suficiente de la granja para sembrar cultivos carbonosos que puedan ser compostados para generar humus, con el tiempo el suministro de humus en el suelo podría disminuir a niveles poco saludables. Por lo tanto, aun cuando un agricultor haya dado el importante paso para recuperar los nutrientes en su orina y excremento, aun así él o ella todavía debe utilizar alrededor del 70% de la finca para producir cultivos carbonáceos para compostaje y generación de humus con el fin de mejorar y mantener la fertilidad del suelo.*

Usar el 70% de la granja para la producción de cultivos carbonosos realmente no es tan difícil como parece. Todos los cultivos de granos son excelentes cultivos carbonosos que proveen alimentos para las personas y para el suelo (cuando los residuos de las cosechas se convierten en humus) y en climas templados crecen durante el invierno cuando muy pocos cultivos prosperan. Asumiendo que su año climatológico pueda ser dividido en aproximadamente 6 meses de clima cálido y seis meses de clima frío, si los granos son cultivados durante los 6 meses más fríos del año en toda la granja, ya se estaría utilizando el 50% del tiempo y área de la granja para producir cultivos carbonosos y solo 20% de la granja en los 6 meses más cálidos necesitarían producir cultivos carbonosos como el maíz, amaranto, mijo y quinoa con el objeto de producir suficiente humus para mantener la fertilidad del suelo de la granja.<sup>29</sup> Consulte los Cálculos Detallados #2 para ver dos métodos para determinar el porcentaje de la granja para cultivos de composta, de alimentos y de ingreso.

Mientras los cultivos carbonosos pueden ser comprados o los puede recibir gratis de aquellos que aún no saben de su valor, conforme más y más gente entienda el valor de la composta, será cada vez más difícil obtener estos materiales. Por esta razón, *el paso más importante que puede dar para lograr la Meta #2 es “cultivar” carbón en forma de cultivos carbonosos cuya porción no comestible puede descomponerse para generar humus.*

*“El suelo nocturno [orina y excremento humano]... eran tan valorados (por los agricultores hindúes) que les llamaban sonkhat, es decir, estiércol tan valioso como el oro”.*

*Winin Pereira, Tending the Earth: Traditional, Sustainable Agriculture in India*

---

<sup>29</sup> Vea John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Folleto #14: The Complete 21-Bed Biointensive Mini-Farm* (Willits, CA: Ecology Action, 1987), pp. 4-15 para consultar las derivaciones del 60%, 30% 10% de la guía para la sustentabilidad

Cómo maximizar la producción de humus a partir del carbón que usted cultiva.  
Se comparan la composta aerobia y anaerobia

Una vez que tenemos suficiente material carbonoso y nitrogenado y en las proporciones correctas, ¿cómo hacemos que se convierta en humus? El humus es el “producto” de la descomposición aeróbica (con aire) o anaeróbica (sin aire). Las ventajas y desventajas de cada método se mencionan a continuación:

<i>Ventajas del compostaje aeróbico</i>	<i>Desventajas del compostaje aeróbico</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Se necesita menos tiempo para descomponer la materia orgánica y producir humus</li> <li>2) Las temperaturas deben ser lo suficientemente elevadas para matar a la mayoría de los patógenos humanos (y a las semillas de la maleza) que se pueden generar en el centro de una pila de composta aeróbica</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Se puede perder entre el 40% y el 90% del nitrógeno en el estiércol animal cuando se descompone aeróbicamente<sup>30</sup>. Debido a que el nitrógeno orgánico es esencial para la producción de humus,<sup>31</sup> quizá se produzca menos humus en comparación con el que se produce a través de la descomposición anaeróbica. Sin embargo, agregar suficiente materia orgánica carbonosa al estiércol para incrementar la relación inicial carbono-nitrógeno a aproximadamente 30-1 podría permitir que se retenga hasta el 99.5 del nitrógeno original en la composta curada final (vea nota a pie de página 152 en la página 71)</li> </ol>
<i>Ventajas del compostaje anaeróbico</i>	<i>Desventajas del compostaje anaeróbico</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Solo se pierde del 2% al 10% del nitrógeno que se encuentra en el estiércol animal cuando se descompone anaeróbicamente en un pozo cerrado.<sup>32</sup> Debido a que el nitrógeno orgánico es esencial para la acumulación de humus. Quizá se genere más humus en comparación con el que se produce a través de la descomposición aeróbica</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Quizá resulte difícil encontrar una manera eficaz, sencilla y sustentable que no dependa del plástico para no dejar entrar aire a la pila</li> <li>2) Puede oler mal y atraer a insectos y animales</li> <li>3) Los compuestos que son tóxicos para las plantas se producen a través de la descomposición anaeróbica y pueden quedarse en la composta curada.<sup>33</sup></li> </ol>

<sup>30</sup> J. I. Rodale y personal, *The Complete Book of Composting* (Emmaus, PA: Rodale Books, 1960), p. 63.

<sup>31</sup> Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 44.

<sup>32</sup> J. I. Rodale y personal, *The Complete Book of Composting* (Emmaus, PA: Rodale Books, 1960), p. 63.

<sup>33</sup> David E. Chaney, et al., *Organic Soil Amendments and Fertilizers*, Publication 21505 (Oakland, CA: University of California, 1992), p. 18.

## *¿Cuánto humus debemos generar para considerar que hemos logrado la Meta #2?*

El humus es una sustancia en constante cambio y difícil de definir, lo que hace casi imposible determinar exactamente cuánto humus hay en realidad en la composta curada, cuánto del humus que se agrega al suelo se queda en él y cuánto se pierde anualmente. A pesar de esto, *una meta difícil para personas que cultivan en climas templados es generar suficiente composta curada que sea 50% suelo por volumen de modo que cada cama de cultivo*<sup>34</sup> (una “cama” mide 10 m<sup>2</sup> en toda esta publicación) pueda recibir un mínimo de 0.07 m<sup>3</sup> a 0.09 m<sup>3</sup> (0.07 m<sup>3</sup> si la composta curada se hace, en parte, a partir de estiércol humano como se describe en las páginas 83-93; 0.07 m<sup>3</sup> si está hecha, en parte a partir de orina humana como se describe en las páginas 31-38; y 0.09 metros cúbicos si no está hecha con desechos humanos<sup>35</sup>) y un máximo de 0.23 m<sup>3</sup><sup>36</sup>. Con este rango de aplicación de composta curada se debería lograr la Meta #2 y con el tiempo se debería ser capaz de producir y mantener un nivel de materia orgánica en el suelo de aproximadamente 4% a 6% en la mayoría de los suelos y bajo la mayoría de las condiciones climáticas templadas.

Una de las propiedades del humus, como se describe en la página 4, es su habilidad para prevenir que los nutrientes esenciales para que la planta crezca sanamente se filtren. Cuando el nivel de materia orgánica es menor a 4%, con el tiempo algunos de estos nutrientes benéficos se filtrarán más fácilmente y el suelo poco a poco perderá su fertilidad. Así que aun cuando todos los minerales presentes en los desechos humanos sean regresados al suelo quizá no estén disponibles para los cultivos del siguiente año si no hay suficiente humus en el suelo para que los retenga y evite que se filtren. Para mantener la fertilidad del suelo deben cumplirse las cuatro metas del reciclaje de los desechos humanos, incluyendo la creación de suficiente humus a través de la siembra de cultivos adicionales de carbón. En otras palabras, lograr la Meta #3, el regreso de los minerales en los desechos humanos al suelo que se utiliza para producir alimentos y que es de lo que se hablará a continuación, depende en parte de que se logre la Meta #2 que es la producción de suficiente humus.

*En los trópicos, en los que por lo general hay temperaturas más elevadas en el suelo y probablemente humedad, los organismos del suelo están mucho más activos y consumen la materia orgánica que se encuentra en el mismo mucho más rápidamente y esto hace que sea más difícil mantener un nivel de materia orgánica en el suelo por arriba del 3%. En los trópicos se produce más biomasa vegetal lo que permite al agricultor producir más composta curada pero la cantidad de materia orgánica que se pierde por día también es mayor. En general, la meta del agricultor debe ser producir suficiente composta curada en la granja para que se puedan aplicar 0.23 m<sup>3</sup> de composta curada (eso es 50% de suelo por volumen) por cada 10 m<sup>2</sup> cada temporada de cultivo. Para evitar que los nutrientes del suelo se filtren es esencial que se siembren plantas siempre que sea posible para que ellas tomen los nutrientes que de otra manera se perderían.*<sup>37</sup>

---

<sup>34</sup> En el Mini-Cultivo Biointensivo los cultivos se siembran en camas. Con excepción de los pasillos estrechos que se encuentran entre las camas en toda la granja se siembran cultivos para obtener composta, alimentos e ingresos y el área expuesta al sol que puede llenarse de maleza es muy pequeña. Cuando se siembra en hileras hay mucha más exposición y ese suelo expuesto se llena de maleza y es vulnerable a la erosión, compactación, a la oxidación de humus, a la sequía y a la pérdida de nutrientes.

<sup>35</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #1

<sup>36</sup> Vea el Apéndice C: Debates Posteriores #1

<sup>37</sup> Para más información acerca de la composta en climas tropicales vea Overseas Members, *Composting for the Tropics* (England: Henry Doubleday Research Association, 1963). Esta publicación está siendo reimpressa y puesta a la venta por Ecology Action gracias al amable permiso de la Henry Doubleday Research Association.

### Meta #3

#### Regreso de los nutrientes en los desechos humanos al suelo en el que se cosechan alimentos

Con el método moderno para tratar los desechos humanos que consume recursos, energía y capital todos los minerales extraídos del suelo por las plantas y consumidos por los retretes que usan los humanos son enviados al sistema de aguas residuales y enterrados en el fondo de un lugar en el que se entierran los residuos o en el fondo del mar. Esos minerales no regresan al suelo. Con el propósito de mantener la fertilidad de los suelos que nos alimentan de manera sustentable y sin depender tanto de recursos no renovables debemos regresar los minerales que se encuentran en nuestros desechos a esos suelos.

Puede parecer extraño que regresar los minerales que se encuentran en los desechos humanos sea la tercera meta más importante de las cuatro que se mencionaron anteriormente. Esto no significa que regresar los minerales contenidos en nuestros desechos no sea importante solo que es menos importante que las primeras dos metas. En orden de importancia, el suelo necesita aire, agua, humus y minerales para ser fértil. Los minerales se incluyen al final no solo porque son los menos importantes dentro del grupo de los cuatro elementos necesarios para tener un suelo saludable sino también porque hay muchos minerales en el suelo que son inutilizables para las plantas. Están unidos a otros minerales y las raíces de las plantas no los pueden absorber. Algunos de estos minerales pueden estar disponibles cuando son consumidos y excretados por los organismos del suelo (como las lombrices) y/o cuando hay un cambio en el pH del suelo (nivel de acidez). Ambos eventos pueden ser fomentados cuando se agrega humus al suelo. De modo que algunos minerales que no están disponibles pueden estarlo lenta pero continuamente a medida que el suelo sea más saludable. Aún así, si el suelo carece de uno o más de los minerales esenciales para el crecimiento de la planta, por lo general la productividad del suelo se ve afectada de modo que se producen menos cosechas y menos carbón. En la actualidad los suelos de todo el mundo están empobrecidos y carecen de muchos minerales, especialmente de los minerales traza que son esenciales para la salud de la planta y del suelo pero que se necesitan en cantidades muy pequeñas. Esta es una razón teorizada por John Hamaker, científico que ha estudiado los cambios periódicos en los patrones climáticos del mundo y en la composición de los suelos, que han causado una disminución en la biomasa del mundo y un incremento en los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera.<sup>38</sup> Regresar al suelo que nos alimenta los minerales contenidos en nuestros desechos es una manera de empezar a revertir estas tendencias peligrosas.

*Si al suelo le falta algún mineral, la comida que produce ese suelo carecerá de ese mineral.* Si solo consumimos las cosechas producidas por ese suelo, nosotros y nuestros desechos también carecerán de ese mineral. Cuando agregamos nuestros desechos al suelo que nos alimenta o agregamos composta curada generada a partir de las plantas que cultivamos, **ni nuestros desechos ni la composta curada contendrán ningún mineral que el suelo no haya tenido en un principio y el suelo seguirá careciendo de esos minerales.**

Por lo tanto, el suelo primero debe tener la cantidad y balance de minerales apropiados antes de que los desechos humanos y la composta curada generada a partir de las cosechas que nosotros sembramos puedan ser los únicos fertilizantes utilizados para mantener el nivel de salud del suelo a un nivel máximo. Con el propósito de balancear los minerales del suelo, haga que un laboratorio acreditado<sup>39</sup> analice su suelo y le aconseje acerca del tipo y cantidad de fertilizantes que debe agregar al suelo.<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> John D. Hamaker y Donald A. Weaver, *The Survival of Civilization* (Potterville, MI: Hamaker-Weaver Publishers, 1982).

<sup>39</sup> Timberleaf Farm es un excelente laboratorio. Se encuentra en 5569 State Street, Albany, Ohio, 45710. El laboratorio es dirigido de manera independiente por Steve Rioch quien podrá recomendar algunos fertilizantes orgánicos para lograr un balance en el suelo y mejorar enormemente su productividad y salud.

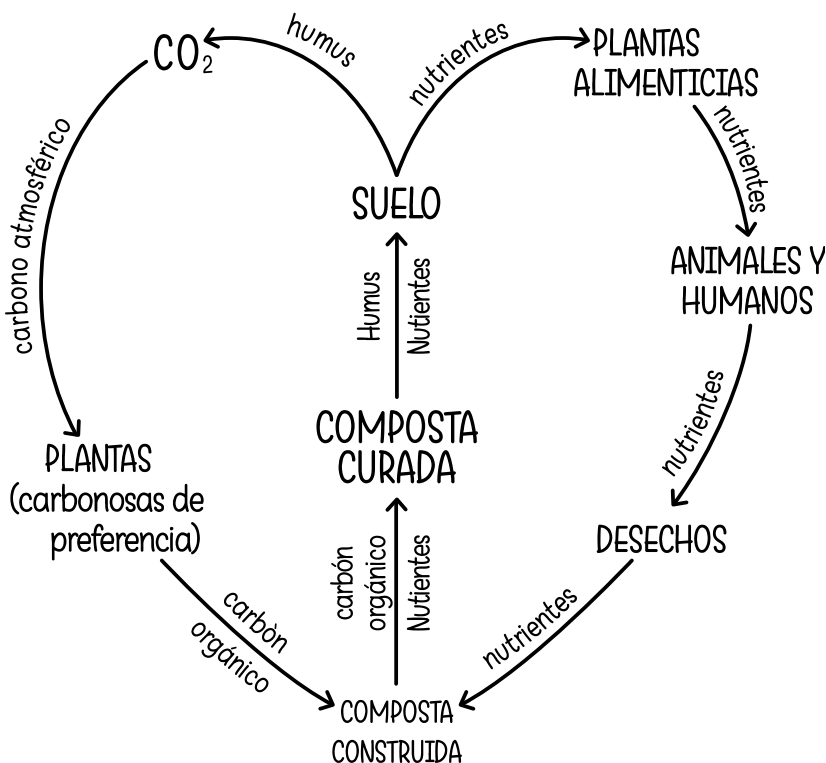
<sup>40</sup> Si resultara necesario agregar fertilizantes orgánicos o enmiendas para ayudar a balancear los minerales en el suelo, estos deben agregarse a la superficie del suelo antes de agregar la composta curada. Después de que tanto los fertilizantes como la composta hayan sido aplicados uniformemente sobre la superficie de la cama, mézclelos en los primeros 5 a 82 cm de la tierra con un bioldo. Los fertilizantes deben aplicarse únicamente después de que el suelo haya sido analizado rigurosamente y solo debe aplicarse la cantidad de cada fertilizante por cada 30.48 metros que haya sido recomendada por un científico del suelo bien informado. *Si la muestra contiene tierra enriquecida con estiércol humano que no fue procesado primero (y por lo tanto podría contener patógenos humanos), debe haber una advertencia escrita en la bolsa de muestra y en la información que se envió al centro de análisis de suelo tal y como se describe en las secciones "Trees" y "Grains and Perennials" en las páginas 74-82 y 83-109 respectivamente.* Si no hay un análisis de suelo disponible o los minerales en el suelo están balanceados, solo agregue composta curada cada año y mézclela en los primeros 5 a 82 cm de la tierra. Si el suelo ha sido enriquecido con desechos humanos y podría contener patógenos, el bioldo que se usa para mezclar la composta debe usarse para ese propósito únicamente y no usarse para nada más.

La Tabla 1 de la página 12 muestra las cantidades promedio de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio presentes en la orina y el excremento humanos y describe su potencial como fertilizante asumiendo que todos los nutrientes necesarios para el buen desarrollo de una planta en su clima y suelo estén presentes en el suelo y en las cantidades correctas y que todos los nutrientes que originalmente se encontraban en los desechos regresen al suelo. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno que se agrega finalmente y permanece en el suelo puede ser considerablemente menor que la cantidad que se encuentra en los desechos frescos, como se sugiere en la comparación antes mencionada de la descomposición aerobia y la anaerobia del estiércol de animales. Aun así, la cantidad de nitrógeno que se queda en la composta preparada de manera aerobia puede ser más que suficiente para cultivar todos los alimentos de una persona más su composta e ingresos durante un año.

Lograr la Meta #2 y la Meta #3 es interdependiente. Se debe lograr la Meta #2 para que haya suficiente humus en el suelo y así evitar que los minerales que regresan al suelo en los desechos humanos se filtren. Para lograr la Meta #2 todos los minerales y nutrientes contenidos en los desechos humanos deben ser conservados para que puedan convertirse en humus. Por lo tanto, si no se logra cualquiera de esas metas probablemente la otra meta no se podrá lograr por completo.

Ilustración 2

**El ciclo del humus y los nutrientes**



## Meta #4

### Aplicación correcta del nitrógeno

Cuando regresamos los desechos humanos al suelo hay que hacerlo de modo que con esa cantidad no agreguemos demasiado nitrógeno. Hay cinco posibles efectos perjudiciales para la salud del suelo, de las plantas, de los animales y de las personas si se agrega demasiado nitrógeno al suelo:

#### 1) Toxicidad por nitratos en las cosechas

Agregar cantidades excesivas de nitrógeno en forma altamente soluble y químicamente activa, como es el caso de los fertilizantes químicos comunes de nitrógeno, alimenta eficazmente a las plantas por la fuerza y hace que las plantas tomen más nitrógeno del que pueden convertir en proteína. El nitrógeno excedente en las plantas acumula ya sea aminoácidos libres que hacen que las plantas sean susceptibles a insectos y enfermedades<sup>41</sup>, o nitratos o nitritos—ambos son veneno mortal para los animales y las personas aún en dosis pequeñas. Mientras que el riesgo es mayor cuando se utilizan fertilizantes químicos de nitrógeno, se puede presentar el mismo problema cuando se agregan al suelo cantidades excesivas de estiércol crudo o parcialmente descompuesto ya que el estiércol contiene nitrógeno inorgánico (que se convierte más rápidamente en nitratos y nitritos) y nitrógeno orgánico. Esta puede ser la razón por la que el ganado y otros animales no comen el pasto que crece alrededor de su estiércol a pesar de que es mucho más verde que el pasto que ellos prefieren.<sup>42</sup>

#### 2) Nitrato en el agua del subsuelo

Cuando el suelo recibe nitrógeno en exceso, mucho de ese nitrógeno que no es asimilado por las plantas se filtra al agua del subsuelo en forma de nitratos. El nitrato, ya sea que esté en las plantas que comemos o en el agua que bebemos es extremadamente tóxico y mortal.<sup>43</sup>

#### 3 Acumulación en los cultivos

Con aplicaciones excesivas de nitrógeno las hojas de las plantas toman un color verde oscuro y se presenta un crecimiento excesivo de vegetación. Esto causa que los tallos de las plantas sean débiles y entonces la planta tiende a caerse con la lluvia y/o el viento. En el caso de los granos esto causa que el rendimiento se reduzca gravemente.<sup>44</sup>

“Los fertilizantes que contienen amoníaco y aquellos que lo crean cuando reaccionan en el suelo tienen una tendencia a aumentar la acidez en el suelo. La nitrificación [proceso a través del cual el amoníaco se convierte en nitritos y nitratos en presencia del aire] libera iones de hidrógeno que los coloides del suelo absorben”. Un incremento de los iones de hidrógeno hace que el suelo sea más ácido (el nivel de pH es menor)<sup>45</sup> lo que puede causar que algunos minerales no estén disponibles para las plantas, aumentar la velocidad a la cual se destruye el humus del suelo e inhibir el crecimiento de algunos cultivos.<sup>46</sup>

---

<sup>41</sup> Frank von Steensel. “Healthy Plants Don’t Get Sick”, *Soil & Health*, Diciembre/Enero 1993-94, pp. 18-19, originalmente de Francis Chaboussou, *Santé des Cultures, une Révolution Agronomique* (Paris: Flammarion, La Maison, 1985).

<sup>42</sup> Dr. William A. Albrecht, *The Albrecht Papers*, Charles Walters, Jr., ed. (Raytown, Missouri: Acres U.S.A., 1975), p. 170.

<sup>43</sup> Judith D. Soule y Jon K. Piper, *Farming in Nature’s Image* (Covelo, CA: Island Press, 1992), p. 33.

<sup>44</sup> Nyle C. Brady, *The Nature and Properties of Soil*, novena edición. (New York: Mcmillan Publishing Company, 1984), pp. 284-285.

<sup>45</sup> Nyle C. Brady, *The Nature and Properties of Soil*, novena edición. (New York: Mcmillan Publishing Company, 1984), p. 311. Vea también el Apéndice C: Debates Posteriores #3 para más información acerca de la pérdida cada vez mayor de humus en el suelo por la acidificación.

<sup>46</sup> Nyle C. Brady, *The Nature and Properties of Soil*, novena edición. (New York: Mcmillan Publishing Company, 1984), p. 206.

#### 4) Acidificación del suelo

#### 5) Pérdida excesiva del humus del suelo

Hay muchas opiniones diferentes sobre la existencia y posibilidad de este peligro y es necesario investigar más antes de llegar a una conclusión. Hay resúmenes de los diferentes puntos de vista que el autor ha encontrado en el Apéndice C: Debates Posteriores #3

El grado al cual una aplicación de fertilizante de nitrógeno puede causar los efectos antes mencionados depende de: a) el porcentaje de nitrógeno en el fertilizante que se encuentra disponible de manera inmediata (en forma hidrosoluble); y b) la cantidad de fertilizante que se aplique. Estas dos variables, **a)** y **b)** se discuten por separado a continuación.

a) La cantidad de nitrógeno inmediatamente disponible en un fertilizante es la cantidad de nitrógeno que se encuentra en forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>) o nitrato (NO<sub>3</sub>). Debido a que la mayoría de nitrógeno en un fertilizante químico sintético de nitrógeno ya se encuentra en alguna de esas formas (por ejemplo, amoníaco anhidro, amoníaco nitrato y amoníaco sulfato), la mayor parte del nitrógeno que se aplica se encuentra disponible inmediatamente. Esta es la razón por la cual con frecuencia se dice que los fertilizantes químicos son “calientes” e “inestables”. En general hay menos nitrógeno disponible de manera inmediata en los fertilizantes orgánicos del que hay en los fertilizantes químicos y por consiguiente más nitrógeno se libera gradualmente con el tiempo.

Otra manera de calcular la velocidad a la cual el nitrógeno es liberado por cualquier fertilizante de nitrógeno es con base en la relación carbón-nitrógeno del fertilizante. Un fertilizante que tiene poco carbón en comparación con la cantidad de nitrógeno que contiene tiende a liberar su nitrógeno más rápidamente que un fertilizante que tiene mucho carbón en comparación con la cantidad de nitrógeno que contiene.<sup>47</sup>

Mucho del nitrógeno en los fertilizantes orgánicos no se encuentra en forma de amoníaco o nitrato sino en forma orgánica como proteínas, elementos de las paredes celulares y ácidos nucleicos<sup>48</sup> los cuales también contienen mucho carbón. Debido a que el nitrógeno en estas formas orgánicas necesita convertirse en amoníaco o nitrato antes de poder ser utilizado, estará disponible más lentamente por un periodo de tiempo más largo comparado con el nitrógeno en los fertilizantes químicos de nitrógeno. Pero incluso entre fertilizantes orgánicos hay diferencias entre la relación carbón-nitrógeno y la velocidad a la cual el nitrógeno está disponible para los cultivos. El nitrógeno en la harina de sangre y en los desechos humanos es asimilado más rápidamente por las plantas de lo que el nitrógeno en la harina de alfalfa, la harina de soya y la harina de semilla de algodón. El estiércol humano es menos caliente que el estiércol animal (tiene un porcentaje menor de nitrógeno en forma de amoníaco o de nitrato y un porcentaje mayor en formas orgánicas) que el estiércol de gallina, igual que el estiércol de cerdo o de borrego y más caliente que el de caballo y el de vaca.<sup>49</sup>

Estiércol de caballo / vaca → Estiércol humano / de borrego / de cerdo → Estiércol de gallina

Menos caliente -----→ Más caliente

Todas las formas de los fertilizantes de nitrógeno son menos calientes después de que se descomponen debido a que la mayor parte del nitrógeno se convierte en algo orgánico una vez que ha sido consumido por los microorganismos que viven en la composta.

---

<sup>47</sup> Dr. Robert Parners, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 77

<sup>48</sup> E. A. Paul y F. E. Clark, *Soil Microbiology and Biochemistry* (New York: Academic Press, Inc., 1989), p. 133.

<sup>49</sup> L. John Fry, *Methane Digesters for Fuel, Gas and Fertilizers* (Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973), p.15.



El *humus* es una fuente importante de nitrógeno que, a diferencia de los fertilizantes químicos u orgánicos, puede ser producida por la granja o el huerto. El humus es una fuente sustentable de nitrógeno. Sin embargo, existen dos tipos de humus, *lábil* y *no lábil*, los cuales liberan su nitrógeno a diferentes velocidades. El material de las plantas carbonosas con un alto contenido de lignito (como el aserrín o cualquier producto derivado de la madera) tiende a producir humus más estable (no lábil) el cual libera el nitrógeno muy lentamente si lo comparamos con el humus que produce el material de plantas con menos lignito. Parte del humus lábil puede convertirse en humus no lábil en el suelo al desarrollar resistencia al ataque de los microbios. Dependiendo de las condiciones ambientales y del suelo, el humus no lábil puede quedarse en el suelo por décadas, siglos e incluso milenios con un nivel mínimo de degradación mientras mejora la fertilidad del suelo.<sup>50</sup>

b) La cantidad total de nitrógeno que puede ser aplicada sin poner en peligro la salud del suelo o de los cultivos es aproximadamente de 456 a 227.8 g por cama en el huerto (10 m<sup>2</sup>) por año dependiendo de la cantidad de nitrógeno en el suelo y el porcentaje de nitrógeno disponible en el fertilizante que se utilice.<sup>51</sup> Por lo tanto, a lo largo de todo este libro, si no se agrega más de 227.8 g de nitrógeno por cada 10 m<sup>2</sup> de suelo, se puede considerar que se logró la Meta #4. En términos de composta curada, esto será considerado el equivalente a 0.227 m<sup>3</sup> de composta curada que es el 50% de suelo por volumen. Vea el Apéndice C: Debates Posteriores #1 para leer un debate más minucioso acerca de esta guía para aplicar composta curada y lograr la Meta #4.

Con frecuencia se supone que el estiércol debe ser compostado antes de ser agregado al suelo con el propósito de evitar los cinco peligros descritos anteriormente. De 1958 a 1976, el Scandinavian Research Circle (Círculo de Investigación Escandinavo) examinó y observó los efectos de varios fertilizantes dependiendo de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Entre los fertilizantes que se probaron estaba el estiércol crudo de animales de corral no especificados, estiércol compostado de animales de corral no especificados, estiércol crudo y fertilizantes químicos y fertilizantes químicos solos. Fueron aplicados a ritmos diferentes de modo que la cantidad de nitrógeno *disponible* fuera similar – alrededor de 31.8 g por cada 10 m<sup>2</sup>.<sup>52</sup>

A lo largo de los 18 años que duró este experimento, la capa superior del suelo y el subsuelo del terreno fertilizado con estiércol *crudo* de animales de corral tuvo las cantidades más elevadas, o si lo comparamos de cerca con los terrenos que tienen las cantidades más elevadas, de volumen de poros, niveles de carbón y nitrógeno, actividad biológica y porcentaje total de humus y tenía la densidad aparente más baja. Incluso los rendimientos producidos en el terreno fertilizado con estiércol crudo fueron más elevados. En conclusión, los autores exponen: “El estiércol fresco de corral ha tenido efectos favorables tanto en los rendimientos de las cosechas como en varias de las características del suelo. Cuando se agrega NPK-inorgánico [fertilizantes químicos] al estiércol, los rendimientos han aumentado aún más pero el contenido de humus disminuyó, especialmente en el subsuelo y después la estructura del suelo y las reacciones biológicas empeoraron”.<sup>53</sup>

---

<sup>50</sup> Paul D. Sachs, *Edaphos* (Newbury, VT: The Edaphic Press, 1993), p.45.

<sup>51</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action, p.82. Adaptado de las instrucciones para análisis de suelo de La Motte. Esta guía ampliamente generalizada acerca de la máxima cantidad de nitrógeno que debe ser aplicado en un área determinada de suelo variará dependiendo del clima, la lluvia, el tipo de suelo y la forma del nitrógeno en el fertilizante.

<sup>52</sup> La fracción disponible de la cantidad total de nitrógeno es 35% para el estiércol y 70% para los fertilizantes inorgánicos, con base en valores literarios estándar (B. D. Pettersson y E. v. Wistinghausen, *Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Soils and Crops* [Temple, ME: Woods End Agricultural Institute, 1979], p.10)

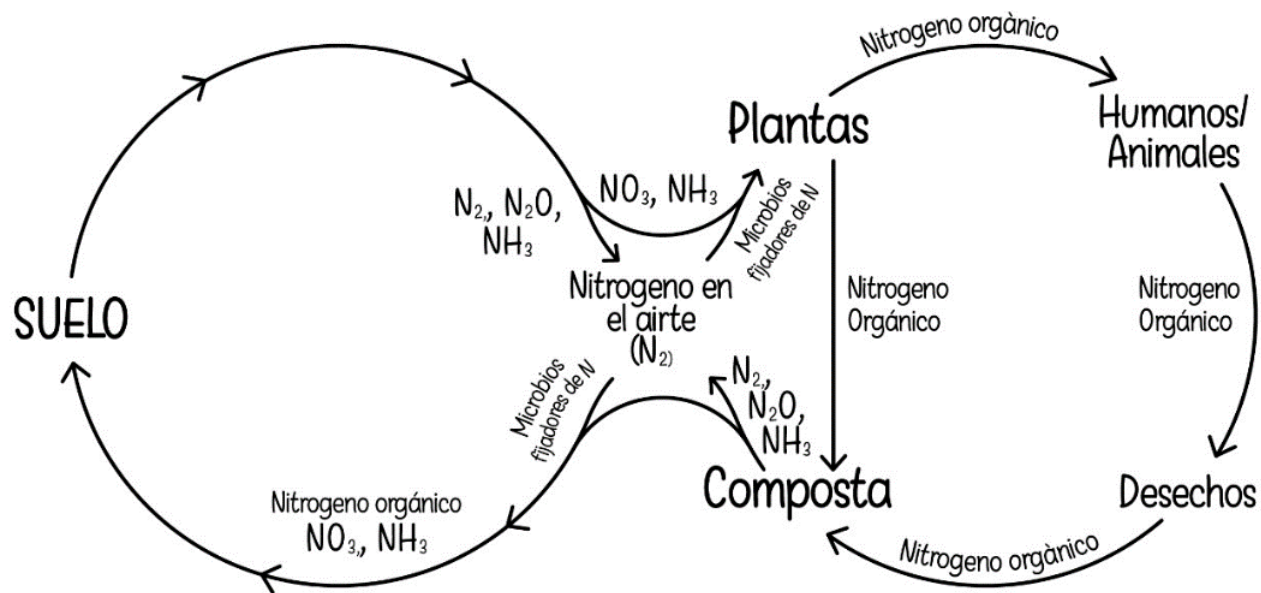
<sup>53</sup> B. D. Pettersson and E. v. Wistinghausen, *Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Soils and Crops* (Temple, ME: Woods End Agricultural Institute, 1979), p.10.

El nitrógeno en el estiércol fresco de los humanos parece contener una cantidad promedio de nitrógeno disponible de manera inmediata en comparación con el estiércol de varios animales de granja. Debido a que el estiércol animal utilizado en el estudio mencionado anteriormente vino de animales de granja no especificados, probablemente contenía una cantidad promedio baja y no poco usual de nitrógeno disponible. Por lo tanto, aplicar no más de 227.7 g de nitrógeno en total por cada 10 m<sup>2</sup> por año en forma de desechos humanos frescos o compostados es probablemente seguro para el suelo en términos de los cinco posibles peligros enlistados anteriormente y muy probablemente beneficioso.

En la mayoría de los casos, cuando se procesan los desechos humanos para reciclarlos, parte del nitrógeno que contiene se perderá. Dependiendo de la técnica que se utilice para procesarlos, la pérdida puede ir de aproximadamente 0% a 100%.<sup>54</sup> Debido a que no todo el nitrógeno regresará al suelo, el suministro de nitrógeno que hay en el suelo lentamente disminuirá a menos que se agregue nitrógeno adicional.

Ilustración 3

**El ciclo del nitrógeno simplificado**



<sup>54</sup> Vea notas a pie de página #76 y #152.

¿Cómo se puede agregar al suelo de manera sustentable y que no dependa de recursos no renovables o de la fertilidad del suelo de otra granja como es el caso de los fertilizantes químicos y orgánicos? Podemos hacerlo cultivando legumbres y otras plantas con bacterias asociadas que “fijan el nitrógeno”. Estas bacterias pueden transformar el nitrógeno en el aire (nitrógeno atmosférico,  $N_2$ ) en una forma (amoníaco,  $NH_3$ , o nitrato,  $NO_3$ ) que puedan usar las plantas. Para que la asociación planta-bacteria agregue nitrógeno al suelo, las legumbres deben cosecharse aproximadamente entre 2.54 a 3.81 cmsobre el nivel del suelo dejando las raíces, las cuales contienen el nitrógeno, en el suelo y las legumbres perennes deben cosecharse entre 2.54 a 3.81 cmsobre la copa creciente de la planta. Cuando entre el 10% y el 50% de las legumbres están floreciendo ya contienen la máxima cantidad de nitrógeno y la mayor parte estará concentrada en sus raíces. Si siguen floreciendo y producen semillas, el nitrógeno va de las raíces a las semillas en desarrollo. Así que, si cosechamos las legumbres más adelante, mucho del nitrógeno habrá salido de las raíces y quedará muy poco para alimentar el suelo.

Los siguientes dos capítulos describen muchos métodos diferentes a través de los cuales se pueden procesar la orina y el excremento humanos de manera segura y efectiva para después regresarlos al suelo. Cada uno de los métodos serán evaluados con base en su éxito para cumplir con las cuatro metas del reciclaje de desechos humanos que se describieron anteriormente, así como por ser apropiados en diversos climas y situaciones de vida. Mientras que algunos métodos cumplen con las cuatro metas, otros no lo hacen ya que sus creadores pueden tener en mente metas diferentes o similares. Sin embargo, cada uno de los métodos alternativos que se han analizado, representa una inmensa mejora con respecto a los métodos convencionales de tratamiento y desecho de los desechos humanos y tiene el potencial de beneficiar enormemente al planeta, al suelo y a nosotros mismos.

## Capítulo 3

### Reciclaje de la orina humana

“Para el año 2000, 25% de toda la energía que se consumió en el mundo en 1973 será necesaria solo para producir fertilizante de nitrógeno, si todos los alimentos del mundo fueran cultivados con técnicas agrícolas como las de los Estados Unidos”.<sup>55</sup> Si la síntesis química de los fertilizantes de nitrógeno no es una fuente viable a largo plazo de nitrógeno adicional para suelos agrícolas, ¿qué hay de los fertilizantes orgánicos como la alfalfa, la semilla de algodón y la harina de sangre? Casi todas las plantas y animales utilizados para producir fertilizantes orgánicos son cultivados o criados químicamente o criados con plantas que fueron cultivadas con químicos de modo que *aún* dependemos del escaso petróleo para cultivar nuestros alimentos. También dependemos de la fertilidad del suelo en el que se siembran los cultivos que se usan para elaborar los fertilizantes orgánicos. Ya que sus nutrientes están en constante venta y solo regresan muy pocos en forma de fertilizantes químicos de nitrógeno, fósforo y potasio ¿durante cuánto tiempo estos suelos seguirán siendo lo suficientemente fértiles para producir alfalfa, semilla de algodón y alimentos para ganado que se usa para crear nuestros fertilizantes orgánicos? Una fuente alterna que puede abastecer nuestros suelos agrícolas con nitrógeno y que no necesita fertilizantes hechos a base de petróleo es la orina humana.

Normalmente, una cama de huerto o mini-granja (a lo largo de todo este libro, una “cama” representa 10 m<sup>2</sup> de superficie del suelo) debe ser fertilizada con 45.4 a 227.7 g de nitrógeno total cada año para seguir siendo fértil y productiva.<sup>56</sup> Dependiendo del rango de aplicación, la producción anual de orina de una persona (aproximadamente 344 litros que contienen alrededor de 3.40 kg de nitrógeno total) podría suministrar todo el nitrógeno necesario para 15 a 75 camas de huerto (139 a 697 m<sup>2</sup> durante todo un año).

La orina producida por cada uno de nosotros cada año puede también contener cantidades importantes de fósforo (726 g), potasio (726 g), calcio (1.043 kg) y oligoelementos.<sup>57</sup> Una persona puede producir todos sus alimentos (una dieta completa que no contenga productos animales) e ingreso y todos los cultivos de composta necesarios para mantener fértil el suelo del huerto en 20 a 50 camas Biointensivas (186 a 465 m<sup>2</sup>.<sup>58</sup>), (La agricultura comercial necesita 2 a 5 veces el área para cultivar una dieta vegetariana, 9 a 22.5 veces el área para cultivar una dieta estadounidense promedio y 18 a 45 veces el área para cultivar una dieta alta en carne.<sup>59</sup>

---

<sup>55</sup> Amory Bloch Lovins, “Energy in the Real World”, *Stockholm Conference ECO*, San Francisco, diciembre 13, 1975, p. 9.

<sup>56</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, p. 82. Adaptado de las instrucciones para análisis de suelo de La Motte 1978.

<sup>57</sup> Harold B. Gotaas, *Composting: Sanitary Disposal & Reclamation of Organic Wastes*, *World Health Organization Monograph Series No. 31* (Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud, 1956), p. 35; y Philip L. Altman y Dorothy Dittmer, eds., *The Biology Data Book Vol. 3*, segunda edición (Bethesda, MD: American Societies for Experimental Biology, 1974), pp. 1496-1503.

<sup>58</sup> Con base en modelos creados por el autor usando datos producidos en el campo por John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp. 106-107 y 142-185

<sup>59</sup> Kenneth E. F. Watt, *The Titanic Effect* (Stamford, CT: Sinaur Associates, 1974).

Sin importar el tipo de dieta se necesitará más tierra si el suelo es menos fértil). Por consiguiente, dependiendo de que minerales le faltan al suelo y de si esos minerales se encuentran en la orina de una persona, podemos ver a partir de la Tabla 1 (vea la página 12 que todo el nitrógeno y gran parte del fósforo, potasio, calcio y oligoelementos que necesita el huerto de una persona cada año pueden obtenerse de la producción de orina de un año de esa persona.<sup>60</sup>

Sin embargo, por razones que describiremos más adelante es probable que el excremento de una persona también necesite ser procesado y regresado al suelo para mantener la fertilidad del suelo.

El reto es encontrar la manera más sencilla, segura y más efectiva para reciclar la orina humana con un método que cumpla con las 4 metas del reciclaje de los desechos humanos. Sin embargo, debido a que fertilizar con orina humana es en general *ilegal* y puede poner en peligro su salud y la de otras personas, así como la salud del suelo si no se usa adecuadamente, es imperativo obtener un permiso de la autoridad sanitaria local antes de empezar a utilizar la orina en su huerto.

La manera más sencilla de evitar los riesgos para la salud de los seres humanos que vienen con el uso de la orina humana como fertilizante y realmente lograr la *Meta #1, purificación de la orina*, es no usar la orina de cualquier persona que tenga tifoidea, esquistosomiasis urinaria o leptospirosis.<sup>61</sup> El tiempo y la dificultad para vivir fuera del tejidos humano matará a los patógenos con el tiempo, pero los periodos de tiempo dependiendo de las condiciones medioambientales eran desconocidos para el autor al momento de esta publicación. Los patógenos en la orina también serán destruidos por el calor generado durante la elaboración de la composta como se describe a continuación, pero otra vez el autor desconocía la cantidad mínima de tiempo y la temperatura necesaria al momento de esta publicación. Debido a que quizá sea necesario incluir otras enfermedades en esta lista, en este momento, *es más seguro no utilizar la orina de ninguna persona que esté enferma.*

Compostar la orina humana es la manera más sencilla de lograr la *Meta #2, producción de humus a partir de los nutrientes que se encuentran en la orina*. Ya que la relación carbón-nitrógeno de la orina es de 0.8 a 1, esta debe ser agregada al material carbonoso (como la paja) para producir la cantidad máxima posible de humus a partir de los nutrientes que se encuentran en la orina.

Cuando la orina es almacenada en un recipiente de cristal sellable, todos los minerales que se encuentran en ella pueden conservarse ahí y ser regresados al suelo del que vinieron, con excepción del nitrógeno.<sup>62</sup> El nitrógeno es el elemento que más fácilmente se pierde de la orina humana. Al entender mejor como regresarlo de la orina al suelo podremos lograr mejor la *Meta #3, conservación y regreso de los nutrientes.*

---

<sup>60</sup> Las cantidades exactas de minerales en la orina humana, así como en el excremento humano, varían de acuerdo con la dieta y el estilo de vida de cada individuo. Las cifras antes mencionadas están basadas en las cantidades *promedio* de minerales en la orina humana.

<sup>61</sup> Establecidas por el autor a partir de datos presentados por R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* (Washington, D. C.: Banco Mundial, 1981), p. 24. Las lombrices responsables de la esquistosomiasis urinaria, una vez que se encuentran dentro del cuerpo, pueden vivir por años e incluso por décadas (Feachem, p. 26). El virus de la **Hepatitis A**, agente causante de la hepatitis infecciosa es excretado en el estiércol, no en la orina, de aquellos que están infectados. “En el caso de la **cistitis y otras infecciones urinarias**, las coliformes y otras bacterias pueden ser numerosas en la orina, pero no son un riesgo para otras. En el caso de las **infecciones venéreas**, los agentes microbianos también llegan a la orina pero son tan vulnerables a las condiciones del exterior del tejidos que [el excremento y la orina] no son vehículos importantes de transmisión”. (Feachem, p. 24).

<sup>62</sup> La pérdida de nitrógeno de la orina que ha sido expuesta al aire se acelera por el sol. El calor del sol estimula a los microorganismos que convierten el nitrógeno de la orina en amoníaco y aumenta la evaporación. Cuando la orina es almacenada en lugares cerrados y está cubierta, se puede retener hasta 92% del nitrógeno original. (Viet Chy, *Human Faeces, Urine and Their Utilization* [Environmental Sanitation Information Center, Asian Institute of Technology, P.O. Box 2754, Bangkok, Tailandia, 1978], pp. 32-33.

Es importante entender cómo se pierde el nitrógeno de la orina y cómo minimizar dicha pérdida si esperamos retener suficiente nitrógeno para fertilizar entre 139 a 697 m<sup>2</sup> de suelo con solo la orina compostada que cada uno de nosotros produce cada año. Si se pierde la mitad del nitrógeno de nuestra orina antes de ser compostada y agregada al suelo, y es bastante posible, *quizá* tengamos suficiente nitrógeno para solo 70 a 348 m<sup>2</sup>.

El nitrógeno en la orina se pierde a través de un proceso llamado volatilización del amoníaco. El nitrógeno en la orina fresca se encuentra en forma de urea la que es consumida rápidamente por microorganismos y convertida en amoníaco. El amoníaco es un gas que escapará al aire y mucho del nitrógeno que se encuentra en la orina se perderá. Esto también sucede en el caso de la orina de los animales. Por ejemplo, la orina del bison americano contribuye un poco a la fertilidad de las praderas en comparación con el excremento que ellos mismos producen.<sup>63</sup> Con el objeto de minimizar la producción de amoníaco y reducir la cantidad de nitrógeno que se pierde después de que la orina es expulsada y antes de ser agregada al suelo y compostada, la orina se puede guardar en un frasco sellado y cubierto con una capa delgada de aceite.<sup>64</sup> Sin embargo, se necesita mucho suelo y mucho trabajo intenso para producir aceite y el aceite es lento para descomponerse en una pila de composta.

Una manera más sencilla de evitar que el amoníaco se volatilice es agregar la orina cuando aún esté fresca a una cubeta de 19 litros con paja y tierra. Este procedimiento se describe con detalle más adelante. La paja y la tierra absorben la orina. Cuando los microorganismos empiezan a convertir la urea en amoníaco, el humus y las partículas de la arcilla en el suelo pueden retener el amoníaco y reducir la cantidad que se escapa, hasta que la paja y la tierra que contienen la orina es compostada y el nitrógeno se estabiliza.<sup>65</sup>

La *Meta #4, aplicación apropiada del nitrógeno*, puede lograrse a través de este método para compostar la orina simplemente regresando la orina curada y la composta enriquecida a un rango equivalente y no mayor a 227 g de nitrógeno por cada 10 m<sup>2</sup> 0.076 m<sup>3</sup> de composta curada enriquecida con orina humana producida como se describe en las páginas 24-31 contienen aproximadamente 227 g de nitrógeno curado (vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #1).

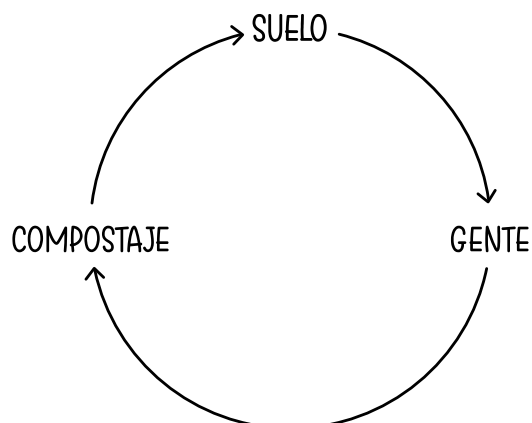
---

<sup>63</sup> Judith D. Soule y Jon K. Piper, *Farming in Nature's Image* (Covelo, CA: Island Press, 1992), p. 92.

<sup>64</sup> Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p.44.

<sup>65</sup> Dr. Robert Parnes, comunicado personal, febrero 18, 1993.

## COMPOSTAJE DE LA ORINA HUMANA



Para crear una pila de composta a través de este método, solo necesita orina, paja, suelo y agua. Con el propósito de maximizar la cantidad de composta *curada* que usted genera, cada pila de composta de orina, paja y suelo debe tener una relación inicial carbono-nitrógeno de aproximadamente 30 a 1, lo mismo que una pila de composta que no contenga orina humana. Con esta proporción, los microorganismos en la pila de composta consumirán nitrógeno y carbón con la misma eficacia y estabilizarán ambos elementos en sus tejidos. Cuando esta relación es mucho mayor que o menor a 30 a 1, una porción importante del nitrógeno y/o carbón que se encontraba originalmente en la pila de composta no se incorpora a los tejidos de los microorganismos y no se queda en la composta curada y escapa al aire y se pierde.

Sin embargo, la mayoría de nosotros los horticultores y agricultores que cultivamos una amplia variedad de alimentos tenemos demasiado residuo de plantas nitrogenadas y muy poco residuo de plantas carbonosas para crear una pila de composta que tenga una relación carbono-nitrógeno de 30 a 1. Debido a esto, quizá no estamos produciendo suficiente humus para reponer el abastecimiento del suelo. *Es esencial sembrar cultivos carbonosos para composta y compostarlos para generar suficiente humus para el suelo, si queremos mejorar la fertilidad del suelo en vez de reducirla.*

Ya que tan solo la orina humana tiene una relación carbono-nitrógeno de 0.8 partes de carbón por una de nitrógeno, para poder incrementar la relación de carbono-nitrógeno a 30 a 1 para así lograr una producción máxima y eficiente de humus, se necesitan aproximadamente 332 kg de material carbonoso seco para compostar toda la orina que una persona produce cada año.<sup>66</sup> Si sembramos granos de invierno como avena, cebada, trigo o centeno usted puede generar esa cantidad de paja a partir de aproximadamente *24.4 camas cultivadas de manera Biointensiva con rendimientos Biointensivos intermedios (los cuales son, en general, dos veces mayores a los rendimientos promedio en los Estados Unidos).*<sup>67</sup> Si 24.4 camas parecen muchas, recuerde que es posible cultivar todas las calorías que usted necesita para un año *así como* toda la paja necesaria para reciclar su producción anual de orina y de excremento con 24.4 camas o menos (vea Capítulo 5, Ejemplo #1).

---

<sup>66</sup> La relación carbono-nitrógeno para la orina y la paja, así como para el estiércol, varían de fuente a fuente. Los 332 kg de material carbonoso con base en datos de la paja de trigo (50.9% carbón, 0.62% nitrógeno) presentados por Frank B. Morrison, *Feeds & Feeding*, edición 21 (Ithaca, NY: Morrison Publishing Co., 1949), pp. 1086-1109. Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #3 para la derivación de la cantidad de paja de trigo que se necesita.

<sup>67</sup> Todas las cifras de producción de la “paja” en este libro incluyen tanto el peso de la cascarilla como el peso de la paja de la planta que produce el grano. La cascarilla, al igual que la paja, es carbonosa e ideal para hacer composta junto con la orina humana y el estiércol. Con rendimientos Biointensivos intermedios, una cama produce aproximadamente 13.61 kg de paja de trigo y cascarilla John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, p. 164). De modo que se necesitan 24.4 camas ( $332 / 13.61 = 24.4$ ) para producir esta cantidad total de paja y cascarilla.

332 kg de paja, con tierra y orina es material suficiente para crear alrededor de 10 pilas de composta de 91.4 cm. de ancho, 91.4 cm de largo y 91.4 cm de alto.<sup>68</sup> Estas 10 pilas de composta, si son construidas adecuadamente y se les da el mantenimiento adecuado como se describe abajo, generarán alrededor de 2.8 m<sup>3</sup> de composta *curada* lo que es 68.6% de suelo por volumen. Esta es suficiente composta curada para aplicar de 0.121 a 0.04 m<sup>3</sup> (equivalente en términos de nitrógeno y humus a 0.08 a 0.227 m<sup>3</sup> de composta curada lo que es 50% de suelo por volumen – la guía mencionada anteriormente) por cama por año para 7.8 a 23 camas (vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #5). Entonces se cumple la *Meta #2, producción de suficiente humus*, para esas camas.

*Cantidades equivalentes de composta curada en términos de nitrógeno y materia orgánica*

<u>% Suelo</u>	<u>Volumen (m<sup>3</sup>)</u>
50	0.08 - 0.23
68.6	0.12 - 0.36

Con el propósito de lograr la *Meta #3, regreso de los minerales al suelo*, todas las camas en las que se cultivó una dieta completa para la persona que está produciendo la orina debe recibir una porción idéntica de composta curada enriquecida con orina. Esparcir equitativamente sobre 24.4 camas, 2.78 m<sup>3</sup> de composta curada lo que es 68.6% de suelo por volumen es suficiente para que cada cama reciba solo 0.11 m<sup>3</sup> por año (menos de la cantidad mínima de 0.12 m<sup>3</sup> necesarios para lograr la *Meta #2*). Por lo tanto, se necesitará cultivar más material orgánico en estas 24.4 camas para producir suficiente composta curada y así lograr tanto la *Meta #2* como la *Meta #3*. Si no se logra la *Meta #2*, no se agregará suficiente carbón y nitrógeno en forma de humus al suelo que produce alimentos para retener los minerales que *se* regresarán.

Es posible cultivar más materia orgánica para la pila de composta de dos maneras: 1) interplantando el trigo con otro cultivo, como la algarroba que puede ser arrancada cuando esta entre el 10% y el 50% en flor (dejando la mayor parte de las raíces en el suelo, de ese modo se agrega parte del nitrógeno que se fijó del aire)<sup>69</sup>; y/o 2) sembrando un segundo o tercer cultivo (dependiendo del número de temporadas de siembra que tenga) como se describe más abajo, que produzca mucha biomasa carbonosa.

---

<sup>68</sup> Con base en datos de pilas de composta construidas en la Mini-Granja de Investigación Common Ground en Willits, CA. Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #4.

El tamaño mínimo de una pila de composta es de 91.4 cm de ancho, 91.4 cm de largo y 91.4 cm de alto para lograr una descomposición y producción de humus exitosa y eficiente (John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp. 59-60). Las pilas que son de 1 metro por 1 metro o de 1.5 metros por 1.5 metros pueden ser de 1.2 metro de alto. Las pilas de 1.2 metros tienden a descomponerse mejor que las de 1 metro ya que se pueden proteger mejor, mantienen un nivel de humedad más constante y un ambiente más estable para la descomposición. En el caso de las pilas de composta enriquecidas con orina, es probable que las pilas más grandes permitan que se filtre menos orina. Las pilas mayores a 1.2 metros tienden a caerse o a comprimirse, lo cual reduce la cantidad de aire en la pila y fomenta la descomposición anaerobia.

<sup>69</sup> Para más ejemplos de combinaciones para interplantar que producen grandes cantidades de material carbonoso para composta, vea John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #14: The Complete 21-Bed Biointensive Mini-Farm: Fertility, Nutrition and Income* (Willits, CA: Ecology Action, 1987), pp. 12-15; J. MogadorGriffin, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #15: One Basic Mexican Diet, "Supplement"* (Willits, CA: Ecology Action, 1988); Patrick Wasike, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #25: One Basic Kenyan Diet* (Willits, CA: Ecology Action, 1991), pp. 15-16; y Carol Cox y Personal, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #26: Learning to Grow All Your Own Food* (Willits, CA: Ecology Action, 1991), pp. 3-5.



La Meta #4, *aplicación apropiada del nitrógeno* se logra cuando la composta curada se agrega a no menos de 7.8 camas, y posiblemente más (vea el Apéndice C: Debates Posteriores #3).

Si tiene dos temporadas de cultivo al año, es fácil cultivar más biomasa carbonosa y producir más composta para su huerto o granja. En el invierno, se puede sembrar trigo en las 24.4 camas que proveerán alimentos para usted y paja para compostar con su orina. En el verano, las 24.4 camas pueden usarse para cultivar alimentos adicionales o cultivos para ingresos, o pueden sembrar cultivos de “doble propósito” como el mijo y el amaranto los cuales proveerán no solo alimentos sino también material carbonoso el cual es esencial para tener una pila de composta exitosa. Los “cultivos de composta” de verano (cultivos que producen material para composta y especialmente material carbonoso para composta) le permitirán cultivar menos camas en el invierno y aun así obtener toda la paja que usted necesita para compostar su orina. Entonces necesitara menos camas para ser autosuficiente en lo que se refiere a alimentos y para regresar los nutrientes que se encuentran en sus desechos al suelo y mantener su fertilidad.

Si decide probar este método y *ha obtenido permiso de su autoridad de salud local*, reserve un juego de ropa, por lo menos 2 cubetas de 19 litros con cubierta, un biello, una pala y una horqueta para las tareas de construcción, volteo y mantenimiento de las pilas de composta que contienen orina y *no las use para ningún otro propósito*. Probablemente lo mejor es empezar creando solo una o dos pilas de composta hasta que haya obtenido experiencia. El método es experimental y a través de la observación quizá descubra que haya que hacer ciertas modificaciones.

#### Elegir y preparar un lugar apropiado para compostar orina humana

Para crear 10 pilas de composta con 332 kg de paja, toda la orina producida por una persona durante un año y suelo, como se explicó anteriormente, necesitará un área de por lo menos 0.91 metros de ancho por 9.1 metros de largo (8.28 m<sup>2</sup>), más un área adicional de 0.91 metros de ancho y 1.82 metros de largo para tener espacio para poder voltear las pilas. (En general, para facilitar la tarea de voltear las pilas una vez que están parcialmente descompuestas, debe haber un *área adicional que tenga el mismo largo y ancho de su pila de composta más grande* por cada 4 a 5 pilas de composta construidas. Después de voltear la primera pila parcialmente descompuesta en este espacio, ese mismo espacio que se ocupó para voltear la pila puede usarse para voltear la siguiente pila una vez que esté lista y así sucesivamente). El área total necesaria es de aproximadamente 10.03m<sup>2</sup> (un área un poco más grande que el área de una cama de huerto). También necesitará espacio para un contenedor de almacenamiento de 5.92 m<sup>3</sup> (alrededor de 3 contenedores de 1.066 metros de alto, 1.22 metros de ancho y 1.52 metros de largo, por ejemplo)<sup>70</sup> para mantener la paja seca durante todo el año. Se necesita menos espacio de almacenamiento si los cultivos que producen paja se siembran durante el verano y el invierno. Ya que la paja se usa continuamente para elaborar composta, como se describe más abajo, se necesitará almacenar en cualquier momento no más de aproximadamente la mitad de la cantidad que se necesitó durante todo el año.

La zona de 0.91 por 10.97 metros para sus pilas de composta que contienen orina debe estar cuesta abajo y por lo menos a 46 metros alejada de cualquier fuente de agua o espacio destinado para viviendas. Durante los primeros años de compostar su orina, debe monitorear la cantidad de orina que se filtra de la pila construyendo la pila sobre un camastro o armazón elevado sobre el nivel del suelo y reunir la orina que se filtre en una cacerola, por ejemplo. Aunque el lixiviado se encuentra libre de patógenos, podría contaminar el agua del subsuelo. ¿A qué profundidad debe estar el agua del subsuelo debajo de la zona en la que se encuentra la composta con orina para evitar la contaminación? Eso depende de la cantidad de lixiviado y de la textura y estructura del suelo debajo de las pilas.

---

<sup>70</sup> La paja *empaquetada sin apretar* pesa entre 56.8 y 72.9 kg por m<sup>3</sup> (Universidad de Wisconsin, Boletín Especial #4) [1.04 a 1.36 kg por cubeta de 19 litros]. La cifra más baja de 56.8 kg por m<sup>3</sup> se usa en todo este libro para estimar el espacio necesario para almacenar la paja. (332.5 kg / 56.8 kg/m<sup>3</sup> = aproximadamente 6 m<sup>3</sup>).

Si el agua del subsuelo se encuentra a por lo menos 1.83 metros debajo de la superficie del suelo (1.52 metros bajo el fondo del suelo aflojado) durante la temporada más húmeda del año, no habrá riesgo de que el agua del subsuelo se contamine.

Para probar el nivel de agua del subsuelo, cave un hoyo de 0.91 metros de cada lado y 0.91 metros de profundidad en el centro o en la parte más baja del lugar. Después, cave un hoyo de 0.91 metros en el fondo del primer hoyo con una pala para colocar postes antes de la temporada de lluvia. Construya un acotamiento (como se describe en las secciones sobre cómo compostar la orina y excremento humanos) alrededor de su perímetro y cubra el hoyo y el acotamiento con plástico para evitar que la lluvia y el residuo líquido del suelo entren al hoyo. Use un poste de 2.44 metros de largo y de 2.54 cm por 2.54 cm para probar si aparece agua en el fondo del hoyo. Si detecta agua en cualquier momento del año, debe elegir un nuevo lugar o un nuevo método para reciclar desechos humanos. Asegúrese de comprobar a partir de los datos de la lluvia de ese año que el año que usted revisó fue uno significativamente húmedo. Si no, asegúrese de revisar nuevamente el lugar antes de usarlo. Además, el lugar no debe recibir demasiados residuos líquidos que pudieran erosionar el lugar y llevar patógenos cuesta abajo hacia una fuente de agua donde pudieran esparcir enfermedades.

El lugar nunca debe ubicarse sobre rocas con fisuras o formaciones de rocas muy permeables que permitirían la filtración excesiva de nutrientes y patógenos que se encuentran en la orina hacia el agua del subsuelo. Los suelos arenosos son por lo general apropiados siempre y cuando la profundidad del nivel freático sea de 1.52 metros o más durante el tiempo más húmedo del año. Si en algún momento el agua subterránea es normalmente más alta que esto, puede ser mejor almacenar su orina y usarla para construir abono cuando el nivel freático haya bajado.

Si es posible, elija un lugar sombreado, de preferencia junto a un árbol de hoja caduca que contribuya con sus hojas para las pilas. Las pilas deben estar lo suficientemente alejadas del tronco para evitar plagas de insectos y lo suficientemente alejadas de la línea de goteo para que las raíces que alimentan al árbol no sean dañadas cuando se afloje el suelo (vea el paso #2 de “Un Método” que se encuentra a continuación) y para que no pueda robar los nutrientes de las pilas. La sombra mantendrá los niveles de humedad y temperatura de las pilas de composta más constantes y permitirá que las pilas se descompongan de manera más eficiente.

Quizá también desee ubicar sus pilas de composta en camas de huerto no utilizadas para enriquecerlas con los nutrientes que puedan filtrarse de las pilas.

#### “Un método”

- 1) Mida el área que necesitará para el número de pilas de composta que planea construir.
- 2) Afloje el suelo del área para una pila de composta a 30 cm de profundidad con un bieldo. (Cuando esté listo para construir la segunda pila, afloje el área. Si se aflojan ambas áreas al mismo tiempo, la segunda área podría compactarse antes de que se construya la segunda pila, lo cual disminuiría su capacidad de desagüe).
- 3) Agregue de 8 a 10 cm de ramas y ramitas sobre el suelo que se aflojó. Los pasos #1 y #2 crean los cimientos de su pila y ayudan a mantener la pila bien drenada y oxigenada.<sup>71</sup>

---

<sup>71</sup> A pesar de que aflojar el suelo y colocar capas de ramas es esencial para asegurar que las pilas se descompongan de manera aerobia, esto también podría permitir que algunos de los nutrientes que se encuentran en la orina se filtren de las pilas de composta. Una manera de minimizar la cantidad de nutrientes que se pierden es sembrando consuelda alrededor de la orilla del fondo de las pilas de composta. “A diferencia de la mayoría de las plantas, la consuelda no se quema con dosis muy fuertes de nutrientes concentrados como la orina o el estiércol de gallina y los consume con voracidad. Su habilidad para buscar nutrientes de esta manera la hace particularmente apropiada para evitar la filtración alrededor de las pilas de composta...” (Peter Harper, *The Natural Garden Book* [NY: Simon & Schuster, 1994], p. 105). Las hojas y tallos de la consuelda, una planta perenne, pueden cosecharse periódicamente (corte las plantas de 5 a 8 cm sobre el nivel del suelo) y las puede agregar a la pila de composta que contenga orina y de este modo se estarán regresando parte de los nutrientes que se encuentran en la orina, nutrientes que de otro modo se perderían.

## Junte y prepare su orina

4) Junte su orina de un día en un recipiente de vidrio que pueda sellarse cada vez que agregue orina; los recipientes de metal se corroen y los de plástico se disolverán con el paso del tiempo y contaminarán la orina.<sup>72</sup> (Otro sistema de almacenamiento con el cual se puede almacenar estiércol se muestra en la Ilustración 6 en la página 75). *El sello del recipiente para almacenar debe estar lo suficientemente ajustado para evitar que las moscas, mosquitos u otros portadores entren al recipiente y estén en contacto con los patógenos y causen enfermedades. Este requisito es esencial para el almacenamiento de desechos humanos y sistemas de reciclaje.*

Una persona genera alrededor de un litro de orina por día<sup>73</sup>. Tome las precauciones necesarias para evitar que el recipiente de vidrio se rompa o que el contenido se derrame. Una alternativa es preparar un balde sellable como se describe a continuación y orinar directamente en él.

5) Coloque 907 g de paja u otro material carbonoso seco en dos cubetas de 19 litros (454 g en cada una). \* La paja cuando se empaca *sin apretar en lo absoluto* en una cubeta de 19 litros pesa aproximadamente 454 g. \*Cuando se empaca *ligeramente apretada* pesa alrededor de 1.04 kg y \*cuando se empaca *apretada* pesa entre 1.36 y 1.54 kg.<sup>74</sup>

6) Agregue una octava parte de la tierra que se encuentra en la cubeta de 19 litros (alrededor de 1.81 a 2.27 kg) a cada cubeta de paja. Después de haber doble excavado una cama de huerto (vea John Jeavons y Cox, *Lazy-Bed Gardening* [Berkeley, CA: Ten Speed Press, 1993], pp. 27-32), la tierra que se sacó de la primera zanja puede ser almacenada y utilizada para este propósito.<sup>75</sup> Es mejor si el suelo está seco y hecho polvo para incrementar su área de superficie y su habilidad para absorber el amoníaco y así disminuir la pérdida de nitrógeno.<sup>76</sup>

7) Mezcle la tierra con la paja en la cubeta.

8) Agregue la orina que produjo en un día de manera equitativa a las dos cubetas de tierra y paja. Cuando la orina se agrega a dos cubetas de tierra y paja y no solo a una, la paja y la tierra tendrán más área de superficie con la cual absorber la orina. La orina debe ser agregada a las cubetas de tierra y paja lo más fresca posible para minimizar la cantidad de nitrógeno que se convierte en amoníaco y la cantidad que se perderá.

---

<sup>72</sup> Dan Hemenway, "To Pee or Not To Pee", *The Permaculture Activist*, Agosto 1992, p. 48.

<sup>73</sup> Harold B. Gotaas, *Composting: Sanitary Disposal & Reclamation of Organic Wastes, World Health Organization Monograph Series No. 31* (Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud, 1956), p. 35; y Sim Van der Ryn, *The Toilet Papers* (Santa Barbara, CA: Capra Press, 1978), p. 33. La cantidad de orina producida diariamente depende en gran parte de la cantidad de líquido que se consume. Mientras que una persona puede producir más de 0.94 litros de orina al día, la cantidad total de minerales contenidos en la orina en general no se ve grandemente afectada, solo diluida.

<sup>74</sup> Si la dieta de una persona contiene menos proteína que la dieta consumida por la mayor parte de las personas en las naciones industrializadas la producción anual de orina puede contener hasta 40% menos nitrógeno a diferencia de los 3.40 kg anuales que se muestran en la Tabla 1. (J. R. Snell, "Anaerobic Digestion of Undiluted Human Excreta", *Sewage Works Journal*, julio 1943, pp. 679-680). Pero si consume una dieta baja en proteínas (generalmente vegetariana con granos, frijoles y nueces sin exceso) y orina menos de un litro por día es posible que desee agregar menos paja a cada cubeta.

<sup>75</sup> Se necesitan 91 cubetas de 19 litros de tierra al año para compostar la orina que produce una persona en un año. Ya que se sacan 7 cubetas de tierra de 19 litros de cada cama de huerto de 1.52 metros de ancho durante el proceso del doble excavado, se necesitan 13 camas doble excavadas para tener la cantidad necesaria para compostar la orina. La tierra que se saque de otras camas en el huerto puede ser utilizada en otras pilas de composta.

<sup>76</sup> Datos experimentales indican que si no se agrega tierra a la orina, casi todo el nitrógeno que se encuentra en esa orina se puede perder. Sin embargo, se puede retener 30%, 45%, 70%, 80% y 85% de nitrógeno si se agregan 1, 2, 3, 4 y 5 partes de suelo (seco y en polvo) a 1 parte de orina (por volumen), respectivamente. (Viet Chy, *Human Faeces, Urine and Their Utilization* [Environmental Sanitation Information Center, Asian Institute of Technology, P.O. Box 2754, Bangkok, Tailandia, 1978]). Probablemente se puede agregar más tierra sin entorpecer el proceso de descomposición.

9) Cubra las cubetas con tapas herméticas y deje que la tierra y la paja absorban la orina durante aproximadamente 24 horas. *Debido a que la mayoría de las cubetas de 1926 litros son de plástico, la orina (combinada con paja y tierra) no debe permanecer en la cubeta por más de 24 horas para evitar que corroa el plástico. Lave la cubeta con un poco de agua después de agregar la orina, la paja y la tierra a una pila de composta como se describe a continuación y vacíe esa agua sobre una pila de composta que contenga orina.*

### Construya una pila de composta enriquecida con orina

10) Extienda las dos cubetas de paja, tierra y orina lo más uniformemente posible sobre las ramas y las ramitas que preparó en el paso #3. En las pilas de composta que no contienen orina, cada capa de material compostable debe regarse después de ser agregada a la pila. En el caso de las pilas de composta enriquecidas con orina, no es necesario regar las capas ya que ya están suficientemente húmedas. Sin embargo, *después de terminar la pila*, debe regarla para mantenerla tan húmeda como una esponja exprimida.

11) Después de cada vez que se agrega orina humana, paja y tierra a la pila de composta, debe sellar la pila para evitar que las moscas, mosquitos y otros portadores entren en contacto con los patógenos que se encuentran en la orina humana y que esparzan enfermedades. Una manera sencilla de lograr esto es construyendo un marco de madera y cubriéndolo con una malla ajustada como un mosquitero. Una lona o una capa gruesa de cualquier material disponible (hojas de palma o varas, por ejemplo) podrían ser efectivas, pero en general reducirán la cantidad de aire que entra y sale de la pila y puede alentar la descomposición anaeróbica. No debe haber espacio entre las orillas del fondo de la barrera y el suelo, esto para evitar que los insectos entren a la pila. Si las moscas entran a la pila, hay que voltearla para evitar que se reproduzcan. Las larvas de la mosca no pueden sobrevivir a temperaturas superiores a los 51°C.<sup>77</sup>

Si la pila atrae animales curiosos o quejas por parte de los vecinos, quizá sirva cubrirla con una lona que se encuentre sujeta al suelo con piedras o palos pesados. Asegúrese de remover la lona y el aire de la pila de vez en cuando para evitar que la pila se descomponga de manera anaerobia. A partir de la experiencia del autor, se detecta muy poco olor aun estando parado junto a la pila.

---

Es importante mencionar que, si se retiene el 85% de nitrógeno, el 15% que se pierde puede ser reemplazado sembrando cultivos de leguminosas que fijen nitrógeno. De hecho, una pérdida anual del 15% de nitrógeno de las pilas de composta que contienen orina generadas con la orina de una persona y 333 kg de paja de trigo como se describe anteriormente igualan los 0.78 g (5.216 kg [3.40 kg de la orina y 1.81 kg de la paja] x 0.07 g) de nitrógeno. Esta cantidad de nitrógeno puede ser agregada al suelo interplantando en las camas que producen paja habas de clima fresco y algarrobas como se describe en detalle en John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #14: The Complete 21-Bed Biointensive Mini-Farm: Fertility, Nutrition and Income* (Willits, CA: Ecology Action, 1987), pp. 4-15. La biomasa que se encuentra sobre el suelo proveniente de las habas y las algarrobas contiene 240 g de nitrógeno por cama. Si se pierde el 15% de este nitrógeno cuando las habas y las algarrobas se cosechen y se usen para la composta, 204 g se encontrarán disponibles en la composta curada. Ya que se necesitan un total de 782 g, solo se necesitan interplantar 3.8 camas de las 24.4 que producen trigo para producir los 782 g de nitrógeno que se pierdan.

Solo se retiene el 85% del nitrógeno original en la orina cuando se agrega tierra. Si se agregan residuos de cultivos carbonosos a la orina y a la tierra, esto incrementará la cantidad de nitrógeno que es retenida. La meta es que se retenga el 100% y esto puede ser posible a medida que se gana experiencia. Sin embargo, a partir del cálculo que se hizo anteriormente, cualquier cantidad de nitrógeno que se pierda puede reponerse fácilmente si se interplantan algunas camas que estén produciendo granos con cultivos compatibles que fijen nitrógeno.

Al compostar la orina con tierra ácida y/o oxigenar la pila de composta se evitará la pérdida de nitrógeno a través de la desnitrificación (Dr. Robert Parnes, comunicado personal, enero 3, 1995). Sin embargo, el voltear la pila más de una vez tiende a oxidar y alentar la pérdida de carbón de la pila de composta, lo que a su vez puede alentar de manera indirecta la pérdida de nitrógeno, debido a que el carbón se combina con y adhiere nitrógeno a los tejidos de los microorganismos en la pila de composta.

<sup>77</sup> R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981]

12) Siga agregando a la pila hasta que tenga por los menos 0.91 metros de alto. Si desea agregar todos los días, podría almacenar las cubetas y agregarlas a la pila cada cierto número de días. Cuando la pila esté completa, agregue 1 cubeta de 91 litros de tierra para terminarla (para ayudar a retener el amoníaco).

Repita la secuencia mencionada anteriormente para hacer todas las pilas posteriores de composta enriquecidas con orina.

Nota: La orina sin diluir es tóxica para las criaturas que viven en el suelo. Por lo tanto, aquellas personas que recomiendan agregar la orina directamente al suelo en vez de compostarla recomiendan primero diluirla con por lo menos 5 a 10 partes de agua por una de orina, para eliminar su toxicidad de manera efectiva. En el método para compostar orina que se describe aquí, agregar la orina a la tierra y a la paja y regar la pila de composta después de que ha sido construida probablemente diluirá, descompondrá y desintoxicará la orina lo suficiente de modo que no sea necesario diluirla con agua antes de agregarla a las cubetas con tierra y paja. (Vea “The Risk of Increasing Soil Salinity Through the Use of Urine-Enriched Cured Compost in the Garden”, página 38). Diluir la orina antes de agregarla a la paja y a la tierra requeriría una cantidad enorme y poco práctica de paja y tierra para absorber el líquido adicional.

### Mantenimiento de la pila de composta

13) Una vez que el agua de la orina empieza a evaporarse, probablemente necesitará regar la pila con la misma frecuencia con la que riega el resto de su huerto, a menos que esté cubierta con una lona en cuyo caso podría regarla con menos frecuencia. *Mantenga el nivel de humedad de la pila similar al de una esponja exprimida.*

Para evitar que la pila se humedezca demasiado y evitar la descomposición anaeróbica y que los nutrientes se filtren de manera excesiva, proteja la pila de la lluvia con materiales que tenga a la mano, madera o plástico. Sin embargo, la descomposición anaeróbica puede suceder cubriendo la pila con una lona, debido a que la lona puede evitar que el aire entre y salga de la pila. Si detecta un olor agrio y se da cuenta que la pila está demasiado húmeda, probablemente se esté descomponiendo de manera anaeróbica lo que en general produce composta curada de menor calidad (vea la comparación de la composta aeróbica y anaeróbica en la página 19). Voltee la pila inmediatamente para permitir que parte de la humedad se evapore. No riegue la pila y si la ha estado cubriendo con una lona, trate de no poner la lona sino hasta que el olor se haya ido lo que indica que una vez más se está descomponiendo de manera aeróbica.

14) En general, después de que se construye la pila de composta, su temperatura aumentará hasta llegar a los 48.8° a 60°C.<sup>78</sup> Después de una semana o dos, su temperatura empezará a bajar. “*Cuando el descenso exceda los 20 grados debajo de su nivel máximo, es momento de voltear la pila*”.<sup>79</sup>

Sin embargo, debido que una pila de composta enriquecida con orina utilizando este método no se construye de una sola vez sino durante un periodo de tiempo, la temperatura de la pila puede no llegar a su nivel máximo y descender una vez, sino que puede tener muchos mini-picos y muchas mini-caídas. Si este es el caso, voltee la pila cuando la paja que se encuentra cerca del centro de la pila huelga a humedad, cuando tenga un color café amarillento y se haya descompuesto parcialmente para que sea difícil decir que es. El voltear la pila implica hacer una pila nueva con el material en descomposición para que el material que se encuentra en la parte exterior de la pila vieja ahora esté en la parte interior de la nueva pila. Esto permitirá que el material que no se ha descompuesto en la parte exterior de la pila

---

<sup>78</sup> No dependemos del hecho de matar los patógenos que se encuentran en la pila de composta que contiene orina humana con calor extremo generado de la misma pila. Por lo tanto, no necesitamos permitir o alentar que la pila genere temperaturas que maten a los patógenos (en general 71°C o más). La desventaja de las pilas muy calientes es que producen menos composta curada, ya que se quema una cantidad mayor de la materia orgánica contenida inicialmente con el calor que destruye a los patógenos. No obstante, cuando compostamos el estiércol humano queremos que se genere suficiente calor en el centro de la pila para matarlos. Debemos considerar la desventaja que representa quemar nuestra composta curada al igual que a los patógenos cuando decidamos que método es el más apropiado para reciclar el estiércol humano.

<sup>79</sup> Paul D. Sachs, *Edaphos* (Newbury, VT: The Edaphic Press, 1993), p. 90.

vieja se descomponga. La velocidad a la cual se descompone una pila depende de la temperatura exterior y de qué tan rápidamente se construyó, de modo que puede tomar de 2 a 6 semanas después de completar la construcción de la pila para que esté lista para voltearla.

15) Después de que el suelo que contiene la pila se haya descompuesto completamente, será solo 1/2 o 1/3 parte su tamaño original.<sup>80</sup> Una pila de composta hecha de orina, tierra y paja se descompondrá y transformará en composta curada y humus de alta calidad en aproximadamente tres meses, con un rango de 2 a 12 meses dependiendo del tamaño y densidad del material carbonoso en la pila, el número de vueltas que se le dé a la pila (el voltearla más de una vez acelerará el proceso de descomposición pero también incrementará el porcentaje de pérdida de nitrógeno y carbón de la pila), la temperatura exterior y el tamaño de la pila.<sup>81</sup>

Esta composta curada puede ser usada inmediatamente. Si prefiere almacenarla, sepárela y deje que se seque de un 15% a un 20% óptimamente.<sup>82</sup> Después puede almacenar la composta curada seca en un recipiente que la proteja de la lluvia, la nieve y la intensa luz del sol.

#### El riesgo de aumentar la salinidad del suelo del huerto por el uso de composta curada enriquecida con orina

Cuando la orina compostada con paja se agrega al suelo, contiene la mayor parte de las sales (cualquier sustancia disuelta) que se encontraban originalmente en la orina. Si estas sales no se filtran o no las toman las plantas a un ritmo similar o mayor del que son agregadas, podrían acumularse en las regiones más altas del suelo. Los posibles resultados son:

- 1) *Aumento en el nivel de salinidad del suelo.* El peligro de que aumente la salinidad del suelo depende de la cantidad total de sales que se agregan al suelo a través de la fertilización (composta curada y/o fertilizantes) y el riego, y la cantidad de sales que se pierden a través de la filtración y la ingesta de las plantas. Un nivel mayor de salinidad en el suelo puede hacer que sea complicado para los cultivos extraer agua del suelo, lo que podría hacer que crezcan más lentamente o reducir su tamaño. La conductividad eléctrica (CE) del agua de riego se usa para predecir la probabilidad de que el agua de riego aumente los niveles de salinidad del suelo con el paso del tiempo.
- 2) *Disminución de la permeabilidad del suelo.* El peligro de que disminuya la permeabilidad del suelo depende de cuatro factores:
  - a) la cantidad total de sales que se agregaron al suelo a través de la fertilización y el riego y la cantidad de sales que el suelo pierde a través de la filtración y la ingesta de las plantas. El agua de riego que tiene pocas sales puede reducir la permeabilidad del suelo debido a la habilidad del agua para extraer calcio y otros minerales del suelo;
  - b) la cantidad de sodio en relación con las cantidades de calcio y magnesio que se agregan al suelo a través de la fertilización y el riego;

---

<sup>80</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, p. 59-60 y John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #10: Grow Your Own Compost Materials at Home* (Willits, CA: Ecology Action, 1981), p. 7. Datos actuales de pilas de composta hechas en la Mini-Granja de Investigación Biointensiva Common Ground indican que algunas pilas pueden descomponerse a tan solo 1/6 parte de su tamaño original. Dos condiciones resultarán en una producción menor de composta curada a partir del mismo volumen inicial de composta: 1) Que la proporción inicial carbón-nitrógeno sea menor a 30 a 1; y/o 2) si la pila se voltea más de una vez para acelerar la descomposición.

<sup>81</sup> Vea Steve Rioch, Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series, *Booklet #23: Biointensive Composting* (Willits, CA: Ecology Action, marzo 1990) para conocer las diversas señales que indican que una pila de composta está totalmente madura.

<sup>82</sup> Vea Steve Rioch, Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series, *Booklet #23: Biointensive Composting* (Willits, CA: Ecology Action, marzo 1990), p. 9. Para determinar el nivel de humedad de la composta, vea la misma página en la misma publicación.

- c) las cantidades de carbonatos y bicarbonatos que se agreguen. Los efectos combinados de estos primeros tres factores -- a), b) y c) – pueden predecirse calculando el “la tasa de ajuste de la Proporción de Adsorción de Sodio” (adj.SAR, abreviación en inglés). El SAR así como la conductividad eléctrica del agua de riego se usa para predecir el peligro de que el agua de riego disminuya la permeabilidad del suelo con el paso del tiempo;
- d) el tipo dominante de arcilla en el suelo. La arcilla que se encoje o que se hincha (como la montmorillonita) se ve afectada de manera más adversa que la que no se hincha (como la vermiculita-illita o la caolinita). Una disminución en la permeabilidad del suelo reduce la cantidad de aire y de agua (los dos elementos más importantes para un suelo fértil) que puede entrar al suelo y reducen la energía de los cultivos.

3) *Toxicidad de la sal* (más comúnmente boro, cloro y sodio). El peligro de acumular niveles tóxicos de ciertos minerales en el suelo depende de la diferencia entre las cantidades de estos minerales agregados al suelo a través de la fertilización y el riego y las cantidades que se pierden a través de la filtración y la ingesta de las plantas.<sup>83</sup>

*Como se muestra en el Apéndice B: Cálculos detallados #6, cuando la orina que una persona produce cada día es compostada y agregada a 24 camas de huerto,<sup>84</sup> tiene muy poco efecto en la salinidad, permeabilidad o toxicidad de la sal del suelo. El factor determinante más importante es la calidad del agua que se usa para regar el suelo y los cultivos.*

La orina humana (así como el excremento) ha sido utilizada durante muchos siglos por los antiguos andinos<sup>85</sup> y durante los últimos 4,000 años por los chinos<sup>86</sup> para fertilizar sus campos. Los andinos y los chinos (hasta recientemente cuando adoptaron las técnicas agrícolas químicas mecanizadas tradicionales) a diferencia de la mayoría de las civilizaciones humanas antes y después de ellos (incluyendo la nuestra), en general tuvieron éxito para mantener y lo que es aún mejorar la fertilidad de sus suelos. De modo que, con base en estas historias y los cálculos que se muestran en el Apéndice B: Cálculos Detallados #6, es muy poco probable que la orina compostada y aplicada de manera correcta comprometa la salud del suelo.

---

<sup>83</sup> R. S. Ayers y D. W. Westcot, *Water Quality in Agriculture, Irrigation and Drainage Paper #29* (Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1976), pp. 2-4, 7.

<sup>84</sup> Mientras que se necesitan 24.4 camas en el invierno para cultivar la paja necesaria para compostar toda la orina que una persona produce al año, se necesitan menos camas si también se siembran cultivos carbonosos de composta adicionales en el verano. En el capítulo 5 de esta publicación se dan dos ejemplos de sistemas que cultivan todos sus alimentos (calorías) y reciclan todos sus desechos (orina y excremento). En el ejemplo #1 se necesitan 24 camas y en el Ejemplo #2 se necesitan 35 camas. En cualquier sistema sustentable, toda la composta curada enriquecida con orina debe agregarse a *todas* las camas en las que se estén cultivando los alimentos de una persona con el propósito de mantener la fertilidad del suelo y cumplir con las cuatro metas del reciclaje de desechos humanos. Sin embargo, entre menos camas reciban la cantidad determinada de composta curada enriquecida con la orina que una persona puede generar anualmente, es mayor el riesgo de incrementar la salinidad del suelo. Por lo tanto, el número más pequeño de camas, 24 en el Ejemplo #1, se usa para determinar el riesgo de aumentar la salinidad del suelo agregando la composta curada con la orina producida por una persona durante un año. Si no se encuentra ningún riesgo, aumentar el número de camas que reciban composta curada enriquecida con la producción anual de orina de una persona no cambiará esta predicción.

<sup>85</sup> Edward Hyams, *Soil & Civilization* (New York, NY: Harper & Row, 1976), p. 22.

<sup>86</sup> F. H. King, *Farmers of Forty Centuries* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1911), pp. 193-205.

## Otros usos

Otros usos de los que se ha informado para la orina humana en el huerto: se usa para alejar a los venados del jardín (supuestamente, rociándola alrededor del perímetro del huerto “para marcar el territorio humano”) y como herbicida en casos específicos y limitados, por ejemplo, la orina fresca se adhiere a las hojas de los tallos huecos y los quema, pero no a las hojas de las cebollas. La orina humana sin diluir es tóxica para los organismos del suelo.<sup>87</sup> El ritmo al cual se puede aplicar la orina para que sea efectiva y no tóxica para los organismos del suelo dependerá de las condiciones climáticas y del suelo y debe determinarse a través de experimentación cuidadosa.

Cuando se agrega orina sin descomponer al huerto, se pierde mucho del nitrógeno y otros nutrientes que esta contiene. El costo de esta pérdida de nutrientes de la orina y el posible aumento en la velocidad a la cual se pierde el humus parece ser alto si lo hacemos para evitar deshierbar a mano.

Para más información, lea:

1. R. G. Feachem, et al. *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management -- A State of the Art Review*. Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981. (¡Gratis!)
2. Elaine Myers, “Pee on the Garden”, *The Permaculture Activist*, mayo 1992, pp. 21-22.
3. Dr. William S. Peavy, “An Analysis of Plant Nutrients in Urine”, *Maine Organic Farmer & Gardener*, noviembre / diciembre 1993, p. 18

*“Tomar alimentos de la capa superior del suelo y no regresarlos en forma de composta es suicida. El hombre occidental ha estado debilitando su propia existencia desde la introducción del estiércol químico y los servicios sanitarios. El hombre occidental ha estado expoliando a la tierra, tomando de ella todo tipo de cultivos y ha fracasado en reconocer la ley del retorno y del juego limpio. Pocas personas se dan cuenta de que cada tonelada de grano de trigo representa cuatro quintos de tonelada de tierra...En la medida en que este producto se usa para alimentar ganado, puede regresar a la tierra en forma de estiércol de animales de corral, pero la gran mayoría de los alimentos consumidos por la gente que vive en la ciudad al final deja sus tejidos en forma de desperdicio líquido y sólido y se pierde, esto debido al sistema moderno de aguas residuales”.*

- Richard St. Barbe Baker, Green Glory

---

<sup>87</sup> Elaine Myers, “Pee on the Garden”, *The Permaculture Activist*, mayo 1992, pp. 21-22.



## Capítulo 4

### **Reciclar el estiércol humano**

“Un hombre sensato es bueno para rescatar,  
para ver que nada se pierda”

- Lao Tse, 500 B.C.

#### Meta #1

##### Purificación del estiércol humano

La manera más sencilla pero *no la más segura* de reciclar el estiércol humano es simplemente agregarlo al suelo cuando aún está fresco. Esta es a veces la manera en la que se agrega el estiércol humano en las granjas de Asia. El problema con este método es que, si la gente o la parte comestible de los cultivos entran en contacto con el suelo enriquecido con estiércol humano fresco, seguramente se transmitirán enfermedades. El estiércol humano, aún si viene de personas sanas, contiene *muchos* patógenos.

En general representa un reto mayor regresar al suelo el estiércol humano sin esparcir enfermedades que regresar la orina. El calor, la desecación, la falta de aire, la competencia/consumo microbiano, el tiempo y/o los químicos pueden ser utilizados para destruir los patógenos que se encuentran en el estiércol humano. Después de que el estiércol ha pasado a través de diversos sistemas de aguas residuales y plantas de tratamiento convencional, no solo puede aún contener patógenos, sino que también ahora puede contener niveles tóxicos de metales pesados y agentes contaminantes industriales y caseros. Los métodos alternativos de tratamiento pueden resolver el problema y remover estas toxinas parcialmente, estos métodos serán descritos en las páginas 55-56.

#### Meta #2

##### Producción de suficiente humus a partir de los nutrientes que se encuentran en el estiércol humano para reponer el suministro que se perdió del suelo

Muy pocos de los métodos alternativos populares para el reciclaje del estiércol humano producen suficiente humus para reponer el suministro que se perdió del suelo en el que se cultivaron los alimentos para aquellas personas que contribuyen con su excremento. Sin embargo, todos los métodos alternativos que no producen humus podrían ser modificados para que sí lo hagan, aunque la cantidad de humus producida variaría. Si el estiércol ha pasado primero por un sistema de aguas residuales y ha sido contaminado con metales pesados u otros contaminantes, el estiércol deberá primero ser purificado para eliminar esos metales pesados antes de que pueda ser transformado en humus y que sea seguro agregarlo al suelo.

### Meta #3

#### Conservación y retorno al suelo de los nutrientes que se encuentran en el estiércol humano

Como se puede ver en la Tabla 1, el estiércol humano es rico en nutrientes que son esenciales para la fertilidad del suelo. En un año, cada uno de nosotros produce alrededor de 90.72 kg<sup>88</sup> de estiércol fresco que contiene aproximadamente 1.27 kg de nitrógeno (suficiente para fertilizar entre 5.6 y 28 camas dependiendo del rango de aplicación de 45.4 a 227.8 g de nitrógeno en forma de estiércol fresco por cama), 862 g de fósforo, 362.8 g de potasio, 907.2 g de calcio y diversas cantidades de todos los minerales traza.<sup>89</sup>

Si al suelo le hacen falta algunos minerales y como resultado de eso su salud no es óptima, esos minerales deberán ser agregados de fuentes externas. Los únicos minerales que se encuentran en el estiércol humano son aquellos que ya se encuentran en el suelo y que consumen las plantas y luego las personas. En otras palabras, los desechos humanos de aquellos que consumen alimentos que vienen de un suelo con deficiencia de minerales también tendrán deficiencia de minerales y *no podrán agregar ningún mineral que el suelo no tenga ya*. Una vez que el suelo tenga los minerales que necesita, en las proporciones correctas para que las plantas tengan una salud y crecimiento óptimos, es probable que no sea necesario agregar fertilizantes externos *siempre y cuando los minerales regresen de manera continua al suelo* en forma de orina y excremento procesados que hayan sido producidos por aquellos que consumen los alimentos que crecen en ese suelo.

Sin embargo, cuando el estiércol madura, el nitrógeno que contiene podría no estar disponible para regresar al suelo por tres razones.<sup>90</sup>

1) A pesar de que el nitrógeno en el estiércol humano es más estable y resistente a la degradación microbiana que el nitrógeno en la orina humana, al final el nitrógeno que se encuentra en el estiércol se convierte en amoníaco. El amoníaco, ya que es un gas, puede escapar al aire como en el caso de la orina, lo cual resultará en una pérdida importante de nitrógeno.

La producción de amoníaco hace que la descomposición del estiércol sea extremadamente alcalina lo que hace que la producción y volatilización del amoníaco continúe. Finalmente, el ritmo de producción del amoníaco disminuye y el estiércol se vuelve menos alcalino (su pH cae debajo de 8). Si el oxígeno se encuentra disponible para los microorganismos en el estiércol, el amoníaco que está presente en el estiércol se convierte en nitrato. Sin embargo, esto no evita la pérdida a futuro de nitrógeno del estiércol.

2) El nitrato se disolverá en el agua, así que si el estiércol está expuesto a la lluvia o al agua de riego habrá filtración excesiva de nitrato y se perderá nitrógeno.

---

<sup>88</sup> La cantidad de estiércol producida varía enormemente dependiendo del estilo de vida de una persona. Un omnívoro urbano produce, en promedio, 54.4 kg de estiércol húmedo por año; un vegetariano urbano produce alrededor de 81.6 kg de estiércol húmedo por año; y un vegetariano rural produce, en promedio, 163.3 kg de estiércol húmedo por año (R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management -- A State of the Art Review* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981], pp. 8-9).

<sup>89</sup> Harold B. Gotaas, *Composting: Sanitary Disposal & Reclamation of Organic Wastes, World Health Organization Monograph Series No. 31* (Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud, 1956); y Philip L. Altman y Dorothy Dittmer, eds., *The Biology Data Book Vol. 3*, segunda edición (Bethesda, MD: American Societies for Experimental Biology, 1974), pp. 1489-90.

<sup>90</sup> Hay una gran escasez de literatura publicada acerca de los cambios bioquímicos que ocurren cuando el estiércol y la orina de los humanos madura. Como resultado de eso mucha de la información que sigue acerca de cómo conservar el nitrógeno y otros nutrientes que se encuentran en el estiércol de la mejor manera está basada en el supuesto de que los cambios que ocurren cuando el estiércol humano madura son similares a aquellos que ocurren cuando madura el estiércol de los animales.

3) Aún si no hay filtración, el nitrógeno puede escapar a través de un proceso llamado *desnitrificación*, en ese proceso el nitrato pasa a ser un gas que se escapa y termina en el aire. Para que este proceso ocurra, debe de haber nitrato, materia orgánica y falta de oxígeno.<sup>91</sup>

Cuando el estiércol húmedo de los animales madura, comúnmente se pierde el 50% de su nitrógeno a través de la volatilización del amoníaco y de la desnitrificación y es posible que la pérdida en el estiércol de los humanos sea similar. Una manera de reducir la cantidad de nitrógeno que se pierde sería esparcir el estiércol en capas delgadas y dejar que se seque. (Es importante que ni las moscas ni ningún otro insecto que pueda transmitir enfermedades entre en contacto con el estiércol que se está secando, lo que puede hacer el secado poco práctico). Incorporar el estiércol seco al suelo en lugar de dejarlo en la superficie reduciría aún más la cantidad de nitrógeno que se pierde. Una tercera manera de reducir la cantidad de nitrógeno que se pierde del estiércol humano sería dejar que se descomponga de manera anaeróbica. Cuando el estiércol de animales se descompone en ausencia de aire, los ácidos orgánicos que se producen reducen la cantidad de amoníaco producido. Muy poco del amoníaco que se produce se convierte en nitrato ya que este proceso requiere oxígeno. Para descomponer el estiércol de manera anaeróbica debe mantenerse ligeramente húmedo -- si está muy seco, dejará entrar aire y producirá amoníaco y si está muy húmedo, se pudrirá y emitirá olores desagradables lo que puede atraer moscas y otros animales.<sup>92</sup> Una cuarta manera y probablemente la más práctica para disminuir la cantidad de nitrógeno que se pierde es compostar el estiércol con mucha tierra y material carbonoso de plantas por las razones descritas en “Compostaje de la Orina Humana”. Cómo compostar el estiércol humano se describe en detalle en las páginas 69 a la 83. Aunque se pierda el 50% del nitrógeno que se encuentra en el estiércol humano, todo el nitrógeno que se pierde puede regresar del aire al suelo cultivando leguminosas que fijan el nitrógeno atmosférico. (Para ver un debate más detallado acerca de esto, vea las páginas 81-82).

El nitrógeno es el elemento que se pierde más fácilmente de los desechos humanos, pero quizá no sea su elemento más importante. A diferencia del fósforo en muchos fertilizantes inorgánicos, el fósforo en el estiércol animal (y posiblemente en el estiércol humano) se encuentra fácilmente disponible y utilizable para las plantas. No es conveniente agregar minerales traza en forma inorgánica, pero tanto el estiércol como la orina humana son ricos en minerales traza. También los microorganismos y las enzimas, las vitaminas, hormonas y otras moléculas orgánicas en el estiércol humano podrían incrementar la fertilidad del suelo y la fuerza de los cultivos en maneras que no entendemos completamente.<sup>93</sup>

#### Meta #4

##### Aplicación correcta del nitrógeno

El porcentaje de nitrógeno disponible contenido en el estiércol humano es menor a todo el que se encuentra en el estiércol de las aves, aproximadamente el mismo que el que se encuentra en el estiércol de borrego y de cerdo y más elevado que el que se encuentra en el estiércol de caballo y vaca. Con base en un estudio escandinavo que se llevó a cabo durante 18 años que descubrió que el estiércol crudo de animales de corral no identificados es igual o superior al estiércol compostado para mejorar la salud del suelo (vea la página 25 de esta publicación), el estiércol humano aún si está crudo es benéfico para el suelo y para la salud de los cultivos (aunque puede ser un peligro para la salud humana dependiendo de la manera en que es aplicado al suelo)

---

<sup>91</sup> Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), pp. 43, 75-76.

<sup>92</sup> Dr. Robert Parnes *Fertile Soil*, (Davis, CA: AgAccess, 1990), pp. 44-45.

<sup>93</sup> Extrapolado con estiércol humano con información de estiércol animal del Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 44.

siempre y cuando no se apliquen más de 227.7 g de nitrógeno en forma de estiércol humano procesado por cada 10 m<sup>2</sup> por año. Tradicionalmente, no es necesario agregar el estiércol humano fresco, se puede dejar madurar antes de regresarlo al suelo.<sup>94</sup>

0.067 m<sup>3</sup> de composta curada enriquecida con estiércol humano como se describe en las páginas 62 a la 72 contienen 227.7 g de nitrógeno curado.<sup>95</sup>

---

<sup>94</sup> Una práctica tradicional es usar estiércol [animal] en estado de putrefacción en cultivos que se desarrollan rápidamente y estiércol fresco en los que se desarrollan más lentamente, aunque el sabor de algunos de los cultivos se ve afectado cuando se fertilizan con estiércol fresco (Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* [Davis, CA: AgAccess, 1990], pp. 44, 46.

Por otra parte, cuando los agricultores chinos cambiaron y en lugar de fertilizar sus cultivos con desperdicios humanos, animales y vegetales, los fertilizaron con químicos sintéticos, se “quejaron de que el arroz estaba ‘más duro y no era tan bueno para comer’ y dijeron ‘si solo usas fertilizante de la familia, tiene un mejor sabor’” (Michael Ableman, *From the Good Earth* (New York: Harry N. Abrams, Inc., 1993), p.58

En cualquier caso, se debe estar absolutamente seguro de que el estiércol que se usa para fertilizar el suelo en el que se sembrarán cultivos de raíz o de hojas hayan cumplido con los requisitos estrictos descritos en el Capítulo 4 para asegurarse de que los patógenos que contiene hayan sido destruidos.

<sup>95</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #1.

## Nueve métodos alternativos para procesar el estiércol humano

En este capítulo se describen nueve métodos alternativos para procesar el estiércol humano<sup>96</sup>, la mayoría de los cuales usan menos recursos y menos energía y requieren menos capital que el método tradicional de tratamiento que usa sistemas masivos de aguas residuales y plantas de tratamiento. Una ventaja aún más importante de estos métodos alternativos es que, a diferencia de los tratamientos tradicionales, pueden lograr algunas o las 4 metas del reciclaje de los desechos humanos. Los métodos alternativos son:

- 1) Acuacultura
- 2) Humedales diseñados por los humanos
- 3) “Sistemas acuáticos solares”
- 4) Un sistema regenerativo de algas
- 5) Peletización
- 6) Calefacción solar
- 7) Composteo
- 8) Árboles
- 9) Granos y plantas perennes

Todos los métodos alternativos descritos en este libro para reciclar el estiércol humano que no producen composta curada podrían modificarse para que lo hagan para así reponer el abastecimiento de humus del suelo. *Debido a que ninguno de los métodos exige que se agreguen más de 227.8 g de nitrógeno total a 10 m<sup>2</sup> por año, se asume que todos los métodos logran la Meta #4, que no se discutirá más y que no se usará para comparar los métodos en la Tabla 3.*

La Tabla 3 es una comparación de los nueve métodos alternativos para procesar el estiércol humano que se discuten en este libro. La evaluación que se hace a cada método asume que el método es parte de un sistema sustentable de cultivo de alimentos. Por lo tanto, si el método para purificar el estiércol no produce también alimentos para las personas que generan los desechos, la evaluación reflejará el terreno adicional y el agua y los recursos que se necesitarían.

*En la década de los 60s, los agricultores chinos empezaron a usar fertilizantes químicos en lugar de usar desechos humanos en sus granjas. Ahora los agricultores se quejan “de que el arroz es ‘más duro y no tan bueno para comer’ y dicen que ‘si solo usas fertilizante de la familia, tiene un mejor sabor’”.*

- Michael Ableman, The Good Earth

---

<sup>96</sup> De los nueve métodos enlistados anteriormente, acuacultura, humedales diseñados por los humanos, “sistemas acuáticos solares” y un sistema regenerativo de algas procesan de manera simultánea la orina y el excremento humanos.

Tabla 3

**Métodos comparados**

Método	Meta #1	Meta #2	Meta #3	Terreno requerido <sup>E</sup>	Energía y recursos requeridos	Agua requerida <sup>M</sup>	Utilizable por una persona o familia?	Utilizable en climas fríos
	Desechos humanos purificados	Producción suficiente de humus	Minerales regresaron a los alimentos ¿produciendo suelo?					
Acuicultura	Frecuentemente No	No <sup>C</sup>	Posiblemente	Bajo	Muy bajo	Alto	Si	No
Humedales diseñados por humanos	Químicos-Si	No <sup>C</sup>	Posiblemente <sup>D</sup>	Alto <sup>F</sup>	Alto <sup>J</sup>	Muy alto	No	No
Sistemas acuáticos solares	Químicos-Si	No <sup>C</sup>	Posiblemente <sup>D</sup>	Medio <sup>G</sup>	Medio <sup>K</sup>	Alto	Posiblemente	Si
Sistema regenerativo de algas	Posiblemente <sup>B</sup>	No <sup>C</sup>	Si	Alto <sup>H</sup>	Medio <sup>L</sup>	Muy alto	Si	Poco probable
Peletización	Si-calor	No	Posiblemente <sup>D</sup>	Medio <sup>J</sup>	Muy alto	Alto <sup>N</sup>	No	Si
Cocina solar	Si-calor	No	Si	Bajo <sup>I</sup>	Bajo	Bajo	Si	Posiblemente
Compostaje	Si-calor	Si	Si	Bajo	Muy bajo	Bajo	Si	Si
Arboles	Si-tiempo	Si	Si	Bajo	Muy bajo	Bajo	Si	Si
Granos y Perenes	Si-tiempo	Si	Si	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Si	Si

### Notas para la Tabla 3

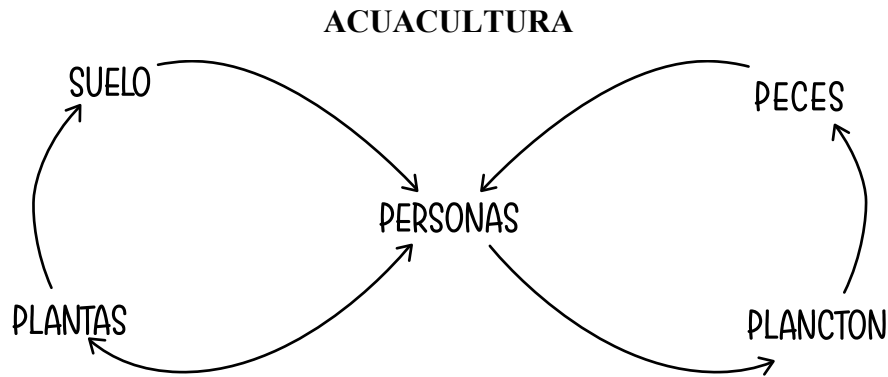
- A) “Químicos”, “Calor”, etc. se refiere al método principal utilizado para remover los patógenos. No se considera la eliminación de contaminantes tóxicos en este apartado.
- B) Lo que se aplica al suelo en el que se producen alimentos como fertilizante puede no haber estado expuesto a condiciones anaeróbicas durante un tiempo suficiente para matar a los gusanos del género *Ascaris* y otros gusanos parásitos que pueden ser comunes en la comunidad. Los gusanos parásitos del género *Ascaris* pueden causar obstrucción mecánica en el tracto digestivo humano y una reducción en la utilización y absorción de los alimentos.<sup>97</sup> Los *Ascaris* se encuentran en todo el mundo.<sup>98</sup>
- C) Se podría producir suficiente humus solo si se incorpora el composteo al sistema y las plantas no acumulan cantidades excesivas de toxinas.
- D) Debido a que el método en general requiere un sistema de aguas residuales para llevar los desechos al lugar de tratamiento, que los nutrientes que se encuentran en los desechos puedan regresar al suelo depende de la cantidad de contaminantes tóxicos que se encuentran en los desechos antes de ser procesados. En el caso de los métodos que usan plantas purificadoras de agua, si hay un nivel excesivo de toxinas en el desperdicio, las plantas podrían absorberlas y acumular un nivel de toxinas que se quedaría en sus tejidos cuando se descompongan y podrían causar que la composta que se genera sea demasiado tóxica para agregar al suelo.
- E) Para evaluar a cada método se toma en cuenta la cantidad de terreno adicional que se requeriría para cultivar los alimentos para las personas que generan la orina y el excremento. El terreno requerido por algunos de los sistemas para reciclar los desechos humanos de manera sustentable quizá no esté disponible actualmente o en el futuro para muchas personas en el mundo. Para más información acerca de la cantidad promedio de tierra disponible per cápita actualmente y en el futuro, vea el Apéndice D: La Gráfica del Círculo.
- F) Se requieren aproximadamente 8.08 m<sup>2</sup> por persona para tratar los desechos de una comunidad, pero el método no produce alimentos para esa comunidad.
- G) A pesar de que tan solo se necesitan 0.56 m<sup>2</sup> por persona para tratar los desechos de una comunidad, quizá se necesite terreno adicional para transportar las aguas residuales de las casas al lugar donde serán tratadas y para cultivar los alimentos para las personas que están generando esas aguas residuales.
- H) La calificación se debe a que el sistema depende del ganado.
- I) Debido a que se produce muy poco humus y a que se pierde mucho del carbón y del nitrógeno que se encuentra en los desechos, se necesita terreno adicional para producir suficiente composta para mantener la fertilidad del suelo en el que se cultivan los alimentos.
- J) El método usa plantas de tratamiento tradicionales para la purificación final de las aguas residuales.
- K) SAS usa ozono para purificar y eliminar los patógenos que se encuentran en los desechos y lo hacen en invernaderos que quizá necesitan calentarse en el invierno para que el método funcione correctamente.
- L) Esta calificación podría cambiar dependiendo del método que se usa para purificar aún más los sedimentos que se producen a partir de la descomposición anaerobia de los desechos ya que aún podrían contener patógenos.
- M) La evaluación que se hace de cada método toma en cuenta la cantidad adicional de agua que se requeriría para cultivar los alimentos de las personas que generan la orina y el excremento.
- N) Actualmente la peletización depende de los sistemas de aguas residuales que requieren grandes cantidades de agua para transportar los desechos a la planta de procesamiento.

Los primero cuatro métodos alternativos que serán descritos usan plantas purificadoras para eliminar las toxinas que los métodos tradicionales de tratamiento de aguas residuales no pueden eliminar. Todos están diseñados para ser utilizados por comunidades, pueblos y ciudades a pesar de que algunos podrían ser menos apropiados para individuos y familias. Los cuatro sistemas son menos costosos y consumen mucha menos energía y menos recursos que los sistemas tradicionales para purificar la misma cantidad de aguas residuales y no requieren personal altamente capacitado para usarlos.

---

<sup>97</sup> R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981], pp. 21, 65.

<sup>98</sup> R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981], pp. 22.



Durante muchos siglos y hasta la actualidad la gente ha vivido en lugares en los que el agua es abundante durante todo el año y con frecuencia han ubicado sus excusados sobre estanques de agua natural. Los nutrientes que se encuentran en los desechos alimentan al plancton que a su vez alimenta a los peces que alimentan a las personas que producen más orina y más excremento para alimentar al plancton y continuar con el ciclo. Los nutrientes también alimentan a las plantas que se encuentran en el estanque, las cuales pueden ser cosechadas periódicamente y pueden ser consumidas o compostadas para después agregarlas a las tierras de labranza.

Uno de los retos a los que se enfrentan los sistemas de acuicultura es que la *Meta #1, purificación del estiércol*, es difícil de lograr. Debido a que el excremento está fresco y no está procesado cuando entra en contacto con el estanque, todos los patógenos que contiene deben ser destruidos en el estanque para no esparcir enfermedades cuando se consuman los peces o las plantas. Sin embargo, algunos de los patógenos que son transmitidos a través del estiércol humano incluyendo a los gusanos parásito, no solo no son destruidos, sino que prosperan en los estanques. Por ejemplo, parte del ciclo reproductivo del gusano responsable de la esquistosomiasis urinaria sucede en un ambiente acuático intermedio y un huevo puede dar origen a miles de larvas.<sup>99</sup> Las larvas de anquilostomas pueden sobrevivir hasta 1.5 años en el agua.<sup>100</sup> Algunos virus, como los responsables de la polio, pueden ser detectados hasta de 3 a 5 meses después de que entraron y contaminaron una fuente de agua.<sup>101</sup> Si los peces o las plantas del estanque son consumidos antes de que haya pasado suficiente tiempo para matar los patógenos que estaban en el excremento que entró en contacto con el estanque, los patógenos podrían sobrevivir y causar enfermedades. Para asegurar que estos patógenos sean destruidos antes de que se consuma algún producto del estanque, se podrían usar dos estanques: solo un estanque recibiría desechos humanos durante 1.5 años (asumiendo que el gusano anquilostoma sea común en la comunidad). Durante los siguientes 1.5 años, el segundo estanque recibe desechos humanos mientras que los organismos en el primer estanque tienen tiempo para destruir los patógenos que fueron introducidos. Una complicación más es que los estanques pueden servir como criadero de insectos como los mosquitos que transmiten muchas enfermedades mortales y con frecuencia no pueden ser eliminados con solo mejorar las condiciones sanitarias. Si estos son peligros que usted probablemente tenga que enfrentar, quizá sea más seguro elegir otros intermedios para purificar y reciclar sus desechos.

Una ventaja de la mayoría de los sistemas de acuicultura es que los desechos humanos nunca entran en un sistema de aguas residuales, sino que van directamente a un estanque, de modo que los desechos no son contaminados con los metales pesados y otras toxinas que se encuentran típicamente en el sistema de aguas residuales.

<sup>99</sup> R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management -- A State of the Art Review* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981], p. 52.

<sup>100</sup> W. Nicoll, "Observations on the Influence of Salt and Other Agents in Modifying the Larval Development of the Hookworms *Ancylostoma duodenale* and *Necator americanus*", *Parasitology*, Vol. 9, 1917, pp. 157-189.

<sup>101</sup> A. J. Rhodes, et al., "Prolonged Survival of Human Poliomyelitis Virus in Experimentally Infected River Water", *Canadian Journal of Public Health*, Vol. 41, 1950, pp. 146-149; y N. A. Clarke, R. E. Stevenson, y P. W. Kabler, "Survival of Coxsackie Virus in Water and Sewage", *Journal of the American Water Works Association*, Vol. 48, 1956, pp. 677-682.



Aunque el pescado, cuando se cocina durante mucho tiempo para matar los patógenos que se encuentran dentro o fuera de él, puede ser una fuente valiosa de nutrientes y calorías, los vegetales son necesarios para tener una dieta completa y balanceada. Aunque el resto de las plantas acuáticas pueden ser compostadas, si no contienen suficiente carbón, no se generará suficiente humus para reponer el suministro de humus del suelo en el que se cultivan los vegetales. Por lo tanto, para que un sistema de acuicultura pueda lograr la *Meta #2, producción suficiente de humus*, se necesitaría un terreno adicional para sembrar cultivos carbonosos que podrían ser compostados para generar humus y reponer el suministro del suelo.

Debido a que los vegetales, granos y otros cultivos contienen minerales derivados del suelo, si esos minerales (la mayoría de los cuales se encuentran en la orina y el estiércol de aquellos que consumen los alimentos) son devueltos al estanque y no al suelo, al final el suelo tendrá una menor cantidad de ciertos minerales. Por lo tanto, para que el sistema de acuicultura sea sustentable y pueda lograr la *Meta #3, regreso de los minerales al suelo en el que se cultivan alimentos*, los minerales que los cultivos absorben y que las personas consumen deben regresar al suelo de la granja ya sea: 1) fluyendo del estanque hacia el terreno en el que está creciendo el resto de la dieta; o 2) siendo absorbidos por las plantas que crecen en el estanque. Las plantas deben entonces ser compostadas y regresar al suelo en forma de composta curada. Si no hay suficiente agua y flujo de nutrientes o absorción de nutrientes por parte de las plantas y los nutrientes de las plantas se acumulan en el fondo del estanque, el lodo del fondo rico en nutrientes debe ser removido de vez en cuando para agregarlo al suelo en el que se están cultivando alimentos. Esto es posible si hay un barco (bote) disponible y equipado con una bomba para cieno para poder remover el lodo, o algo más sencillo si el estanque se seca en algún momento del año o si se puede drenar para que el lodo del fondo pueda ser extraído y agregado al suelo de la granja.<sup>102</sup> Aún así, entre el 70% y el 80% del nitrógeno en el estiércol podría perderse al descomponerse en el estanque.<sup>103</sup> Puede ayudar analizar el suelo periódicamente para determinar si los minerales del suelo se están agotando o si están siendo repuestos.<sup>104</sup>

La cantidad de nitrógeno que se aplica al suelo no debe ser mayor a 45 a 227.8 g por cada 10 m<sup>2</sup> por año para lograr la *Meta #4, aplicación correcta del nitrógeno*. La cantidad de nitrógeno que puede agregarse de manera segura a un estanque dependerá de un número de factores como el área de la superficie y la profundidad del estanque, el nivel de flujo anual, las necesidades de los diferentes organismos y plantas del estanque y lo que pueden tolerar y los usos del agua río abajo.

Se necesita investigar más para saber cómo agregar nuestros desechos a un estanque de modo que se beneficie todo el ecosistema del que formamos parte.

#### Para más información, lea:

- The New Alchemy Institute. *The Journal of New Alchemists* (cualquier ejemplar). Woods Hole, MA: New Alchemy Institute, Inc.
- R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management -- A State of the Art Review*. Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981. (¡Gratis!)
- G. A. Rohlich, et al. *Food, Fuel, and Fertilizer from Organic Wastes*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1981.

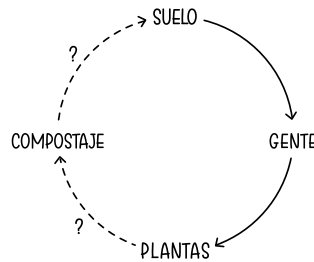
---

<sup>102</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, *China: Recycling of Organic Wastes in Agriculture*, FAO Soils Bulletin #40 (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1977), pp. 9-10.

<sup>103</sup> Extrapolado con estiércol humano con información de estiércol animal presentada por David E. Chaney, et al., *Organic Soil Amendments and Fertilizers*, Publication 21505 (Oakland, CA: University of California, 1992), p.16.

<sup>104</sup> For a thorough soil analysis, check [www.growyoursoil.org](http://www.growyoursoil.org) for guidance and recommendations.

## HUMEDALES DISEÑADOS POR HUMANOS



### Sistema Arcata

Cuando las descargas de la planta de tratamiento de aguas residuales en Arcata, California ya no cumplieron con los estándares del gobierno, el Dr. Bob Gearheart, profesor de ingeniería medioambiental en la Humboldt State University, el Dr. George Allen, profesor de pesquerías en Humboldt y Frank Klopp, director de obras públicas de Arcata unieron fuerzas para idear una solución. Provocados por una sugerencia de un “alumno de Allen que sacaba bajas calificaciones y siempre dormía en clase”,<sup>105</sup> el trío puso manos a la obra y finalmente crearon una alternativa más económica y amigable con el intermedio ambiente para la planta regional de tratamiento propuesta por el estado. Esa alternativa se llama humedales diseñados por humanos. Con el apoyo de la gente de Arcata y la perseverancia de Gearheart, Allen y Klopp, la construcción de los humedales fue aprobada de mala gana por el estado. En 1986, se terminaron los humedales y desde entonces han estado purificando las aguas residuales de Arcata bajo estándares terciarios (vea la página 3).<sup>106</sup>

En el sistema de humedales de Arcata, las aguas residuales de Arcata primero pasan por una planta de tratamiento tradicional en donde son tratadas para cumplir con los estándares primarios. Luego esas aguas son bombeadas a estanques de oxidación donde son tratadas para cumplir con los estándares secundarios. Después de que los sólidos que se hallaban suspendidos llegan al fondo, el líquido fluye a través de una serie de tres pantanos de 1 ha durante dos días alimentando a las totoras, juncos y otras plantas amantes de los pantanos con los nutrientes que contiene.<sup>107</sup> Aproximadamente el 90% de los metales pesados que se encuentran en las aguas residuales son extraídos por las plantas y microbios que viven en los pantanos y que absorben e incorporan esos metales pesados a sus tejidos. Las plantas y microbios también pueden descomponer pesticidas, solventes industriales y otras toxinas que se encuentran en las aguas residuales,<sup>108</sup> pero no pueden remover todos los patógenos. Con el objetivo de poder lograr la *Meta #1, la purificación de los desechos*, las aguas residuales son bombeadas de regreso a la planta de tratamiento en donde son tratadas con cloro para matar cualquier patógeno que haya quedado y después son decloradas y descargadas en la Bahía Humboldt.<sup>109</sup>

El agua que ha sido vertida está en realidad más limpia que la bahía misma y es lo suficientemente pura como para criar salmón.<sup>110</sup> Debido a que las plantas acumularon toxinas industriales, son cosechadas y quemadas para evitar que las toxinas se acumulen y dañen los humedales.<sup>111</sup>

---

<sup>105</sup> James Willwerth, “A Swamp Makes Waste To Be Sweet Again”, *Time*, marzo 20, 1989; y William Price, “The Marsh That Arcata Built”, *Sierra*, mayo/junio 1987, p. 52.

<sup>106</sup> *Garbage*, enero/febrero 1990, p. 29; y Susan Dillingham, “Letting Nature Do The Dirty Work”, *Insight*, enero 16, 1989, p. 50.

<sup>107</sup> Susan Dillingham, “Letting Nature Do The Dirty Work”, *Insight*, enero 16, 1989, p. 50.

<sup>108</sup> Bruce E. Goldstein, “Sewage Treatment, Naturally”, *Worldwatch*, julio/agosto, 1988, p. 5.

<sup>109</sup> Susan Dillingham, “Letting Nature Do The Dirty Work”, *Insight*, enero 16, 1989, p. 50.

<sup>110</sup> J. William Price, “The Marsh That Arcata Built”, *Sierra*, mayo/junio 1987, p. 53.

<sup>111</sup> Bruce E. Goldstein, “Sewage Treatment, Naturally”, *Worldwatch*, julio/agosto, 1988, p. 5-6.

El sistema de humedales de Arcata tiene por lo menos tres ventajas sobre las plantas de tratamiento de aguas residuales tradicionales. Primero, es una manera mucho más barata para un pueblo o ciudad de purificar sus aguas residuales y cumplir con los estándares terciarios. Arcata calcula que con su sistema de humedales han ahorrado 2 millones de dólares en costos de capital a diferencia de las plantas regionales de tratamiento defendidas por el estado.<sup>112</sup> Segundo, Gearhart piensa que las totoras que crecen en los pantanos se pueden cosechar y luego convertirlas en combustible para proporcionar el 10% del combustible que usa la fuerza policíaca de Arcata.<sup>113</sup> Tercero, los humedales han transformado un lugar espantoso en el que se enterraban los residuos localmente llamado Mount Trashmore y otras tierras vecinas abandonadas en hermosos hábitats que están repletos de casi 200 especies de aves, mamíferos, anfibios y otros tipos de flora y fauna que atraen a locales y a turistas por igual.<sup>114</sup> A pesar de los bosques de secoyas y algunas playas aisladas, la planta natural de tratamiento de aguas residuales de Arcata es con frecuencia un lugar favorito para pasar el tiempo libre.<sup>115</sup>

Para ver ilustraciones de un sistema así, vea:

Will Browne, "From Waste to Wealth", *Resurgence*, enero/febrero 1994, pp. 18-19.

#### Sistema Wolverton de filtrado de plantas de roca microbiana

El Dr. B.C. Wolverton, anteriormente con la NASA y ahora al frente de Wolverton Environmental Services, ha diseñado varias plantas naturales de tratamiento de aguas residuales que actualmente son utilizadas en diversos pueblos y ciudades de los Estados Unidos. En su sistema, las aguas residuales de un pueblo o ciudad son bombeadas a un estanque de oxidación donde microorganismos aeróbicos y anaeróbicos se encargan de su descomposición durante aproximadamente tres meses. Luego, estas aguas se mueven a través de un filtro rock-reed en el cual los microorganismos que están asociados con las raíces de las plantas acuáticas como los juncos, alcatraces, lirios y singonios se encargan de descomponerlas aún más. La planta de filtro de roca microbiana (MRPF, abreviación en inglés) es prácticamente igual al sistema de Wolverton que ha sido promovido por la EPA (organización líder a nivel mundial que lleva a cabo investigaciones acerca del medio ambiente y la salud humana) como un sistema alternativo viable y de bajo costo en lugar de una planta tradicional de tratamiento de aguas residuales para comunidades pequeñas.

Las instalaciones actuales de tratamiento de aguas residuales no tienen que ser abandonadas al establecer un sistema Wolverton o MRPF, más bien pueden ser incorporadas dentro del sistema para pre-tratar las aguas residuales. Ya que cuesta 1/30 parte de lo que cuesta crear una planta tradicional de tratamiento de aguas residuales, un sistema Wolverton o MRPF es mucho más barato y más amigable con el medio ambiente ya que es una alternativa benéfica para mejorar la calidad de las aguas residuales que se vierten en nuestras vías fluviales.

Una desventaja del sistema de Arcata y de los sistemas Wolverton y MRPF es que requieren más terreno que un sistema tradicional -- alrededor de 8.09 a 24.3 ha por cada 10,000 personas<sup>116</sup>—lo que puede hacer que otros pueblos o ciudades decidan no adoptar un sistema así. *En los lugares en los que los inviernos son lo suficientemente fríos como para inhibir la actividad biológica de las plantas y microbios que se encuentran en los humedales, quizá se requiera terreno adicional para almacenar las aguas residuales hasta que el clima más cálido le permita a los humedales purificar los desechos de manera apropiada.*<sup>117</sup> Para más información acerca

---

<sup>112</sup> Susan Dillingham, "Letting Nature Do the Dirty Work", *Insight*, enero 16, 1989, p. 50.

<sup>113</sup> J. William Price, "The Marsh That Arcata Built", *Sierra*, mayo/junio 1987, p. 53.

<sup>114</sup> J. William Price, "The Marsh That Arcata Built", *Sierra*, mayo/junio 1987, p. 53.

<sup>115</sup> *Garbage*, enero/febrero 1990, p. 28.

<sup>116</sup> Susan Dillingham, "Letting Nature Do the Dirty Work", *Insight*, enero 16, 1989, p. 51; y *Garbage*, enero/febrero 1990, p. 28-29.

<sup>117</sup> Christopher Hallowell, "Plants That Purify: Nature's Way to Treat Sewage", *Audubon*, enero/febrero 1992, pp. 76-80.

de la cantidad promedio actual y a futuro de tierra disponible per cápita, vea el Apéndice C: La Gráfica del Círculo.

Una desventaja del sistema de humedales Arcata específicamente es que aún depende en parte de una planta tradicional de tratamiento que es cara y que consume energía y recursos para purificar sus aguas residuales y para lograr la *Meta #1, purificación de las aguas residuales*. Los sistemas Wolverton y MRPF no necesitan de una planta tradicional para el tratamiento de aguas residuales, ellos solo las limpian para cumplir con los estándares secundarios y es probable que queden patógenos en las aguas residuales tratadas. Además, los tres sistemas, al igual que la acuicultura, tienen el potencial de servir como lugares de cría para mosquitos que transmiten malaria y caracoles que traen consigo esquistosomas que son los parásitos que causan daño al hígado.<sup>118</sup> Sin embargo, es probable que los depredadores de mosquitos y caracoles también formen parte del ecosistema de humedales y los mantengan bajo control. Estos depredadores pueden ser, en parte, los peces que viven en el estanque. Antes de consumir los pescados, estos deben ser cocinados perfectamente para matar cualquier patógeno que el pez haya consumido.

Otra desventaja del sistema de humedales Arcata es que al usar estanques de oxidación para tratar las aguas residuales y cumplir con los estándares secundarios, algunos de los nutrientes y la mayoría de los nutrientes menos solubles que se establecen en el fondo de los estanques se pierdan y es muy difícil quitarlos y regresarlos a las tierras agrícolas. Por lo tanto, es probable que la *Meta #3, regreso de los nutrientes que se encuentran en los desechos a las tierras en las que se cultivan alimentos*, y por consiguiente la *Meta #2, producción de suficiente humus* no se logren.

Enfrentamos más retos cuando usamos humedales diseñados por humanos y queremos lograr las Metas #2 y #3 que son idénticos a los retos que se enfrentan cuando se usan los Sistemas Acuáticos Solares y que se describen en la siguiente sección.

Una ventaja de estos sistemas es que están ganando popularidad y han probado ser efectivos al momento de limpiar las aguas residuales en diferentes condiciones climáticas. Para lograr la aprobación para la instalación y uso del sistema de humedales, primero contacte al representante del departamento de salud de su condado responsable de aprobar dichas peticiones. Si el representante no está informado acerca de los sistemas de humedales, contacte a la Cámara de Compensación de Pequeños Flujos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency's Small Flows Clearinghouse). Esta agencia enviará el manual apropiado de la Agencia de Protección Ambiental a su representante de salud que describe cómo funcionan los humedales y cómo inspeccionarlos y aprobarlos.

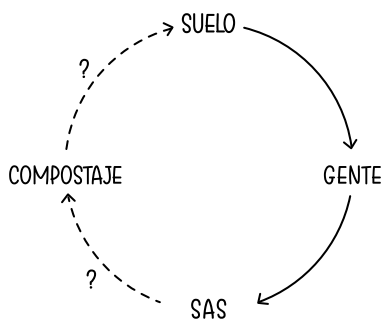
Para más información contacte:

- United States Environmental Protection Agency's Small Flows Clearinghouse (800) 6-24-8301

---

<sup>118</sup> Bruce E. Goldstein, "Sewage Treatment, Naturally", *Worldwatch*, julio/agosto 1988, p. 6.

## SISTEMAS ACUÁTICOS SOLARES



Los “Sistemas Acuáticos Solares” (SAS) desarrollados por el Dr. John Todd, antes director del New Alchemy Institute y ahora a cargo de Ocean Arks International (OAI) no requieren más tierra de la que requieren los sistemas convencionales, son más baratos al construirlos y a diferencia de dichos sistemas son modulares y fácilmente expandibles. A diferencia de los humedales diseñados por humanos, los *SAS pueden funcionar en climas fríos* y pueden servir tanto a grandes ciudades como a comunidades pequeñas. Los SAS usan bacterias, algas y plantas altas, caracoles y otros moluscos y peces para purificar aguas residuales a un estándar terciario y el ozono se usa para destruir cualquier patógeno que quede. De acuerdo a la OAI los subproductos tales como los árboles, plantas, enmiendas del suelo y carnada para peces pueden producirse para compensar los gastos del sistema.

El Dr. Todd y la OAI están también desarrollando un sistema de tratamiento de aguas que es “extremadamente barato, fácil de transportar e instalar, requiere poco mantenimiento y puede ser operado sin ser un experto”. Esto podría ser de extrema importancia en “áreas de desastre, en países con fondos muy limitados para tratar las aguas y en lugares en los que las enfermedades causadas por el agua están fuera de control”.<sup>119</sup>

Una limitación de los SAS es que dependen de la radiación ultravioleta o el ozono para remover los patógenos de las aguas residuales y así lograr la Meta #1. Ambas tecnologías son realmente caras y sería difícil obtenerlas y mantenerlas para muchas personas en el mundo. Además, a diferencia del cloro (el cual no es un medio óptimo para matar los patógenos de las aguas residuales porque se convierte en compuestos venenosos que causan cáncer cuando se mezcla con otros químicos que se encuentran en las aguas negras), el ozono no puede matar los patógenos que puedan entrar al agua *después* de que ha sido descargada del sistema.

Uno de los subproductos derivados de los tratamientos tradicionales para las aguas negras son los sedimentos y encontrar un lugar para poner todos los que producimos ha sido siempre un problema. El problema se intensificó en los Estados Unidos desde que el Congreso prohibió la costumbre de tirar los sedimentos de las aguas residuales en los océanos en 1988 y se intensificó aún más cuando los sitios que quedaban para enterrarlos disminuyeron y además la oposición pública para que dichos lugares desaparezcan sigue aumentando. En 1992, tan solo la ciudad de Nueva York produjo 322,050 kg de sedimentos *secos* todos los días.<sup>120</sup>

Otra ventaja de los SAS, de los humedales diseñados por humanos y del sistema Wolverton/MRPF es que, en lugar de producir montañas de sedimentos, los tres sistemas alternativos producen plantas, así como los subproductos mencionados anteriormente, los cuales han crecido a partir de los nutrientes que se encuentran en los sedimentos. Las plantas, que recogen el carbón del aire, pueden incrementar la cantidad de carbón disponible para el sistema el cual puede convertirse en composta curada para el suelo.

<sup>119</sup> Citado del paquete de información del SAS disponible en el Centro de la OAI, 1 Locust St., Falmouth, MA, 02540.

<sup>120</sup> Teresa Austin “From Sludge to Brokered Biosolids”, *Civil Engineering*, agosto 1992, pp. 32-35. Los oficiales de la ciudad de Nueva York ahora ven prometedor el hecho de peletizar y vender sus sedimentos para aplicarlos en la tierra y recuperarla, para el cuidado del césped, jardinería y para cubrir los campos de golf y áreas recreativas. Vea “Peletización” (página 58) para leer un debate y análisis de este método.

Mientras que cada uno de los sistemas quizá deban ser modificados para que las plantas sean compostadas y no quemadas o desechadas, los sistemas que cultivan plantas producirán más composta de la que produce el sistema tradicional modificado para que los sedimentos sean compostados y se logre mejor la *Meta #2, producción de suficiente humus* y la *Meta #3, regresar los minerales a los suelos que producen alimentos*. Sin embargo, si las plantas y otros subproductos son vendidos, los nutrientes que contienen también serán vendidos. Si los nutrientes son desechados y/o no se regresan al suelo del que provienen no se lograrán de manera adecuada ni la *Meta #2* ni la *Meta #3*.

*Una desventaja importante de la mayoría de los sistemas que usan plantas acuáticas para purificar los desechos es que en general no se produce suficiente carbón para lograr por completo la Meta #2.*

(Vea el debate acerca de la *Meta #2* en las páginas 14-20). En general, las plantas acuáticas como la mayoría de nuestras plantas comunes de verduras son relativamente bajas en niveles de carbón y altas en niveles de nitrógeno con excepciones importantes como los juncos (que se producen en el sistema Wolverton), las totoras, las aneas y otras. Ya que necesitamos sembrar cultivos carbonosos para producir suficiente composta curada con el propósito de mantener la fertilidad del suelo que nos alimenta, podemos modificar el sistema de plantas acuáticas para incluir *plantas acuáticas carbonosas* (juncos, totoras y aneas entre otras) para producir suficiente humus y así mantener la fertilidad del suelo en el que se siembran alimentos.

*Incluso si los nutrientes son compostados, aun así, quizá no sea posible usar la composta curada en el suelo del que originalmente vinieron los nutrientes si las aguas residuales fueron contaminadas al principio con metales pesados y otras toxinas que se encuentran en los desperdicios industriales o caseros.* En cada uno de los sistemas que usan plantas para eliminar las toxinas de las aguas residuales, las plantas absorben y concentran los metales pesados y toxinas de las aguas residuales en sus tejidos. La composta creada a partir de estas plantas todavía contiene la mayoría de estas toxinas quizá a niveles que dañarían el suelo y reducirían severamente su capacidad para producir cultivos, animales y personas sanas.

De acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-abreviación en inglés),<sup>121</sup> hay cuatro metales pesados que el suelo agrícola puede acumular en ciertas cantidades y “de manera segura” (en kilogramos por hectárea) por año y son:

Cadmio	5-20
Zinc	250-1000
Cobre	125-500
Níquel	50-200

Dicho de otra manera, los sedimentos de las aguas residuales se pueden aplicar de manera segura al suelo en el que se están produciendo alimentos si no contienen más de 25 partes por millón (ppm) de cadmio (se ha descubierto que es aceptable aplicar sedimentos con 50 ppm de cadmio a plantas de ornato y a árboles). No hay datos acerca de los niveles aceptables (en ppm) de los otros metales pesados, ni de los niveles aceptables de plomo o mercurio o otros metales que pueden envenenar el suelo y sus cultivos. Los sedimentos no deben contener más de 10 ppm de PCB o PBB que son químicos industriales comunes extremadamente tóxicos.

*La guía proporcionada por la USDA parece ser extremadamente elevada ya que los metales pesados tienden a acumularse en el suelo y no se filtran fácilmente a través del riego. Parece que se necesita investigar más acerca de cuáles son los niveles de contaminación de metales pesados tóxicos que se pueden aplicar con seguridad al suelo.*

---

<sup>121</sup> Jerry Minnich, et al., *The Rodale Guide to Composting* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1979), p. 364.

Otra guía para calcular la toxicidad de los sedimentos de las aguas residuales es la proporción cadmio-zinc. Si la proporción cadmio-zinc es menor o igual a 100, el zinc actuará como un interruptor de seguridad si hay un nivel tóxico de cadmio en los sedimentos. Es decir, si hay un nivel excesivo de cadmio en los sedimentos eso haría que los cultivos fueran tóxicos, habría suficiente zinc en los sedimentos para matar las plantas antes de que puedan madurar. Así que los cultivos que tengan niveles tóxicos de cadmio no pueden ser consumidos. Sin embargo, si esto sucede, *sería muy destructivo para el suelo*; se necesitaría agregar cal al suelo para elevar su nivel de pH y hacer que los metales pesados no estén fácilmente disponibles, aunque esto también haría que otros nutrientes importantes como el fósforo estén menos disponibles.<sup>122</sup> Entonces el suelo necesitaría ser analizado, de preferencia por alguien que tenga experiencia en revitalizar suelos con niveles tóxicos de metales pesados, para determinar cuál sería el siguiente paso para ayudar a restaurar la salud del suelo.

Antes de usar sedimentos de aguas residuales (que es mejor que sean compostados antes de usarse para permitir que algunas de las toxinas orgánicas y de los patógenos sean destruidos) en su huerto o granja, asegúrese de que los niveles de plomo, mercurio, cadmio, zinc, cobre y níquel, así como los niveles de PCB y PBB sean considerados seguros para la producción de cultivos (aunque estos niveles podrían no ser seguros para la salud del suelo en el largo plazo, como se discute más adelante). Luego determine la proporción cadmio-zinc. Si el proveedor de los sedimentos no tiene *alguna parte* de esta información, *no utilice los sedimentos para fertilizar ningún suelo*.<sup>123</sup>

En lugar de enfocarse en la posibilidad de que haya *toxicidad* en los cultivos, necesitamos enfocarnos en la posibilidad de que haya toxicidad en el *suelo*. A pesar de que las plantas cultivadas en suelo fertilizado con sedimentos cuyos niveles de metales pesados son considerados “seguros”, aún así podríamos estar poniendo en peligro *la salud del suelo en el largo plazo*. La mayoría de los metales pesados se quedan en el suelo. Si se usan sedimentos contaminados con metales pesados de manera continua, estos metales pesados se acumularán y con el tiempo destruirán la salud del suelo y su habilidad para producir cultivos sanos. El uso de desechos humanos contaminados es necesariamente una medida temporal: si seguimos usándolo, al final intoxicaremos el suelo. Si no encontramos una manera de no contaminar nuestros desechos, nuestros suelos seguirán agotándose hasta que ya no puedan sostenernos.

Con el propósito de regresar al suelo los nutrientes que se encuentran en los sedimentos de manera segura, podemos trabajar para:

- *Disminuir la cantidad de toxinas que producimos* al 1) encontrar maneras de reusarlos en lugar de deshacernos de ellos. Por ejemplo, “un fabricante de placas base (Aeroscientific) invierte en columnas de intercambio de iones para recuperar los metales pesados y terminan con un ingreso que proviene de los metales reciclados, una cuenta de agua mucho más baja y un seguro por menor responsabilidad”,<sup>124</sup> y/o 2) encontrar químicos alternativos que sean más benévolos con el intermedio ambiente.
- *Evitar que las toxinas que desechamos entren a nuestros sistemas de aguas residuales* y que contaminen nuestro estiércol y nuestra orina.

---

<sup>123</sup> Jerry Minnich, et al., *The Rodale Guide to Composting* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1979), pp. 364-6.

<sup>124</sup> Donella H. Meadows, et al., *Beyond the Limits* (Post Mills, VT: Chelsea Green Publishing Company, 1992), p. 96.

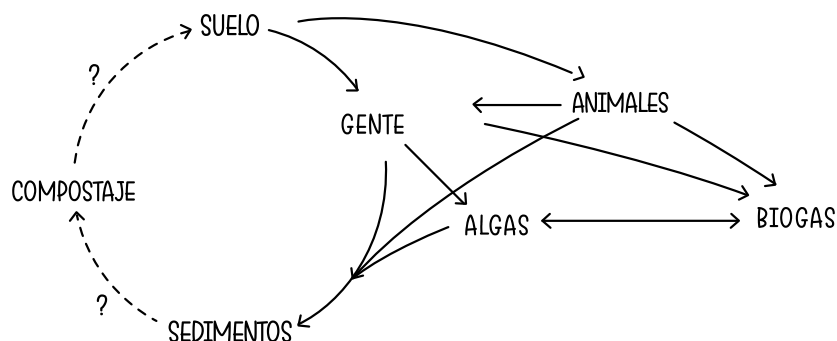
Para más información lea:

- *Garbage*, enero/febrero 1990, pp. 28-35 [un buen debate y una buena comparación de tratamientos tradicionales de aguas residuales y el uso de plantas acuáticas como alternativa].
- Christopher Hallowell, “Plants That Purify: Nature’s Way to Treat Sewage”, *Audubon*, enero/febrero 1992, pp. 76-80.
- Tom Crane y John Todd, Ph.D., “Solar Aquatics: Nature’s Engineering”, *Pollution Engineering*, mayo 15, 1992, pp. 50-53.

y escriba a: The Center at OAI, 1 Locust St., Falmouth, MA, 02540



## UN SISTEMA REGENERATIVO DE ALGAS



En 1973, el Dr. Clarence G. Golueke, en ese entonces biólogo investigador en el Sanitary Engineering Research Laboratory y profesor en la Universidad de California Berkeley y el Dr. William S. Oswald, en ese entonces profesor en el Departamento de Ingeniería Civil y en la Escuela de Salud Pública en la Universidad de California Berkeley diseñaron un modelo en pequeña escala de un sistema regenerativo de algas para granjas y casas con huertos de una sola familia.<sup>125</sup> El sistema incluye alojamiento para cuatro personas, una vaca lechera y 50 gallinas, un estanque de algas, un digestor anaerobio y un destilador solar. Los humanos, la vaca y las gallinas viven en un edificio circular cuyo interior está dividido por paredes pesadas, no solo para aguantar el estanque de algas que se encuentra en el techo sino también para dar privacidad y tranquilidad a los humanos y separarlos de los animales. Las sobras y desechos de las personas y de los animales se usan para producir combustible para las personas y los animales, fertilizante para el suelo y alimento para las algas. El exceso de algas se usa ya sea para alimentar a los animales, para agregarlo al digestor anaerobio o para vender. Se puede obtener un ingreso bruto anual de \$250 a \$1,000 dólares (cálculo realizado con base en los precios de 1973) vendiendo el excedente de leche y/o productos derivados de la leche, los huevos y las algas secas.

Con el propósito de producir combustible y fertilizante, las sobras de los alimentos, los desechos y el exceso de algas se ponen en el digestor y pasan por una descomposición anaerobia. El gas que se produce (llamado “biogás”) contiene entre 50% y 70% de metano y se puede quemar para obtener combustible.<sup>126</sup> El líquido que se obtiene a partir del proceso se pone en un estanque de 16,250 litros en donde crecen algas. Este sistema puede producir entre 1 a 2.5 kg en peso seco de proteínas de alga al año. Los sólidos, en forma de sedimentos, que se producen a partir del proceso de descomposición anaerobia tienen por lo general de 2% a 4% de nitrógeno y una vez que son compostados pueden usarse para fertilizar el huerto y los suelos de la granja. *En este sistema no entran desechos industriales, así que no es necesario extraer metales pesados u otras toxinas.*

El líquido del digestor pasa del estanque de algas al destilador solar para convertirse en agua potable. Al poner el digestor y el estanque de algas en el techo de la casa en la que viven las personas, la vaca y las gallinas, todo el sistema ocupa solo 100 metros cuadrados. Debido a que el estanque pesa aproximadamente 17 toneladas, el techo debe ser reforzado fuertemente.

El beneficio que viene de utilizar este sistema regenerativo de algas es que ya no se remueven los nutrientes de la tierra al ritmo que se hace cuando se utilizan tratamientos convencionales. Además, el sistema genera subproductos muy útiles como algas y biogás para la gente y los animales y sedimentos que pueden ser compostados y agregados al suelo.

<sup>125</sup> C. G. Golueke y W. J. Oswald, “An Algal Regenerative System for Single-Family Farms and Villages”, *Compost Science*, mayo/junio 1973, pp. 12-15.

<sup>126</sup> El biogás también contiene entre 30% y 50% de dióxido de carbono y pequeñas cantidades de nitrógeno, hidrógeno, monóxido de carbono, oxígeno y gases de ácido sulfhídrico (L. John Fry, *Methane Digesters for Fuel, Gas and Fertilizers* [Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973], p. 17).

Sin embargo, hay cinco problemas que los sistemas regenerativos de algas diseñados por Golueke y Oswald pueden presentar. **Primero**, es posible que la Meta #1 no se logre consistentemente. No queda claro durante cuánto tiempo los patógenos que se encuentran en los desechos humanos se encuentran sujetos a las condiciones anaerobias antes de que se saquen los sedimentos y se apliquen al suelo en el que se están cultivando alimentos. Es posible destruir prácticamente el 100% de virus y bacterias después de estar sujetos a condiciones anaerobias durante 80 días. Sin embargo, los huevos de muchos de los gusanos parásito humanos pueden sobrevivir hasta un año, los huevos de los gusanos del género *Ascaris* pueden sobrevivir hasta 15 meses y la larva de los anquilostomas pueden sobrevivir hasta 18 meses en condiciones anaerobias.<sup>127</sup> Para producir sedimentos libres de patógenos que puedan aplicarse al suelo que está produciendo alimentos, el sistema tendría que ser modificado de modo que el digestor anaerobio no acepte desechos humanos de manera continua y los sedimentos puedan madurar. Si el sistema incluyera dos o más digestores (o tantos como sea necesario de modo que cada uno pueda madurar hasta 18 meses dependiendo del tipo de patógenos que sean frecuentes en la comunidad), un digestor podría llenarse y dejar que su contenido madure y el otro recibe los desechos frescos.

El **segundo** problema es que, si el metano accidentalmente se mezcla con el aire, se vuelve altamente explosivo. Se necesita una cantidad considerable de cuidado y experiencia antes de generar, almacenar y usar de manera segura el biogás con metano. Y, aun así, una fuga podría pasar desapercibida y causar que el digestor explote.

El **tercer** problema es que el biogás tiene un valor combustible relativamente bajo de modo que se necesita más biogás y más espacio de almacenamiento para obtener la misma cantidad de energía en comparación con otros combustibles como el gas natural y el propano.<sup>128</sup> Para minimizar la cantidad de espacio requerido para almacenar combustible, la mayoría de los combustibles se almacenan como líquidos. Sin embargo, se necesitan 2278 kg por pulgada cuadrada (ppc) (5,000 libras por in<sup>2</sup>) para licuar biogás que es mucho más de lo que requieren otros combustibles (250 ppc para el propano). Por lo tanto, el biogás requiere más energía o más espacio de almacenamiento (si es almacenado como gas y no como líquido) en comparación con la mayoría de los combustibles.

---

<sup>125</sup> C. G. Golueke y W. J. Oswald, "An Algal Regenerative System for Single-Family Farms and Villages", *Compost Science*, mayo/junio 1973, pp. 12-15.

<sup>126</sup> El biogás también contiene entre 30% y 50% de dióxido de carbono y pequeñas cantidades de nitrógeno, hidrógeno, monóxido de carbono, oxígeno y gases de ácido sulfhídrico (L. John Fry, *Methane Digesters for Fuel, Gas and Fertilizers* [Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973], p. 17).

<sup>127</sup> R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management -- A State of the Art Review* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981], pp. 201-215. Para determinar si el *Ascaris* es común en su comunidad, pregunte a su médico local.

<sup>128</sup> Ni el gas propano ni el propano son renovables y por lo tanto no son una solución sustentable en el largo plazo. Si se maneja de manera apropiada, la madera puede ser un recurso renovable. Una medida de leña 3.62 m<sup>3</sup> de madera seca de haya quemada en un calentador típico (con una eficiencia del 50%) produce tantas unidades de calor (BTU-British Thermal Unit) como lo hacen 566.34 m<sup>3</sup> de gas natural (que puede ser quemado con un 70% de eficiencia en promedio). (John Vivian, *The New Improved Wood Heat* [Emmaus, PA: Rodale Press, 1978], p. 23).

<sup>129</sup> Con un terreno que produce rendimientos Biointensivos intermedios, se necesitan 100 m<sup>2</sup> por gallina ponedora (46.4 metros cuadrados si se les permite forrajear en el huerto) (John Jeavons, et al., *Backyard Homestead Mini-Farm & Garden Log Book* [Berkeley, CA: Ten Speed Press, 1983], p. 6); se necesitan aproximadamente 278.71 m<sup>2</sup> (menos si se consumen la leche y los huevos) para cultivar una dieta vegetariana completa y balanceada por persona (con base en modelos que el autor ha creado usando rendimientos Biointensivos intermedios que se han obtenido con regularidad en el campo de John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, p. 96); y se necesitan 679.12 m<sup>2</sup> para alimentar a una vaca lechera Jersey con 3.63 kg de alfalfa y 9.0 kg de forraje o ensilaje de maíz todos los días John Jeavons, *Cultivo Biointensivo de Alimentos* una publicación de Ecology Action 2021, p. 82; J. Mogador Griffin, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #15: One Basic Mexican Diet, "Supplement"* [Willits, CA: Ecology Action, 1988]; y Clarence H. Eckles, *Dairy Cattle & Milk Production*, tercera edición [New York: MacMillan, 1939], p. 281). Se necesitaría menos área para alimentar a la vaca si las algas proporcionaran una cantidad importante de calorías para la vaca.

El **cuarto** problema es que si queremos que el sistema sea sustentable necesitamos un gran terreno y aun así la cantidad de energía que el sistema produce es pequeña. A pesar de que el estanque de algas, el digestor, los animales y las personas caben en tan solo 100 m<sup>2</sup>, con rendimientos Biointensivos intermedios, se necesitan aproximadamente entre 4,117 y 6,439 m<sup>2</sup> adicionales para cultivar los alimentos de las 4 personas, de la vaca y de las 50 gallinas que viven en el sistema.<sup>129</sup> Ya que los precios de la tierra son cada vez más restrictivos y la cantidad de tierra cultivable disponible por persona sigue disminuyendo al mismo tiempo que la población y la desertización aumentan, es probable que para el año 2009 solo queden 836 m<sup>2</sup> de tierra cultivable para cada persona que viva en un país en desarrollo.<sup>130</sup>

A pesar de que la inclusión de animales aumenta el tamaño del área que este sistema requiere para ser sustentable, los animales son una parte importante de este sistema por dos razones:

1) Se produce más energía y está disponible para uso humano. Debido a que la cantidad de energía que necesitan la vaca y las gallinas es muy baja, la mayor parte del combustible generado al descomponer su estiércol de manera anaerobia puede ser utilizado por los humanos. Si no se incluyeran animales en el sistema, la cantidad de biogás que pudiera ser generada al descomponer de manera anaerobia la orina y el estiércol que produce una persona en un año apenas alcanzaría para cumplir con menos del 4% de la energía individual que se necesita al año. Esta energía es suficiente para operar un quemador de 5 a 106 cm durante al menos 17 minutos (apenas lo suficiente para cocinar una comida por persona por día) o un foco promedio durante una hora al día, y no quedaría energía para calentar la casa o el agua o para encender cualquier aparato.<sup>131</sup> Aún con los animales, el sistema regenerativo de algas produciría solo alrededor del 25% de energía requerida por un norteamericano promedio (quien quizá no sería un modelo a seguir ya que ella o él consumen 40 veces la energía que consume la persona promedio en un país en desarrollo<sup>132</sup>). El sistema minimiza la cantidad de energía requerida por las personas y los animales al darles hospedaje en una sola unidad dividida.

2) Con excepción de las plantas acuáticas como las algas y los jacintos de agua, todos los cultivos que se usan para producir biogás (los que se usan con mayor frecuencia son los granos y los cultivos de forraje) primero se usan para alimentar a los animales antes de descomponerlos de manera anaerobia (en forma de estiércol). El gas producido por el estiércol es más rico en metano, contiene más energía por volumen y requiere menos espacio de almacenamiento que el gas producido en el digestor de biogás a partir de material crudo.<sup>133</sup> Además, cuando se usa estiércol en lugar de material crudo para producir biogás se acumulan menos sedimentos en el digestor y entonces no será necesario limpiarlo con tanta frecuencia.

---

<sup>130</sup> Con base en el supuesto de que el crecimiento de la población en las naciones en desarrollo permanezca en 2.1%; la degradación de la tierra continuará de manera lineal para resultar en una pérdida de producción de 30% en los siguientes 25 años, como lo predijo P. Buringh, "Availability of Agricultural Land for Crop and Livestock Production" en D. Pimentel y C. W. Hall, editores, *Food and Natural Resources* (San Diego: Academic Press, 1989), pp. 69-83, como se menciona en Dr. David Pimentel, et al., "Natural Resources and an Optimum Human Population", *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*, Vol. 15, No. 5, mayo 1994; así como en los datos de la ONU/FAO, de Worldwatch y otra información.

<sup>131</sup> De datos presentados por L. John Fry, *Methane Digesters for Fuel, Gas and Fertilizers* (Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973), pp. 14, 19, 23. Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #7. El biogás puede ser una fuente práctica de energía en lugares donde hay una gran concentración de personas, como en hospitales y bibliotecas, en lugares donde la energía gastada pueda satisfacer las necesidades de muchas personas de manera simultánea (por ejemplo, cuando el biogás se usa para encender el alumbrado).

<sup>132</sup> Ged R. Davis, "Energy for Planet Earth", *Scientific American*, septiembre 1990, p. 55. Un estadounidense promedio usa el equivalente a 1.70 m<sup>3</sup> de biogás todos los días, aproximadamente la misma cantidad producida al descomponer estiércol producido por 1 vaca lechera y 50 gallinas de manera anaerobia (L. John Fry, *Methane Digesters for Fuel, Gas and Fertilizers* [Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973], pp. 14, 19, 23).

<sup>133</sup> S. Klein, "Anaerobic Digestion of Solid Wastes", *Compost Science Journal*, febrero 1972, pp. 6-11; y R. Laura y M. Idnai, "Increased Production of Biogas from Cowdung by Adding Other Agricultural Waste Materials", *Journal of the Science of Food and Agriculture* #22, abril 1971, pp. 164-167.

Pero aquí se encuentra el **quinto** problema y una desventaja de todos los sistemas que producen biogás para usar como combustible. El carbón en el estiércol que se usa para producir biogás no se convierte en humus para reponer el suministro del suelo en el que crecieron las plantas consumidas por los animales que pastan (como las vacas cuyo estiércol es utilizado comúnmente para generar biogás) más bien se consume y se va al aire.

El único carbón que se queda después de que el estiércol es procesado de manera anaerobia es el carbón que se encuentra en los sedimentos.<sup>134</sup> Como se ve en la Imagen 4, esta no es una cantidad adecuada de carbón para generar el humus necesario para reabastecer la cantidad de humus que se perdió del suelo en el que se cultivaron las plantas consumidas por los animales que pastan. Por lo tanto, no se puede generar una cantidad suficiente de humus a partir de los sedimentos que queda de la producción de biogás con estiércol proveniente de animales que pastan. Si no se logra la Meta #2, la materia orgánica del suelo y los niveles de humus al final disminuirán de tal manera que el suelo no podrá producir ni cultivos sanos ni personas sanas.

Hay por lo menos dos maneras distintas de evitar esto y lograr la Meta #2:

- 1) Por cada cama en la que siembran cultivos para forraje para alimentar animales, se podría sembrar una cama adicional con cultivos carbonosos. Entonces estos cultivos podrían ser combinados con los sedimentos que se producen para generar una cantidad suficiente de humus.
- 2) En lugar de producir biogás descomponiendo de manera anaerobia el estiércol de los animales que comen pastura, se podría usar el estiércol de animales que pueden subsistir principalmente comiendo granos (por ejemplo, gallinas).

Las gallinas pueden ser alimentadas con los granos y los tallos pueden convertirse en abono junto con los sedimentos resultantes de la producción de biogás al descomponer el estiércol de gallina de manera anaerobia. De este modo, se pueden regresar al suelo tanto el humus como los nutrientes que se perdieron del suelo en el que se cultivaron los granos. (Parte del nitrógeno puede haber escapado al aire durante la descomposición aeróbica y anaeróbica y solo puede regresar al suelo a través de la acción de las bacterias que fijan el nitrógeno). Una cama en la que se utiliza el método Biointensivo para cultivar maíz en el verano y una combinación interplantada de trigo, centeno, habas y algarroba en el invierno produce suficiente material para composta para generar 0.11 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen y que podría aplicarse al suelo en el que se están cultivando granos para las gallinas.

Si las gallinas son alimentadas con cultivos que producen muy poco material carbonoso para composta, para que las camas que están produciendo alimento para las gallinas puedan lograr la Meta #2, esas camas deben usarse para producir suficientes cultivos carbonosos para composta en una segunda temporada de cultivo durante el año. Si no existe dicha temporada, debe considerar cambiar los alimentos que se cultivan para las gallinas.

De manera similar, es posible cultivar todos los alimentos (asumiendo que es una dieta a base de granos que no incluye productos animales y solo cantidades mínimas de azúcar y aceite) para las cuatro personas que viven en 1115 m<sup>2</sup> de suelo, incluyendo todo el material carbonoso para composta necesario para mantener la fertilidad del suelo de manera sustentable.

---

<sup>134</sup> El sistema de Golueke y Oswald canaliza el biogás después de haber sido quemado a través del estanque de algas. El grado al que esto ayudaría a reducir la pérdida de carbón como resultado de quemar el biogás depende de la cantidad de carbón que esté atrapada en el estanque de algas y la cantidad resultante de crecimiento de algas y de la cantidad de dióxido de carbono que se encuentre en los tejidos de las algas.

Si los sedimentos generados a partir de la descomposición anaerobia de los desechos humanos y de los desperdicios de comida se combinaran y fueran procesados con el material carbonoso que se cosechó, se podrían lograr las 4 metas del reciclaje de desechos humanos (aunque la composta curada quizá no contenga todo el nitrógeno que se perdió del suelo, como se describe en el debate acerca de la producción de biogás a partir de estiércol de gallina que se encuentra anteriormente). *La dificultad de cultivar alimentos para una vaca (o cualquier animal que no pueda sobrevivir sin una dieta que dependa mucho de los granos) es que la paja no es un subproducto. Para producir el material carbonoso para composta necesario para generar humus y mantener la fertilidad del suelo, se necesita un terreno mayor al que se necesita para alimentar a la vaca*

Al comparar la cantidad de tierra que puede mantenerse con el humus generado al convertir el estiércol de vaca en fertilizante con la cantidad de tierra que se necesita para alimentar la vaca, podremos determinar cuánto terreno adicional necesitamos para sembrar cultivos carbonosos para composta para mantener el nivel de humus en toda la granja. Esto se muestra en la ilustración 4 y en el debate que se encuentra a continuación.

## Ilustración 4

### ¿Se puede lograr la meta #2 con el sistema regenerativo de algas?

Una vaca lechera Jersey de dos años de edad crece bien en 1324.5 kg de alfalfa hay (90.5% materia seca) y 3311.2 kg de maíz ensilado (26% materia seca) por año.<sup>135</sup>

Camas que se necesitan para cultivar maíz con rendimientos Biointensivos intermedios = 36.6<sup>136</sup>

Camas que se necesitan para cultivar alfalfa con rendimientos Biointensivos intermedios = 36.5

Área total necesaria para cultivar alimentos para la vaca = 679.12 m<sup>2</sup>

#### Comparación de la cantidad de biogás producida y de carbón disponible para regresar al suelo cuando las plantas son digeridas directamente y cuando se usan primero para alimentar a los animales

##### Gas producido cuando las plantas se usan para alimentar a los animales

Cantidad total de carbón – 1082 kilos

↓

Cuando se le da a los animales – se pierde aproximadamente 53% en forma de dióxido de carbono.

↓

Cuando se digiere para hacer biogás – se pierde el 27% del carbón que queda al quemar el biogás.

↓

369 kilos de carbón en los sedimentos.  
Madurado durante 2-3 meses – se pierde el 50% del carbón que queda en forma de dióxido de carbono.

↓

Se pueden regresar 185 kilos de carbón curado al suelo, cantidad suficiente para lograr la Meta #2 para solo 20.4 a 49.4 camas. Se necesitan 73.1 camas para producir esta cantidad de composta curada, así que con el tiempo el abasto de materia orgánica y la fertilidad de entre 52.7 y 23.7 camas se agotarán.

##### Gas producido cuando las plantas se descomponen directamente de manera anaerobia

Cantidad total de carbón – 1082 kilos

↓

Cuando se digiere para hacer biogás – se pierde el 27% del carbón que queda al quemar el biogás.

↓

790 kilos de carbón en los sedimentos.  
Madurado durante 2-3 meses – se pierde el 50% del carbón que queda en forma de dióxido de carbono.

↓

Se pueden regresar 395 kilos de carbón curado al suelo, cantidad suficiente para lograr la Meta #2 para 43.7 a 106 camas o suficiente para mantener las 73.1 camas que se necesitan.

Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #8 para ver la derivación de las cifras.

<sup>135</sup> Clarence H. Eckles, *Dairy Cattle & Milk Production*, tercera edición (New York: Macmillan, 1939), p. 28. Los porcentajes de materia seca de Frank B. Morrison, *Feeds & Feeding*, vigésima primera edición, (New York: The Morrison Publishing Co., 1949), pp. 1086, 1110.

<sup>136</sup> Esto supone que no se perdieron sustancias químicas u orgánicas del maíz cosechado aparte del agua cuando se fermentó para hacer ensilaje.

<sup>137</sup> Esta pérdida de carbón sucede *siempre con los cultivos de alimentos, especialmente los de forraje (como el trébol, la alfalfa, la lechuga y la col) porque las personas y los animales consumen toda la planta.* Otra vez, **necesitamos sembrar cultivos carbonosos para composta en el 70% de nuestras granjas y huertos para así mantener y mejorar la fertilidad del suelo de manera sustentable.**

<sup>138</sup> La mayor parte del nitrógeno que se encuentra en los sedimentos producidos por descomposición anaerobia se encuentra en forma de amoníaco mientras que el nitrógeno en la composta producido por descomposición aerobia en su mayoría se encuentra en formas oxidadas (nitratos y nitritos). El amoníaco puede ser una fuente más valiosa de nitrógeno porque es más propenso a quedarse en el suelo en vez de filtrarse. Sin embargo, los sedimentos frescos del generador de biogás contienen una concentración tan alta de amoníaco que quizá alimenten a las plantas a la fuerza con nitrógeno, mucho en forma de fertilizante químico, y debiliten su salud (vea las páginas 25-26). Si los sedimentos se encuentran almacenados en un recipiente abierto o cerrado durante unos cuantos meses antes de usarlo, parte del amoníaco se convertirá en humus, el cual libera nitrógeno para las plantas mucho más lentamente (L. John Fry, *Methane Digesters for Fuel, Gas and Fertilizers* [Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973], p. 25).

Se quedan 185 kg de carbón curado después de que las vacas se comen las plantas, el estiércol se digiere de manera anaeróbica, el gas se quema y los sedimentos se convierten en fertilizante de manera aeróbica. Los 185 kg de carbón curado son suficientes en forma de *composta* curada para 20.4 a 49.4 camas (dependiendo del rango de aplicación de 0.093 a 0.227 m<sup>3</sup> por cada 10 m<sup>2</sup> por año).<sup>139</sup> Ya que se necesitan aproximadamente 73.1 camas de 10 m<sup>2</sup> para producir la comida para la vaca solo se genera una fracción de la *composta* curada que se necesita para mantener la fertilidad del suelo.

Una manera de superar esta escasez de *composta* curada es cultivar trigo o algún otro grano que sea apropiado para cultivar después del maíz cada año. Como se muestra en el Apéndice B: Cálculos Detallados #8, esto proporcionará apenas suficiente *composta* curada para lograr en grado mínimo la Meta #2 y quizá no sea suficiente *composta* curada para mantener el abasto de humus del suelo en un clima muy cálido y húmedo.

Una manera de producir más biogás y de incrementar la cantidad de carbón disponible para regresarlo al suelo, y al mismo tiempo seguir utilizando la misma cantidad de tierra, es sacar a los animales del sistema. Si los cultivos no se usan primero para alimentar a los animales sino más bien se agregan directamente al digestor para producir gas, habrá más carbón disponible para convertirlo en combustible y se podría producir hasta siete veces la cantidad de gas.<sup>140</sup> Esto requeriría al menos siete veces el área de almacenamiento y el biogás producido sería más rico en dióxido de carbono. En otras palabras, la energía contenida por unidad de volumen del biogás hecho a partir de plantas es menor a la del biogás producido principalmente con estiércol. La cantidad total de energía producida no sería mayor a dos veces la producida a partir de estiércol y probablemente sería menor.<sup>141</sup> Ya que las plantas no se les dan primero a los animales, es probable que el porcentaje de carbón original que podría regresar al suelo como sedimentos en forma de fertilizante sería mayor que la cantidad que podría regresar si las plantas se usaran primero para alimentar a los animales. Asumiendo que solo el 27% del carbón que originalmente se encontraba en la planta se pierde cuando se quema el gas y un 50% más del carbón que queda se pierde cuando los sedimentos se convierten en fertilizantes,<sup>142</sup> solo alrededor del 33% del carbón que originalmente se encontraba en las plantas puede regresar al suelo. Vea la ilustración 5 en la página 64. Aunque la pérdida de carbón es aún considerable, *la Meta #2 producción de suficiente composta curada y humus* podría lograrse. La energía que se produce por digerir las plantas directamente de manera anaeróbica podría ser suficiente para satisfacer las necesidades básicas de supervivencia de las cuatro personas que viven en el sistema.

Sin embargo, una manera de asegurar que habrá suficiente carbón para producir la *composta* curada necesaria para mantener la fertilidad del suelo es no producir biogás. Si toda la alfalfa y el maíz que fueron procesados y que se usaron para alimentar a la vaca hubieran sido convertidos en fertilizante de manera aeróbica, *se generaría 3 veces la composta curada que se produce cuando las plantas se usan para hacer biogás*. Si se aplica a un rango de 0.093 a 0.227 m<sup>3</sup> por cada 10 m<sup>2</sup> esto sería suficiente *composta* curada para mantener el nivel de humus de 60 a 145, camas de 10 m<sup>2</sup> (vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #9). Entonces depende de cada uno de nosotros decidir si el tercio de posible *composta* curada y el trabajo adicional que viene con tener animales y los 679 m<sup>2</sup> valen la pequeña cantidad de biogás que se va a generar.

<sup>139</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #8 y el Apéndice C: Debates Posteriores #1.

<sup>140</sup> Ram Bux Singh, *Bio-Gas Plant* (Ajitman, Etawah [U.P.], India: Gobar Gas Research Station, 1971); y Ram Bux Singh, *Some Experiments with Bio-Gas* (Ajitman, Etawah [U.P.], India: Gobar Gas Research Station, 1971).

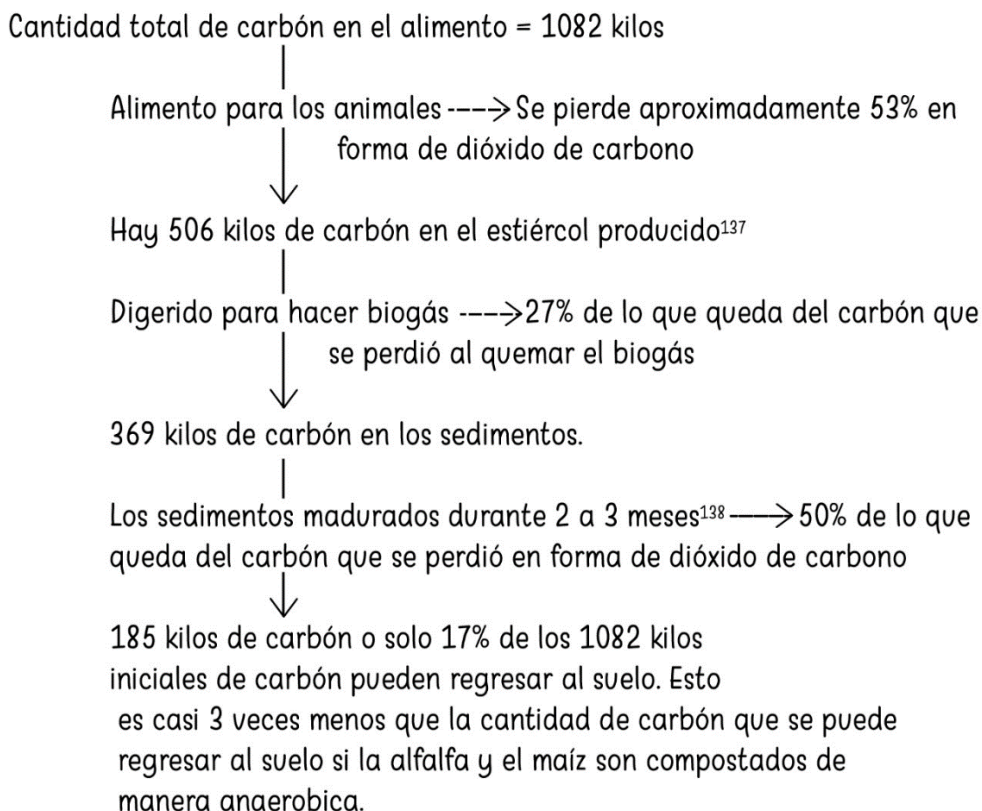
<sup>141</sup> Usando la Ilustración 4 como guía si alimentamos animales con 100 unidades de carbón, se pierden 53 unidades en forma de dióxido de carbono y 47 se quedan en el estiércol. Si descomponemos su estiércol de forma anaerobia, producimos alrededor de 12.7 unidades de carbón en forma de biogás y el resto del carbón se queda en los sedimentos. En cambio, si convertimos 100 unidades de carbón en biogás de manera directa con una eficiencia de conversión del 27% (vea la Ilustración 4 y el Apéndice B: Cálculos Detallados #8), aún así produciríamos solo 27 unidades de carbón en forma de biogás o un poco más de dos veces la cantidad que producimos cuando las plantas se usan primero para alimentar a los animales.

<sup>142</sup> La pérdida estimada del 50% de carbón a través del composteo aeróbico se basa en John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series, Booklet #10: Grow Your Own Compost Materials At Home* (Willits, CA: Ecology Action, 1981), p. 7; y David E. Chaney, et al., *Organic Soil Amendments and Fertilizers*, Publication 21505 (Oakland, CA: University of California, 1992), p. 18.

Para muchas personas, la cantidad adicional de terreno que se necesita no estará disponible en el futuro porque la población aumentará y la cantidad de tierra cultivable disminuirá debido a la erosión y a la pérdida de la fertilidad causada por las prácticas agrícolas no sustentables. Para más información acerca de la cantidad promedio de tierra disponible per cápita actualmente y en el futuro, vea el Apéndice D: La Gráfica del Círculo.

### Ilustración 5

#### **Comparación de la cantidad de biogás producida y de carbón disponible para regresar al suelo cuando las plantas son digeridas directamente y cuando se usan primero para alimentar a los animales**



Aunque con el sistema regenerativo de algas diseñado por Golueke y Oswald no se logra la Meta #2 por completo, probablemente logra la Meta #3, *regreso de los minerales al suelo en el que se cultivan alimentos*, ya que todos los elementos que se encuentran en el desperdicio (con excepción del carbón y el nitrógeno<sup>143</sup>) regresarían al suelo cuando se agregan los sedimentos curados. Siempre y cuando no se agreguen más de 227 g de nitrógeno en forma de sedimentos compostados a 10 m<sup>2</sup> por año, se podría lograr la Meta #4, *aplicación apropiada del nitrógeno*.

<sup>143</sup> Si no hay una cantidad adecuada de carbón para retener el nitrógeno en forma de humus, el nitrógeno que se encuentra en los desperdicios escapará en forma de gas cuando se convierta en fertilizante.



Nota: En 1973, Golueke y Oswald demostraron en estudios de laboratorio y estudios piloto que los componentes del sistema regenerativo de algas, de manera individual e integral, eran tecnológicamente viables.

Para más información acerca del uso sustentable y aplicación del estiércol de vaca, vea el Apéndice E: Aplicación Sustentable de Materia Verde compostada, del Estiércol de Vaca Compostado y de los Fertilizantes Orgánicos.

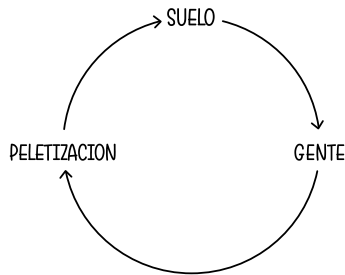
Para más información lea:

C. G. Golueke y W. J. Oswald, “An Algal Regenerative System for Single-Family Farms and Villages”, *Compost Science*, mayo-junio 1973, pp. 12-15.

Para más información acerca de fuentes alternativas de energía lea:

Ken Darrow y Mike Saxenian, *Alternative Energy Sourcebook* (Volunteers in Asia, P. O. Box 4543, Stanford, CA 94305, 1986), 800 pp.

## PELETIZACIÓN



Sistemas BioGro y otras compañías con mucho futuro han desarrollado un proceso para producir bolitas secas de fertilizante a partir de los sedimentos generados de los tratamientos tradicionales para desechos humanos. Debido a que los sedimentos se secan a 100°C, las bolitas se encuentran libres de patógenos y podrían aplicarse de manera segura a todos los suelos en los que se cosechan alimentos *siempre y cuando los sedimentos no hayan sido contaminados con metales pesados y/o desechos tóxicos*. Por lo tanto, al igual que los sistemas con plantas acuáticas, la peletización solo logra de manera parcial la *Meta #1, purificación de los desechos*. Los patógenos mueren, pero se quedan los contaminantes tóxicos de la industria y de los desechos caseros.

Con la peletización tampoco se logra por completo la *Meta #2, producción de suficiente humus*: no se produce humus cuando se calientan y se secan los sedimentos de las aguas residuales. Asumiendo que las bolitas no contienen niveles tóxicos de contaminantes y que pueden aplicarse de manera segura al suelo, cuando las bolitas se descomponen algunos de sus nutrientes se convertirán en humus. Se generará más humus si las bolitas son incorporadas en los primeros 5 a 8 cm del suelo y aún más si las bolitas son compostadas con material carbonoso antes de ser agregadas al suelo.<sup>144</sup> Aún así, es poco probable que con este método se logre la *Meta #2* por dos razones:

- 1) Solo los nutrientes de los desechos humanos que entran al sistema de aguas residuales y se quedan en los sedimentos se encuentran en las bolitas. Los nutrientes más solubles, incluyendo algunas formas de nitrógeno, que se encuentran en la porción líquida de los sedimentos son vertidos en el océano o en una vía fluvial cercana. Si parte del nitrógeno se pierde, se produce menos humus.
- 2) Cuando los sedimentos se calientan y se secan a 100°C, mucho del carbón y nitrógeno que queda en los sedimentos escapará en forma de gas y reducirá el potencial de las bolitas para producir humus. Es poco probable que quede suficiente carbón y nitrógeno para producir suficiente humus y así reabastecer el suministro del suelo que produjo los alimentos de aquellos que generaron los desechos que se usaron para producir las bolitas.

Debido a las pérdidas de carbón y nitrógeno y porque solo los minerales contenidos en los sedimentos regresan, es probable que la peletización sea incapaz de lograr la *Meta #3, regreso de los nutrientes* de manera adecuada.

Otra consideración es que el proceso para peletizar los sedimentos de las aguas residuales requiere grandes cantidades de energía, recursos y capital haciéndola una solución final inaccesible o inapropiada para la mayoría de las personas del mundo.

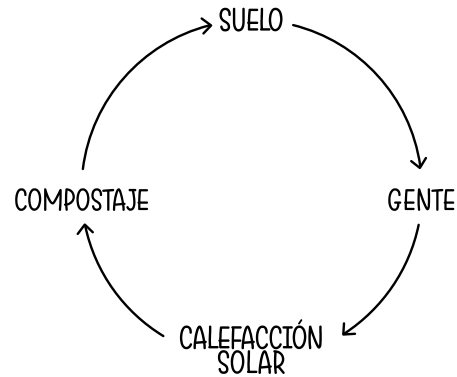
Para más información, escriba a:

BioGro Systems, 180 Admiral Cochrane Drive, Suite 305, Annapolis, MD, 21401.

---

<sup>144</sup> “El incorporar fertilizantes a los primeros cm del suelo puede reducir la pérdida de amoníaco en un 25% a 75% de los niveles encontrados cuando los materiales se aplican a la superficie” (Nyle C. Brady, *The Nature and Properties of Soils*, novena edición [New York: Macmillan Publishing Company, 1984], p. 299). Si se retiene en el suelo más del nitrógeno orgánico que se encuentra en las bolitas, más de este nitrógeno se combinará con el carbón disponible en las bolitas y el suelo producirá más humus. Al agregar el material carbonoso a las bolitas en una pila de composta, el carbón adicional podrá atrapar más del nitrógeno de las bolitas y combinarse con él para producir más humus.

## HORNO SOLAR



Otra manera de purificar el estiércol humano es calentar los patógenos usando la energía del sol. Los materiales que se necesitan para construir un horno solar son económicos y accesibles para casi todas las personas y la energía que utiliza es gratuita, amigable con el medio ambiente y no se agotará en el futuro inmediato. Los hornos solares típicamente alcanzan los 121°C en días templados totalmente despejados. El estiércol humano calentado a esta temperatura estaría libre de patógenos en 30 minutos, después de lo cual puede ser agregado de manera segura al suelo en el que se producen alimentos.<sup>145</sup> En *Earthship Volume III: Evolution Beyond Economics* de Michael Reynolds (Taos, NM: Solar Survival Architecture, 1993) se muestra un ejemplo de un sistema así en el que se recibe tanto estiércol como orina humana.

Debido a que la calefacción solar puede ser utilizada por un individuo (después de que el departamento de salud haya otorgado el permiso), el estiércol humano no tiene que entrar a un sistema de aguas residuales y no será contaminado con toxinas. Por lo tanto, a diferencia de la peletización, con la calefacción solar siempre se logrará completamente la *Meta #1, purificación de los desechos*.

La *Meta #2, producción de suficiente humus*, no se logra directamente con este método ya que no se produce humus en el proceso de calentamiento del estiércol, pero se puede lograr parcialmente cuando el estiércol que se calentó y se secó (especialmente si fue compostado) se agrega al suelo. El nitrógeno y el carbón que quedan en el estiércol seco pueden ser consumidos por los microbios del suelo y al final formar humus en el suelo. Sin embargo, de acuerdo a Reynolds, “*las temperaturas extremas (93° a 204°C) y el sol directo sencillamente frien los sólidos y evaporan los líquidos*”. Aunque esto hace que este sistema sea muy accesible y sencillo de usar de manera segura, también provoca que la mayoría del carbón y del nitrógeno que se encontraban originalmente en el estiércol (y en la orina) se pierdan, se consuman en el aire. Por lo tanto, con un sistema así, es poco probable que se quede suficiente carbón y nitrógeno en el estiércol seco (descrito por Reynolds como “ceniza negra”) para producir suficiente humus para reabastecer el suministro del suelo en el que se cultivaron los alimentos de las personas. Para incluir la solarización de los desechos humanos como parte de un sistema de cultivo de alimentos sustentable, se requeriría *tierra y trabajo adicional* con el propósito de sembrar cultivos carbonosos para composta que podrían ser utilizados para generar suficiente composta curada y humus para reabastecer el suministro de humus en el suelo donde se cultivan los alimentos de aquellos que producen el estiércol y la orina.

---

<sup>145</sup> Determinado por el autor a partir de datos presentados por R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* (Washington, D.C.: World Bank, 1981), p. 106; y C. G. Golueke y P. H. McGauhey, “Reclamation of Municipal Refuse”, *Sanitary Engineering Research Laboratory Bulletin 9* (Berkeley, CA: University of California, Berkeley, junio 1953), p. 73. Uno de los patógenos más tolerantes al calor conocido por el autor, el hongo *Candida albicans*, puede sobrevivir a 79°C durante solo 30 minutos (B. B. Wiley y S. C. Westerberg, “Survival of Human Pathogens in Composted Sewage”, *Applied Microbiology*, diciembre 1969, pp. 994-1001).

Aunque la ceniza que queda no contendrá mucho carbón o nitrógeno para regresar al suelo, quizá contenga la mayoría de otros elementos importantes y elementos traza que se encontraban originalmente en los alimentos y ellos deben regresar al suelo que produjo los alimentos para así lograr, con excepción en términos de carbón y nitrógeno, la *Meta #3, regreso de los minerales contenidos en los desechos al suelo en el que se producen alimentos*. Con el propósito de lograr la Meta #3 en términos del carbón, se debe hacer composta curada *adicional* con lo que se cultiva en el terreno adicional como se sugirió para lograr la Meta #2. En términos de nitrógeno, se debe producir composta curada adicional, así como leguminosas u otros cultivos con los cuales se asocian las bacterias que fijan el nitrógeno para traer el nitrógeno que se encuentra en el aire al suelo y *reabastecer* el suministro de nitrógeno del suelo.

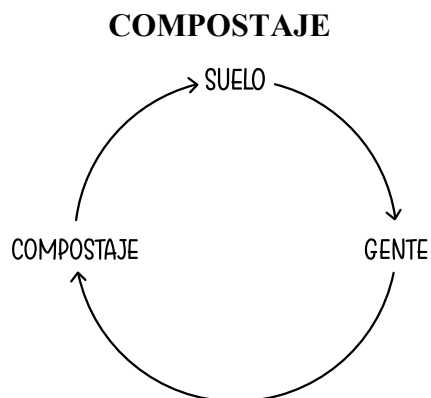
Otra consideración es que, durante los días frescos y nublados, necesitaríamos almacenar estiércol humano húmedo hasta que el sol regrese. También, dependiendo del método de solarización que se use necesitaríamos encontrar una manera de reducir cualquier olor que pueda producirse por el calentamiento del estiércol. Una manera de hacerlo es canalizar y filtrar el aire emitido a través de una pila de composta madura, como se hizo en Belville, Maryland y que se describe en la siguiente sección, “Compostaje”.

Para más información y planes para construir hornos solares, escriba o llame:

- Kerr Enterprises, P.O. Box 27417, Tempe, AZ 85285. Tel. (602) 968-3068
- Thomas P. “Pete” Pirotte, Spotlight Marketing, Inc., 4609 Seagraves, Joplin, MO 64804

y lea:

- Michael Reynolds, *Earthship Volume III: Evolution Beyond Economics*. Solar Survival Architecture, P.O. Box 1041, Taos, NM 87571
- Beverly Blum, ed. *The Solar Box Cooker Manual: How to make, use and teach others about them*. Solar Box Cookers International, 1724 Eleventh St. Sacramento, CA 95814. Tel. (916) 444-6616
- Joseph Radabaugh. *Heaven’s Flame: A Guidebook to Solar Cookers*, 1991. Disponible en Home Power, Inc., P.O. Box 275, Ashland, OR 97520 por \$10.00 USD.
- Barbara Prosser-Kerr. *The Expanding World of Solar Box Cookers*, 1991. Disponible en Bountiful Gardens (un proyecto de Ecology Action), 18001 Shafer Ranch Road, Willits, CA, 95490 o en Kerr-Cole Solar Box Cookers, P.O. Box 576, Taylor, AZ 85939 por \$10.00 USD.
- Hillel I. Shuval, et. al. *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 10: Night-Soil Composting*. Banco Mundial, Washington, D.C., 1981.



Una manera de matar todos los patógenos que se encuentran en el estiércol humano y lograr la *Meta #3, purificación de los desechos*, (asumiendo que el estiércol no ha sido contaminado con toxinas) es calentarlo a por lo menos 55°C durante por lo menos 21 días consecutivos<sup>146</sup> o entre 60° y 70°C durante tres días consecutivos<sup>147</sup> antes de agregarlo al suelo. Estas temperaturas por lo general pueden generarse en el centro de una pila de composta aerobia a la que se le haya dado el mantenimiento correcto y que mida 122 cm. de ancho por 122 cm. de largo y entre 91 y 122 cm. de alto o más. Sin embargo, la capa exterior de cualquier pila de composta es usualmente mucho más fresca. Así que, si el estiércol humano se agrega a la pila de composta, cualquier patógeno que se encuentre en el estiércol debe al final agregarse al centro de la pila para que reciba suficiente calor y para que muera antes de que la composta que contiene estiércol pueda agregarse de manera segura al huerto en el que se producen alimentos.

#### Compostaje de estiércol humano a nivel municipal

En Belville, MD, se construyeron pilas de composta hechas de una parte de astillas de madera por dos partes de sedimentos de aguas residuales por peso<sup>148</sup> que pudieran sistemáticamente calentar y matar a todos los patógenos presentes en los sedimentos, aún si los patógenos se encontraban cerca de la superficie de las pilas.

---

<sup>146</sup> Raymond P. Poincelot, *The Biochemistry and Methodology of Composting* (New Haven, Connecticut: The Connecticut Agricultural Experiment Station, 1975), p. 7: “el *Bacillus anthracis* [aparentemente el patógeno humano más resistente al calor que se ha analizado] pudo ser destruido solo con temperaturas superiores a los 55°C durante 3 semanas o más con un nivel de humedad del 40% o un nivel superior. [El nivel ideal de humedad para favorecer la descomposición aeróbica es de entre 50% y 60%]”. Poincelot más adelante dijo que algunos hongos patógenos quizá podrían sobrevivir en estas condiciones. Con el propósito de asegurar la purificación completa, asegúrese de cumplir o sobrepasar los requisitos de temperatura y duración que se mencionan en ese folleto durante el tratamiento de desechos humanos.

<sup>147</sup> B. B. Wiley y S. C. Westerberg, “Survival of Human Pathogens in Composted Sewage”, *Applied Microbiology*, diciembre 1969, p. 994.

<sup>148</sup> La relación carbono-nitrógeno de las pilas sería de alrededor de 22 a 1 (asumiendo que el contenido de carbón y nitrógeno en las astillas de madera era aproximadamente igual al promedio de aserrín crudo y aserrín podrido, ya que las astillas de madera fueron reutilizadas en el proceso). Una relación carbón-nitrógeno de 30 a 1 es más óptima y será considerada como una meta en este folleto al momento de construir una pila de composta. El Dr. Robert Parnes sugiere que una relación 50 o 60 a 1 podría atrapar más nitrógeno y crear más humus. Por lo tanto, aunque *se requiere un área total mayor* para producir una pila con una relación inicial carbón-nitrógeno de 60 a 1 en comparación con la cantidad que se necesita para crear una pila con una relación inicial carbón-nitrógeno de 30 a 1, probablemente haya más composta curada disponible por pie cuadrado del área de cultivo. Sin embargo, una relación carbón-nitrógeno de 30 a 1 fomenta una mayor actividad biológica que puede reducir con más éxito el número de patógenos en el estiércol (Dr. Robert Parnes, comunicado personal, noviembre 1, 1993 y enero 7, 1994). Una pila que inicialmente contiene una relación carbón-nitrógeno de 60 a 1 producirá en general menos calor y necesitará más tiempo (quizá hasta dos años) para descomponerse.

Esto fue posible cubriendo cada pila con una capa de 30.5 cm de composta curada libre de patógenos que actuó como un aislante. Incluyendo el aislante, las pilas medían 2.3 metros de alto, 4.6 metros de ancho y de diversas longitudes. El aire se hacía circular a través de la pila con 2 tubos de plástico perforados que se encontraban debajo de la pila atados a un pequeño ventilador eléctrico. Tanto el ventilador como las astillas de madera aumentaban la circulación del aire en la pila y promovían la descomposición aeróbica. El aire que pasaba por la pila después era canalizado a través de una pila pequeña de composta madura y eliminaba efectivamente el olor de las pilas en descomposición. Las temperaturas de las pilas sistemáticamente alcanzaban 60°C y mantenían esta temperatura durante 5 a 10 días; a veces la temperatura de la pila podría alcanzar hasta los 80°C. Ni la nieve ni el clima frío ralentizaban el proceso de las pilas. Estas pilas eran tan grandes y tan bien aireadas y capaces de generar tanto calor que todos los patógenos analizados (virus, bacterias, y los huevos de gusanos intestinales del género *Ascaris* resistentes al calor, entre otros) fueron lo suficientemente destruidos para que la composta pudiera ser aplicada de manera segura al suelo que produce alimentos a pesar de que las pilas nunca fueron volteadas. Aunque los patógenos fueron destruidos por completo, cualquier toxina que se encuentra en los residuos como resultado de los desechos industriales de metales pesados, pesticidas u otros contaminantes pudieron haber quedado en la composta y restringir su utilización como fertilizante. Por lo tanto, la Meta #1 pudo no haber sido lograda enteramente.

Debido a que el método Belville solo compostó sedimentos de aguas residuales y no las aguas residuales, como es el caso de la peletización y otros métodos para procesar los desechos humanos, todo el nitrógeno soluble y otros nutrientes en la porción líquida de los sedimentos se perdieron cuando el líquido fue arrojado a una vía fluvial cercana o al océano en lugar de ser compostado. Del nitrógeno que quedó en los sedimentos, hasta la mitad, así como mucho del carbón en esos mismos sedimentos, se convirtió en gas que escapó al aire y se perdió debido al calor extremo generado por la pila.<sup>149</sup> *Debido a que el nitrógeno, así como el carbón, es necesario para permitir que los microorganismos en la pila de composta generen humus, la pérdida de carbón y nitrógeno disminuirá la cantidad total de humus que puede producirse.* Por lo tanto, las pilas de Belville pudieron no haber producido suficiente humus para restaurar la cantidad que se perdió del suelo que produjo los alimentos consumidos por las personas que contribuyen a los sedimentos de las aguas residuales. En otras palabras, el método puede no haber logrado de manera adecuada la Meta #2, *producción suficiente de humus para reabastecer el suministro que se perdió al cultivar alimentos.*

Otra dificultad del sistema Belville es que requería maquinaria que cuesta \$160,000 USD o más y energía para operar estas máquinas para poder construir y manejar sus enormes pilas de composta.<sup>150</sup>

#### Compostaje de estiércol humano en una escala más pequeña

Para compostar el estiércol humano y lograr las cuatro metas del reciclaje de los desechos humanos se requiere una cantidad considerable de experiencia y habilidades. El problema de lograr la Meta #1 es que no solo se deben cumplir los requisitos de temperatura y duración antes mencionados después de que la pila ha sido construida pero también deben cumplirse después de haberla volteado. De otro modo, *los patógenos que se encuentran afuera de la pila* podrían sobrevivir aún si terminan en el centro de la nueva pila una vez que esta fue volteada. Y aún existe una posibilidad de que algunos de los patógenos no hayan llegado al centro de la pila y se hayan quedado en las capas exteriores de la pila en donde por lo general no está lo suficientemente caliente para matarlos.

---

<sup>149</sup> H. I. Shuval, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 10: Night-Soil Composting* (Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981), p. 57.

<sup>150</sup> H. I. Shuval, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 10: Night-Soil Composting* (Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981), pp. 73-74.

De hecho, la *Salmonella*, la bacteria que por lo general infecta la carne y causa problemas intestinales y otras enfermedades causadas por bacterias que no están expuestas al calor asesino en el centro de la pila, se puede multiplicar en las capas exteriores más frescas y por toda la pila al tiempo que la temperatura de la pila disminuye.<sup>151</sup>

*En general, para que una pila de composta se descomponga de manera aeróbica y se caliente lo suficiente para matar a los patógenos, debe:*

- Tener al principio al menos 91.44 cm. de largo, 91.44 cm. de ancho y 91.44 cm. de altura y ser construida en un día para que esté lo suficientemente aislada cuando se descomponga y así alcanzar una temperatura máxima de 60° a 70°C y mantener esa temperatura dentro de un rango de por lo menos 3 días;
- Tener una relación carbono-nitrógeno de 30 a 1 (vea la nota a pie de página #148);
- Mantener su humedad como la de una esponja exprimida.

*Si las temperaturas generadas en la pila para lograr la Meta #1 son muy elevadas, es probable que las Metas #2 y #3 no se logren por completo.* La cantidad de nitrógeno contenido en la composta curada va del 61.2% (cuando la relación carbono-nitrógeno inicial de la pila es de 20 a 1) al 99.5% (cuando la relación carbono-nitrógeno inicial de la pila es de 30 a 1) del nitrógeno que la pila contenía al principio.<sup>152</sup>

---

<sup>151</sup> La *Salmonella* se destruye cuando se expone a 65°C durante un día (K. H. Knoll, "Compost Preparation from the Hygienic Viewpoint", *Information Bulletin No. 7* [International Research Group on Refuse Disposal, 1959]; K. H. Knoll, "The Influence of Various Composting Processes on Non-Sporeforming Bacteria", *Information Bulletin No. 19* [International Research Group on Refuse Disposal, diciembre 1963]; y K. H. Knoll, "Public Health and refuse Disposal", *Compost Science*, 1961, pp. 35-40). Es más probable que la *Salmonella* sea destruida en una pila de composta que se voltea con frecuencia que en una en la que eso no sucede con frecuencia (H. I. Shuval, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 10: Night-Soil Composting* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981], p. 12. La *Salmonella* también se destruye con el tiempo (R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981], pp. 221-227. Todos los requisitos de temperatura, duración y maduración mencionados en esta publicación, cuando se logran, asegurarán la destrucción de la *Salmonella* y de todos los otros patógenos humanos conocidos.

<sup>152</sup> Con base en datos de pilas de composta que no contienen desechos humanos presentados por J. I. Rodale, *The Complete Book of Composting* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1960), p. 647. El estiércol humano compostado únicamente con cenizas o suelo (por lo tanto, la proporción inicial carbón-nitrógeno es mucho menor a 30 y no es la ideal para retener nitrógeno) puede retener 15% o 95% respectivamente del nitrógeno contenido originalmente (Viet Chy, *Human Faeces, Urine and Their Utilization* (Environmental Sanitation Informatiin Center, Asian Institute of Technology, P.O. Box 2754, Bangkok, Thailand, 1981), p. 23.

La meta que tiene que ver con la retención de nitrógeno en las pilas de composta que contienen estiércol humano es de 99.5% a 100%. Ya que el 99.5% es posible en las pilas que no contienen estiércol humano, podría ser posible que en las pilas que contengan estiércol humano también se logre después de unos cuantos años de experiencia, experimentos, observación cuidadosa e ingenio. Sin embargo, hasta que se logre esta meta, es probable que se presente una pérdida de nitrógeno del 35% (debido a la filtración o a la amonificación) en las pilas de composta con una proporción inicial carbón-nitrógeno de 30 a 1. El nitrógeno que se pierde, aún si es más de 35%, puede regresar al suelo sembrando leguminosas que fijan el nitrógeno que está en el aire en el suelo. Con una pérdida de nitrógeno de 35%, el Apéndice B: Cálculos Detallados #15 muestra que no se necesitan camas adicionales con cultivos de leguminosas y que solo es necesario interplantar una fracción de las camas en las que se siembran granos con leguminosas (que pueden tener muchos beneficios secundarios, incluyendo mayores rendimientos de granos) que reemplazarían el nitrógeno que se perdió. (Vea la página 164). Este cálculo de la cantidad de nitrógeno en la composta se basa en ya sea la habilidad para retener el 100% del nitrógeno que se encuentra inicialmente en la pila de composta o en el hecho de interplantar en suficientes camas productoras de granos para reemplazar todo el nitrógeno que se ha perdido. Aún si se pierde el 50% del nitrógeno en la producción anual de estiércol de una persona y 95.3 kg de paja (907 g de nitrógeno perdidos al año), si las siete camas son interplantadas y los nódulos además de la biomasa de las habas y de las algarrobas son compostadas (277 g de nitrógeno agregado por cama para un total de 1.950 kg de nitrógeno para las 7 camas) y el 50% se pierde (975 g retenidos en la composta curada) más nitrógeno del que se perdió (907 g) estaría disponibles para agregar al suelo.

La relación inicial carbono-nitrógeno de la pila de composta determina en gran parte la temperatura máxima de la pila durante la descomposición – con límites, entre más baja sea la relación carbono-nitrógeno más se calentará la pila. Entre más se caliente la pila, se pierde más carbón y nitrógeno de la pila lo que disminuye la cantidad de composta curada y humus producida. Por lo tanto, a la temperatura que alcanza la pila durante la descomposición es de importancia fundamental y el margen de error es relativamente pequeño – muy caliente y la producción de humus será menor, muy fría y los patógenos no morirán. Aun así, *si la pila alcanza los 60°C y no los excede durante 3 días consecutivos y se le permite madurar como se describe más abajo, se pueden lograr las Metas #1, #2 y #3.*<sup>153</sup> Si excede los 60°C durante un día o más, las pérdidas de carbón y nitrógeno quizá no sean considerables. Si una pila se calienta demasiado, puede reducir la temperatura abriendo la pila para permitir así que salga algo de calor y puede agregar material carbonoso adicional.

El método para almacenar y compostar el estiércol humano que se describe abajo producirá en general composta curada libre de patógenos siempre y cuando se siga al pie de la letra y se cumpla con los requisitos de temperatura y duración para la purificación. Antes de experimentar con su método, *obtenga permiso de su autoridad local de salud ya que los riesgos para la salud son muy grandes.*

### *Capture y almacene su estiércol*

Para crear una pila de composta de una sola vez, necesitará almacenar su estiércol hasta que haya acumulado suficiente para construir su pila. Para *evitar que el estiércol se descomponga de manera anaeróbica:*

- Reúna su estiércol y orina en contenedores *separados*. La orina en el contenedor en el que se almacena el estiércol haría que ese estiércol este demasiado húmedo. También, si se agregara suficiente suelo y paja para que absorba la orina y para que evite que se escape el nitrógeno, el tamaño del contenedor que se necesitaría sería enorme además de poco práctico (Vea “Compostando la Orina Humana” páginas 27-33) para leer acerca de una manera más sencilla de reciclar la orina).<sup>154</sup> Un método para separar la orina del estiércol es tener dos tazas de baño en su letrina para composta – una para estiércol y otra para orina. Otro método es usar una placa deflectora como se muestra en la ilustración 6 abajo. Una vez que la orina ha sido capturada, se puede compostar como se describe en el Capítulo 3.

*El sello entre el contenedor de almacenamiento y la letrina debe estar lo suficientemente apretado para evitar que entren moscas, mosquitos y otros portadores y que entren en contacto con los patógenos y que causen enfermedades. Este requisito es esencial para todos los sistemas de almacenamiento de desechos humanos y de reciclaje.*

---

<sup>153</sup> Alternativamente, si la temperatura de la composta en cambio alcanza 55

°C durante 18 a 21 días consecutivos, los patógenos serán destruidos y se generará más composta curada en comparación con la cantidad que se genera cuando se alcanzan temperaturas más elevadas. Sin embargo, al cumplir con esta condición para destruir patógenos, hay una mayor posibilidad, especialmente en climas más fríos, de que la temperatura no se mantenga durante esta cantidad de tiempo y de que algunos patógenos sigan siendo infecciosos

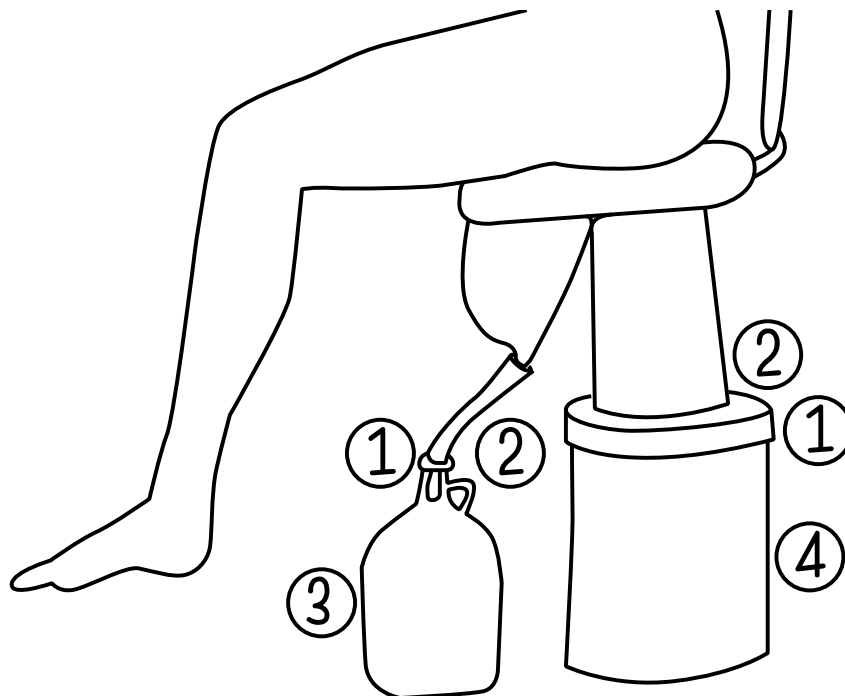
<sup>154</sup> Quizá desee experimentar y agregar gusanos rojos (*Eisenia foetida*) al contenedor de almacenamiento para ayudar a que el estiércol se descomponga más rápidamente y quizá atrapar más nitrógeno que podría regresar al suelo en forma de humus de lombriz. A diferencia de los gusanos que se encuentran en la parte más profunda de los estratos del suelo, el gusano *E. foetida* se encuentra en cualquier pila de composta madura y húmeda. Probablemente necesite reintroducir los gusanos al contenedor después de cada vertido. La orina no debe entrar al contenedor de almacenamiento del estiércol porque mataría a los gusanos.

Usar gusanos para descomponer el estiércol humano no eliminará los patógenos ya que las temperaturas que se alcanzan serán muy bajas (David E. Chaney, et al., *Organic Soil Amendments and Fertilizers*, Publicación 21505 [Oakland, CA: University of California, 1992], p. 19). Se necesita investigar más para determinar el alcance al cual son destruidos varios patógenos cuando son consumidos por gusanos que consumen estiércol humano.



## Ilustración 6

### Separador de orina y estiércol sofisticado y de tecnología simple<sup>155</sup> y letrina de almacenamiento



#### CARACTERÍSTICAS:

1. Ambos contenedores de almacenamiento son sellables.
  2. Las uniones entre las tapas y los tubos de entrada deben estar lo suficientemente apretados para no dejar entrar a las moscas.
  3. El contenedor de almacenamiento de la orina es de vidrio.
  4. El contenedor de almacenamiento de excremento puede ser sostenido de manera que lo puedan subir y bajar sin mover el tubo de entrada o la tapa. Si la tapa tiene relleno o almohadillas por dentro eso asegurará que el contenedor quede bien sellado.
- Almacenar el estiércol en contenedores de plástico de 114 litros. Los contenedores de plástico son más ligeros y menos propensos a corroerse y a desgastarse a diferencia de los contenedores hechos de metal.
  - Agregar una lata d2 1.9 l de paja de trigo apretujada (la paja debe pesar un poco menos de 142 g ) al contenedor una vez cada día.<sup>156</sup> (Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #10). La paja debe estar en trozos – entre más pequeños mejor (vea la nota a pie de página #161). Esto es aproximadamente la mitad de la paja que necesita agregarse al estiércol para crear una relación carbono-nitrógeno de alrededor de 30 partes de carbón por 1 parte de nitrógeno, que es la relación ideal para una descomposición aerobia.<sup>157</sup> La otra mitad será agregada cuando se construya la pila.<sup>158</sup>

*Se necesitan aproximadamente 95 kg de paja para compostar el estiércol generado por una persona cada año con una relación carbono-nitrógeno óptima de 30 a 1 (vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #10). Con*

rendimientos Biointensivos intermedios, una cama puede producir 13.6 kg de paja de trigo,<sup>159</sup> así que necesitará 7 camas de 10 m<sup>2</sup> para cultivar 95 kg de paja de trigo (alrededor de 3 pacas) al año. Para almacenar esta paja, necesitará un contenedor que tenga capacidad para aproximadamente 18.3 m<sup>3</sup> de paja (vea la nota a pie de página #70). (Por ejemplo, el contenedor puede ser de 91 cm. de alto, 121 cm. de ancho y 1.5 metros de largo).

---

<sup>155</sup> Para ver otro diseño de separador de orina y estiércol, consulte La Coordinación General del Programa IMSS Solidaridad, *Catálogo de Actividades de Acción Comunitaria* (México, D.F.: México, IMSS, 1994), p. 85.

<sup>156</sup> En lugar de o además de la paja de trigo, también se puede usar aserrín, pero quizá no sea la mejor fuente de carbón. Primero, deben cortarse árboles para producir aserrín y hay muy pocos árboles en el mundo – China ha perdido 75% de sus bosques, Europa ya no tiene bosques primarios, los Estados Unidos han perdido el 85% de sus bosques y también ha desaparecido el 50% de los bosques originales del mundo (Donella H. Meadows, et al., *Beyond the Limits* [Post Mills, VT: Chelsea Green Publishing Company, 1992], pp. 57-58). Segundo, se necesita maquinaria cara y que consume energía para producir la cantidad de aserrín que cada persona necesitaría para compostar su estiércol cada año. Tercero, el aserrín tiende a permitir que entre menos aire que paja al contenedor y cuando se usa de manera exclusiva parece alentar la producción de olores más fuertes lo que puede indicar que la descomposición es anaeróbica. Cuando solo se agrega paja a la letrina de composta en la Mini-Granja de Ecology Action, se detecta mucho menos olor cuando se entierra su contenido en el huerto entre los árboles, el cual está lejos del huerto principal en el que no se usa estiércol humano, comparado con el olor que se genera cuando solo se agrega aserrín. Por otro lado, el aserrín tiene más lignito (una forma de carbón que, cuando se composta, produce una forma más estable de humus) que la paja. Para calcular la cantidad de aserrín que necesitará, vea el Apéndice A y use los Cálculos Detallados #10 en el Apéndice B como modelo.

<sup>157</sup> La cantidad de papel de baño que se usa en general solo aumenta la relación carbono-nitrógeno mínimamente y por lo tanto no se incluye en la aproximación total de relación carbono-nitrógeno. Ya que la producción de papel de baño requiere que se corten árboles y/o el uso de mucha energía, aún en el caso del papel de baño reciclado, y requiere mucho tiempo cuando se produce de manera sustentable, quizá quiera experimentar con las hojas suaves de arla (*Tithonia sp.*; semillas disponibles con J. L. Hudson, Seedsman, P.O. Box 1058, Redwood City, CA 94064, USA), de gordolobo y de wooly lamb's ears. El gordolobo tiene hojas más anchas y su forma es más práctica. Las hojas de estas plantas también proveerían más carbón fácilmente disponible y, por lo tanto, permitirían que se retuviera más nitrógeno (vea la nota a pie de página #161). Si siente curiosidad y quiere descubrir cuáles de las plantas crecen alrededor suyo funcionarían bien, asegúrese de identificarlas primero y asegúrese también de que no sean irritantes o venenosas.

En todo el Oriente medio, India y en otros lugares se usan la mano izquierda y el agua en vez del papel de baño.

<sup>158</sup> Agregar menos de la cantidad total necesaria de paja para crear una relación carbono-nitrógeno de 30-1 se ha evitado hasta este punto en este libro por dos posibles desventajas. La primera posible desventaja es un incremento en la pérdida de nitrógeno. Porque solo se agrega y se almacena la mitad de la cantidad óptima de material carbonoso con el estiércol, se escapa más nitrógeno del estiércol en forma de gas amoníaco comparado con la cantidad que se escaparía cuando se agrega la cantidad completa de materiales. La segunda posible desventaja es la descomposición anaerobia del estiércol, debido a la humedad y a la tendencia hacia la compactación del estiércol humano fresco. A partir de pruebas en Ecology Action la descomposición anaeróbica parece muy poco probable cuando se agrega la mitad de la cantidad de paja al contenedor de almacenamiento.

Mirando el lado positivo, agregar solo la mitad de la cantidad de paja al contenedor de almacenamiento disminuye el volumen necesario del contenedor a la mitad. O, el contenedor de almacenamiento podría ser grande y tendría que vaciarse con menos frecuencia. También, la paja podría secar el estiércol (el cual es aproximadamente 70% a 85% agua) por debajo del nivel ideal de humedad de 50% a 60% para una descomposición aeróbica y hacer más lenta la descomposición del estiércol hasta que pueda ser utilizado para construir una pila de composta. Sin embargo, ahora que está consciente de las compensaciones involucradas quizá quiera experimentar agregando más o menos paja al contenedor de almacenamiento de estiércol, observe los resultados y decida que funciona mejor para usted y el suelo.

<sup>159</sup>, John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp 164-165. Para crear una relación total carbono-nitrógeno de 60 a 1 como lo sugiere Parnes (vea la nota a pie de página #148), se necesitan 529 kg de paja de trigo por persona por año (vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #10). Con rendimientos Biointensivos intermedios, (1,167 / 30) se necesitarían 38.9 camas para cultivar trigo cada año.

*Si usted obtiene permiso para compostar desechos humanos y decide compostar tanto su orina como su estiércol con paja, necesitará 428 kg de paja cada año. Con rendimientos Biointensivos intermedios, necesitará alrededor de 25 camas durante el invierno para cultivar toda esta paja (o menos si los granos que producen paja como el mijo y la quinoa se cultivan en las mismas camas también en el verano) y aproximadamente 8 m<sup>3</sup> de espacio para almacenamiento (alrededor de 3 contenedores de 1.5 metros de ancho por 91 cm de alto y 1.8 metros de largo, por ejemplo). Si los cultivos que producen paja se cultivan durante el verano y el invierno, como se describe en la sección “Compostando la Orina Humana”, página 31, se necesitará menos espacio de almacenamiento. Ya que la cantidad total de paja que se necesita se dividirá en dos cosechas, cada cosecha será menor a la cosecha que se obtenga cuando toda la paja se cosecha en una sola temporada. Cada cosecha se usa constantemente para hacer pilas de composta de modo que la cantidad almacenada disminuya antes que la siguiente cosecha necesite ser almacenada. Vea el Capítulo 5 para ver descripciones detalladas de dos sistemas para cultivar todas sus calorías y reciclar todos sus desechos cada año.*

### *Cómo escoger un lugar apropiado para compostar su estiércol*

Si planea compostar todo el estiércol que usted genera cada año, necesitará un área de 1 metro de ancho por 2 metros de largo para contener dos pilas que serán de alrededor de 1 metro de ancho por 1 metro de alto. Además, se necesitará un espacio adicional de 1 metro de ancho por uno de largo en el cual se pueda voltear una de las pilas. Estas pilas de composta contendrán todo su estiércol de un año además de paja y suelo.

El lugar de uno por tres metros para sus pilas de composta debe encontrarse cuesta abajo y estar por lo menos a 46 metros de distancia de cualquier fuente de agua o hábitat vivo. *El nivel donde se encuentra el agua subterránea debajo de toda el área de composta debe de ser de al menos 1.5 metros debajo de la profundidad a la cual se aflojará el suelo (o 1.8 metros debajo de la superficie del suelo),<sup>160</sup> ya que el agua que se filtra a través de la pila probablemente contenga patógenos. Si el agua del subsuelo se encuentra a por lo menos 1.5 metros debajo de la profundidad a la cual se aflojará el suelo, la mayoría de los patógenos habrán muerto o habrán sido consumidos por organismos del suelo antes de llegar al agua del subsuelo.* Para probar el nivel donde se encuentra el agua del subsuelo, haga un hoyo de 1.8 metros de profundidad (usando una pala para postes facilitará el trabajo después de haber cavado 91 cm más o menos). Construya un acotamiento alrededor de su perímetro y cubra el hoyo y el acotamiento con plástico para no dejar entrar la lluvia y evitar que la superficie se erosione por la escorrentía. Use un poste largo de 2.54 por 2.54 cm para ver si aparece agua al fondo del hoyo. Si se detecta agua en cualquier momento del año, se debe elegir un nuevo lugar. Asegúrese de verificar a partir de la lluvia de ese año, que el año que usted checó haya sido uno representativamente húmedo. Si no lo fue, asegúrese de revisar nuevamente el sitio antes de usarlo y asegúrese también de que el sitio no reciba mucha escorrentía que pudiera erosionar la pila y transmitir enfermedades. Si está construyendo la pila en una superficie ligeramente inclinada, quizá quiera construir una berma (terraplén con la parte superior plana N. del T.) alrededor de todo el sitio en el que está la composta para evitar que cualquier lixiviado rico en patógenos de la pila salga del lugar en el que está la pila y amenace la salud de aquellos que se encuentran cerca.

---

Como nota al margen, 38.9 camas de trigo con rendimientos Biointensivos intermedios pueden proveer 176 kg de semillas de trigo, las cuales, cuando se muelen producen suficiente harina de trigo integral para 1.6 barras de 454 g para cada día del año de harina de trigo combinada con agua, levadura y otros ingredientes da como resultado una barra de pan de 454 g). 176 kg de semillas de trigo proporcionarán a una persona 1595 calorías por día o aproximadamente 66% de las necesidades calóricas diarias de una persona. Las calorías son un requisito alimenticio que exige más área para cultivo. Para casi cualquier dieta en el mundo, si se cumple con las necesidades calóricas de una persona por lo general se cumple con el resto de las necesidades.

<sup>160</sup> Sim Van der Ryn, *The Toilet Papers* (Santa Barbara, CA: Capra Press, 1978), p.48.

El sitio no debe estar sobre rocas con fisuras o con formaciones permeables que pudieran permitir la filtración excesiva de los nutrientes y patógenos que se encuentran en el estiércol hacia el agua subterránea. Los suelos arenosos son en general apropiados siempre y cuando la profundidad del nivel freático cumpla con los requisitos descritos anteriormente. Después de que usted haya elegido el lugar que cumple con esos requisitos, preséntelo junto con su propuesta a su autoridad local de salud para obtener el permiso antes de empezar a experimentar para compostar su excremento. Compostar el excremento humano es ilegal y puede ser peligroso no solo para su salud sino para la salud de su comunidad y del suelo. *No empiece a compostar su excremento sin consultar primero y obtener el permiso por parte su autoridad local de salud.*

### *Preparando el lugar*

A continuación, afloje el suelo del área de 1 metro por 1 metro en la que estará su primera pila a 30 cm. de profundidad con un biello jardinero y agregue una capa de ramas, ramitas y/o tallos como se describe en la sección que habla de cómo compostar orina. El suelo flojo y las ramitas permitirán que los patógenos que se encuentran en el lixiviado de la pila se hundan en el suelo y que no se desborden sobre la superficie en donde podrían esparcir enfermedades. Al igual que cuando se compostó la orina, afloje el área para su segunda pila solo inmediatamente antes de que la necesite en lugar de aflojarla y que luego se compacte y necesite aflojarla otra vez.

Cuando esté listo para voltear la primera pila, como se describirá más adelante, afloje la nueva área de 1 metro por un metro y agregue una capa de ramas y ramitas. Si se afloja el suelo de toda el área de una sola vez, la porción que no se use tenderá a compactarse y necesitará aflojarse otra vez, lo que representa trabajo extra.

Reserve un juego de ropa, un biello, una pala recta, un biello para paja y un termómetro para composta para las tareas de construir, voltear y mantener la pila de composta que contiene estiércol y *no los use para ningún otro propósito.*

### *Creando la pila*

Para crear su pila de una vez, necesitará almacenar todo el estiércol que usted produjo durante el año anterior. Incluyendo la paja que agregó llenará aproximadamente 10 contenedores de 114 litros.<sup>161</sup> El contenido de estos contenedores junto con el suelo y la paja adicional formarán su composta enriquecida con estiércol.<sup>162</sup>

---

<sup>161</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #11. El número de contenedores de 114 litros variará dependiendo del tamaño de la paja que se agregue. Si la paja se encuentra en trozos pequeños, el contenedor no solo tendrá espacio para más estiércol y paja, sino que habrá más carbón disponible en la paja para los microorganismos. Ya que la superficie del área de la paja aumenta cuando se encuentra en trozos pequeños, hay más paja expuesta y puede ser consumida por microorganismos. Si hay más carbón más fácilmente disponible en la paja, los microbios podrán capturar más del nitrógeno que se convierte en amoníaco. Por esta razón, el Dr. Robert Parnes, quién ha operado un servicio comercial de análisis de suelo durante los últimos 10 años y que tiene una maestría en física de la Universidad de Ohio, sugiere agregar material carbonoso cuyo carbón se encuentra más fácilmente disponible que el de la paja; al igual que en el caso de las alternativas para el papel de baño (vea la nota a pie de página #157) y cualquier otra planta fresca (comunicado personal, noviembre 1, 1993). Sin embargo, la mayoría de las plantas verdes no son especialmente altas en carbón, con excepción de la alfalfa fresca y otras plantas de tallo un tanto leñoso, así como algunos zacates. Ya que ambos son algo ricos en carbón y su carbón se encuentra relativamente más disponible quizá sean mejores ingredientes para agregar al contenedor de almacenamiento de estiércol. La desventaja es que estos ingredientes tienen mucha agua así que el contenido en el contenedor de almacenamiento permanecerá relativamente húmedo y tenderá a descomponerse de manera anaeróbica. Además, estos materiales tienen una relación carbono-nitrógeno menor de 30 a 1 así que agregarlos a las pilas finales de composta que construya no incrementarán la relación global carbono-nitrógeno 30 a 1 que se necesita para una producción máxima de humus. Por lo tanto, dependiendo de la cantidad de material verde que se agregue al contenedor de almacenamiento, sería necesario agregar a las pilas finales de composta más de los 95 kg de paja que se necesitan para incrementar la relación carbono-nitrógeno de 30 a 1.

<sup>162</sup> Si no hay 10 contenedores de 114 litros disponibles (y muy probablemente no estarán disponibles para muchas personas en el mundo), quizá sencillamente desee utilizar 1 contenedor de 114 litros, llenarlo a la mitad y agregar el contenido a su pila de composta de manera periódica. *Sin embargo, no es óptimo construir la pila de manera continua ya que es necesario generar una cantidad máxima de calor para matar a los patógenos.*

### La receta

Encima de las varas, agregue las siguientes capas en sucesión y riegue cada capa con aproximadamente 1 a 2 litros de agua para humedecer la capa a conciencia después de que haya sido agregada:

- 1) Dos cubetas compactadas de 19 litros de paja que pesen un total de alrededor de 2.3 kg (creando una capa de alrededor de 2.54 a 5 cm. de grueso).
- 2) La mitad de un contenedor de 114 litros con estiércol humano y paja<sup>163</sup> (una capa de alrededor de 2.54 a 5 cm. de grueso).
- 3) Un poco más de un tercio de una cubeta de 19 litros de suelo (una capa de menos de ½ cm. de grueso).

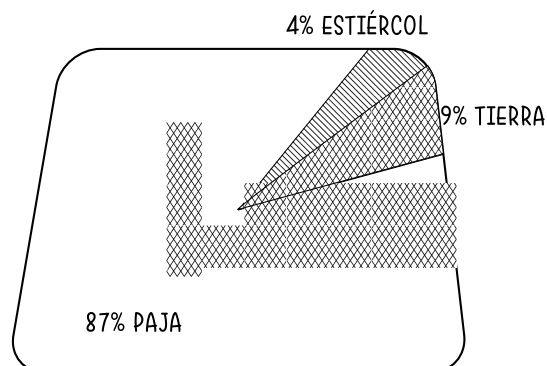
Siga agregando estas capas en secuencia y regándolas hasta haber agregado 20 capas de cada una (momento en el cual usted deberá haber acabado con su suministro de 95 kg de paja del año). Si la pila se construye toda de una sola vez, debe ser de aproximadamente 91.4 cm de altura cuando la termine. La última capa de la pila debe ser 1 cubeta de 19 litros de tierra. Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #12 para la derivación de esta receta.

---

<sup>163</sup> Si para usted un contenedor de 114 litros lleno es poco práctico para manejar y para agregar su contenido a la pila de composta, quizá quiera usar 20 contenedores de 114 litros y llénelos solo a la mitad.

## Ilustración 7

### Construcción de una pila de composta que contenga estiércol humano por volumen



Cuando construya una pila de composta, lo mejor es siempre usar una amplia variedad de materiales. En la receta antes mencionada solo se usa paja, estiércol humano y suelo. Si se sigue esta receta, la pila que usted construya 4% de estiércol humano por volumen (vea la Ilustración 7 y el Apéndice B: Cálculos Detallados #13). Una pila con una mayor variedad de materiales carbonosos y nitrogenados compostables (como aquellos que tienen más carbono disponible), probablemente se descompondrá de manera más eficiente, retendrá más nitrógeno y contendrá más humus siempre y cuando la proporción inicial carbono-nitrógeno siga siendo de alrededor de 30 a 1. Además, entre más diversidad haya en la pila de composta, más diversas serán las poblaciones de microorganismos en la composta. Cuando se agrega la composta al suelo, también se agregan diversas poblaciones de microorganismos y esto fomenta que haya un balance saludable de microorganismos que reducen la probabilidad de que los microorganismos patógenos sean dominantes y causen enfermedades a las plantas y al suelo.

*Si quiere experimentar con diferentes combinaciones de materiales carbonosos, use un total de aproximadamente 22 partes (compactadas) secas por 1 parte de estiércol humano por volumen para lograr una proporción carbono-nitrógeno 30 a 1. Si quiere experimentar agregando material verde fresco o desperdicio de cocina a la pila, asegúrese de agregar una parte seca de material carbonoso adicional por cada 1.25 partes de material verde agregado con el propósito de mantener la relación carbono-nitrógeno de aproximadamente 30 a 1 en la pila.*

Usted debe experimentar con la pila solo después de tener *por lo menos* tres años de experiencia compostando estiércol humano con la receta antes mencionada para minimizar el número de variables y para incrementar su habilidad para aprender de cada experiencia.

Después de que una pila de composta ha sido construida con estiércol humano, debe sellarse de modo que ninguna mosca, mosquito o cualquier otro portador entre en contacto con los patógenos que se encuentran en el estiércol humano y así evitar que propaguen enfermedades. Esto se puede lograr con un marco de madera con mosquitero que cubra por completo cada pila que contenga estiércol humano. También podrían funcionar una lona o una capa gruesa de materiales (hojas de palma o paja tejida, por ejemplo) pero en general podrían reducir la cantidad de aire que entra y sale de la pila y podría alentar la descomposición anaeróbica. La tierra debe apilarse en la orilla del fondo de la barrera para evitar que los insectos entren a la pila. Si las moscas entran a la pila, debe voltearla para evitar la reproducción. La larva de la mosca no puede sobrevivir en temperaturas superiores a los 51°C.<sup>164</sup>

<sup>164</sup>R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981], p. 108.

Proteja su pila de la lluvia con una estructura hecha con materiales disponibles o plástico transparente (el plástico oscuro puede causar que la pila se caliente demasiado y como resultado haya una pérdida excesiva de carbón y nitrógeno) déjelo un poco suelto para evitar la descomposición anaerobia y/o la filtración excesiva de nutrientes y patógenos de la pila. *La meta es mantener la humedad de la pila como la de una esponja exprimida.* Es preferible un techo que no toque la parte superior de la pila a simplemente cubrirla con plástico y además es menos probable que impida el paso del aire y que aliente la descomposición anaeróbica. El plástico tiende a volar con el viento si no está bien asegurado o tiende a asfixiar la pila y a fomentar la descomposición anaeróbica cuando está bien sujeto. La descomposición anaeróbica puede mantenerse y revisarse quitando el plástico en días despejados. Una ventaja de asegurar firmemente el plástico alrededor de la pila es que quizá ayude a mantener a los animales y a las moscas alejados de la pila.

### *Cómo voltear y dar mantenimiento a la pila y almacenar la composta*

Los organismos como las bacterias, los hongos, gusanos y chinches (del suelo), entre muchos otros, son las criaturas responsables de la descomposición. Para que cualquier pila de composta se descomponga de manera eficiente, debemos asegurarnos de que los descomponedores tengan lo que necesitan: aire, agua, alimento y calor. El mantenimiento de la pila de composta enriquecida con estiércol, y de cualquier pila de composta, implica mantener estos cuatro elementos en balance y disponibles para los descomponedores. Si hay demasiado aire y poca agua, la pila se descompondrá muy lentamente. Si se agrega demasiada agua a la pila, habrá muy poco aire y se descompondrá de manera anaeróbica. Para agregar más aire a la pila, puede voltearla. La meta al voltear la pila de composta enriquecida con estiércol es la misma que para una pila de composta que no contenga estiércol humano: hacer que todo el material que se encuentra en la parte exterior de la pila ya existente termine adentro de la nueva pila y hacer que todo el material que se encuentra adentro de la pila ya existente termine en o cerca de la parte exterior de la nueva pila.

Cuando se mantiene el balance apropiado de agua y aire en la pila de composta con el volteado, usted estará fomentando una descomposición eficiente. El material en la parte exterior de una pila de composta está en general muy seco como para descomponerse eficientemente. Voltear la pila asegura que no se quede material afuera y relativamente sin descomponer. Cuando se hace la composta con estiércol humano, hacer que la parte exterior de la actual pila de composta termine en la parte interior de la nueva pila es aún más importante porque en ese caso no solo nos preocupa la descomposición de la pila sino también la aniquilación de todos los patógenos humanos que se encuentran en la pila. Los patógenos tienen muchas más posibilidades de sobrevivir si no están expuestos a las altas temperaturas que pueden ser generadas *solo* en el centro de una pila que fue construida y es manejada de manera apropiada, como se mencionó anteriormente.

¿Con qué frecuencia debe voltearse la pila? Debe voltearse por lo menos una vez (para exponer a los patógenos que se encuentran en la parte exterior de la pila a las altas temperaturas del centro de la pila), pero entre menos veces se voltee, mejor. *El voltear la pila con frecuencia aumentará la posibilidad de que todos los patógenos en el estiércol lleguen al centro de la pila y mueran, pero puede reducir la cantidad de composta curada y de humus generada por la pila, ya que al voltearla se estimula la oxidación y la pérdida de humus en la pila de composta.* Robert Rodale recomendó en *Organic Gardening* (febrero 1972) que una pila de composta que contiene estiércol humano debe voltearse “por lo menos tres veces en los primeros meses y después una vez cada tres meses a partir de entonces durante un año”. Sin embargo, para obtener la cantidad máxima de composta curada y de humus y aún así matar a los patógenos que se encuentran en el estiércol humano, otra opción es **voltear la pila solo una vez**, después de que la temperatura de la pila ha llegado a su nivel más alto y caído 20 grados o más debajo de ese nivel,<sup>165</sup> como lo haría con una pila de composta que no contiene estiércol humano.

Ya sea que voltee la pila tres veces o solo una, será seguro aplicar la composta curada en el suelo en el que se

---

<sup>165</sup> Paul D. Sachs, *Edaphos* (Newbury, VT: The Edaphic Press, 1993), p. 90.

están cultivando alimentos, aun cuando el *Ascaris* esté presente, un año después de que la pila haya sido completada **solo si** la pila mantuvo una temperatura de por lo menos 60°C durante tres días consecutivos **tanto** después de que fue construida y cuando la voltearon por primera vez. Un termómetro para composta es invaluable para determinar las temperaturas máximas de la pila.

Para crear pilas que cumplen con estos requisitos de manera sistemática, se necesita una cantidad considerable de experiencia y de habilidades, especialmente cuando el clima es frío y/o lluvioso. Dese tiempo para aprender.

Si no se cumple con los requisitos de temperatura y duración ambas veces, debe permitirse que la pila madure durante 2 años después de haber sido terminada o 7 años si las infecciones causadas por el *Ascaris* son comunes en su comunidad (el *Ascaris* se encuentra en todo el mundo<sup>166</sup>). Durante este tiempo, debe mantener la humedad de la pila como la de una esponja exprimida para fomentar que haya una población sana de descomponedores que al final consumirán los patógenos humanos que no son apropiados para la vida en una pila de composta. La desventaja principal de esperar tanto tiempo es que la composta se puede mineralizar (cuando el proceso de descomposición continúa y el humus en la composta curada se ha degradado y ha regresado a sus componentes minerales).<sup>167</sup> Si se presenta la mineralización al grado de que la composta curada final tiene muy poco humus, quizá no se logre la *Meta #2, producción de suficiente humus para agregar al suelo en el que se están cultivando alimentos*, especialmente si la presencia de *Ascaris* requiere un periodo de maduración de 7 años. Por lo tanto, si elegimos reciclar estiércol humano a través del composteo, debemos darnos tiempo para desarrollar sistemáticamente nuestras habilidades para construir y mantener una pila de composta que cumpla con los requisitos de temperatura y duración para lograr la purificación de patógenos y que no haya peligro de mineralización. Una vez que hemos afinado nuestras habilidades, podemos compostar nuestro estiércol y lograr las cuatro metas del reciclaje de desechos humanos a través del composteo.

Después de que la composta enriquecida con estiércol humano ha madurado lo suficiente para matar los patógenos, la composta curada puede usarse inmediatamente o puede almacenarse. Si decide almacenarla, separe la pila y deje que se seque hasta que tenga un nivel de humedad de 15% a 20% (vea la nota a pie de página #82). De este modo, detendrá el proceso de descomposición y evitará la mineralización del humus. Almacene la composta curada seca en un contenedor<sup>168</sup> que la proteja de la lluvia y la nieve (que podrían reiniciar el proceso de descomposición) y del sol intenso (que podría endurecer la composta y hacerla resistente a la absorción del agua y por lo tanto la haría difícil de aplicar al suelo).

Al compostar su estiércol con base en la receta y las pautas antes descritas, usted podrá producir aproximadamente 0.45 m<sup>3</sup> de composta curada de 40% de suelo por volumen. Esta es suficiente composta curada para aplicar a una tasa equivalente en términos de materia orgánica y nitrógeno y minerales de 0.07 a 0.22 m<sup>3</sup> por cada 10 metros cuadrados y mantener el abastecimiento de humus de 2.4 a 8 camas de 10 metros cuadrados. (Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #14). Por lo tanto, se genera suficiente composta curada para mantener el abastecimiento de humus de las camas en las que creció la paja que se necesitó para compostar el estiércol. Sin embargo, es probable que no se genere suficiente composta curada al compostar la producción anual de estiércol de una persona como para lograr la *Meta #2, producción de suficiente composta curada* para todas las camas que se necesitan para alimentar a esa persona cada año. El número real de camas necesarias para cultivar una dieta Biointensiva completa para una persona puede variar de 10 a 40 camas (92.9 a 372 m<sup>2</sup>) o más dependiendo del clima, el suelo, la dieta deseada y la experiencia del agricultor.

---

<sup>166</sup> R.G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* [Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981], p. 22.

<sup>167</sup> Steve Rioch, Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series, *Booklet #23: Biointensive Composting* (Willits, CA: Ecology Action, marzo 1990), p. 1.

<sup>168</sup> Se necesitan alrededor de 0.4 m<sup>3</sup> de espacio de almacenamiento para la composta curada que contiene estiércol y que usted planea almacenar cada año.



Por consiguiente, si se necesitan más de 8 camas para cultivar los alimentos de una persona para todo un año, se deben sembrar cultivos carbonosos adicionales en otras camas destinadas al cultivo de alimentos para lograr mejor la Meta #2.

*¿Podemos generar suficiente composta curada para cumplir con la Meta #2 para todas nuestras camas de cultivo si compostamos tanto el estiércol como la orina?*

La cantidad de composta curada que generamos al compostar nuestra orina anualmente es suficiente para mantener el nivel de humus de alrededor de 7.8 a 23 camas. La cantidad de composta curada que generamos al compostar nuestro estiércol anualmente es suficiente para mantener el nivel de humus de alrededor de 2.4 a 8 camas para un total de 10.2 a 31 camas. Dependiendo del área que se necesite para cultivar todos los alimentos de una persona para todo un año, esta cantidad de composta curada puede o no ser suficiente para lograr la Meta #2. Recuerde: ***Debido a que nosotros y las criaturas en el suelo y en las pilas de composta respiramos, necesitamos sembrar cultivos carbonosos en el 70% de nuestros huertos y granjas si es que queremos mantener la fertilidad del suelo de manera sustentable.***

De modo que quizá sea necesario sembrar cultivos carbonosos adicionales para generar suficiente composta curada y humus y así lograr por completo la Meta #2.

Una vez que se ha logrado la Meta #2, quizá también se haya logrado por completo la Meta #3: *regreso de los minerales que se encuentran en nuestros desechos al suelo que produjo nuestros alimentos*: todos los minerales en la orina y el estiércol, incluyendo una cantidad suficiente de carbón y nitrógeno en forma de composta curada, quizá regresen al suelo que produce los alimentos de la persona. La única excepción podría ser el nitrógeno, ya que parte de él puede haberse perdido cuando el material orgánico se descompuso y se transformó en humus. Para reabastecer el suministro de nitrógeno del suelo, se pueden sembrar leguminosas u otros cultivos que contengan bacterias fijadoras de nitrógeno, así podremos traer al suelo el nitrógeno que se gasificó en el aire. Si no se logra la meta de retener el 100% del nitrógeno y se presenta una pérdida del 35% del nitrógeno que se encontraba originalmente en el estiércol<sup>169</sup>, todo este nitrógeno se puede regresar al suelo interplantando 4.2 de las 7 camas que se usan para cultivar paja de trigo con habas de clima fresco y algarroba como se describe en *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #14: The Complete 21-Bed Biointensive Mini-Farm: Fertility, Nutrition and Income* de John Jeavons (Willits, CA: Ecology Action, 1987), pp. 4-15. Las habas y la algarroba serán cosechadas cuando entre el 10% y el 50% de sus flores estén en flor y hayan sido compostadas. El nitrógeno adicional que se agregó y se quedó en la composta curada reemplazará por completo la cantidad que se perdió durante el proceso de composteo del estiércol humano y el proceso de composteo de las habas y la algarroba (vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #15).

Una ventaja del composteo es que, al igual que sucede con la calefacción solar, se puede hacer individualmente. Los desechos no tienen que pasar primero por el sistema de aguas residuales, de modo que la Meta #1 se puede lograr por completo a través del composteo. Para matar los patógenos con calefacción solar no se necesitan habilidades técnicas, pero por el contrario se requiere un nivel importante de experiencia y habilidades técnicas para poder crear pilas de composta que de manera sistemática alcancen y mantengan un nivel suficiente de calor para matar a los patógenos.

#### Compostando en inodoros

En lugar de almacenar su estiércol y usarlo para construir una pila de composta, podría simplemente dejarlo en el contenedor de almacenamiento y, con el tiempo, los patógenos que contiene serían consumidos por los organismos que son más aptos para sobrevivir en ese intermedio y serían destruidos. Así es como los inodoros compostados

---

<sup>169</sup> La pérdida de 35% del nitrógeno original a través del composteo se basa en un cálculo hecho para una pila de composta que no contiene estiércol humano hecho por el Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 56. Vea la nota a pie de página #152.

pueden eventualmente producir composta curada libre de patógenos: no con calor, pero gracias a la competencia y consumo por parte de los organismos que son capaces de sobrevivir con el tiempo en ese intermedio.

Hay muchos inodoros para composteo disponibles a la compra con varias características y de diferentes precios. Ningún fabricante garantiza que la composta final sea segura como para ser utilizada en suelos en los que se cultivan alimentos ya que es casi imposible asegurar que las temperaturas en el inodoro a las que han sido expuestos los patógenos sean lo suficientemente altas como para matarlos.

Algunos inodoros para composteo pueden almacenar grandes cantidades de estiércol (hasta el excremento producido por una familia de cuatro personas durante 2 a 3 años) y le permiten tomar material solo del fondo del contenedor para asegurar que lo que se extrae no esté fresco. Sin embargo, a menos que usted esté seguro de que el excremento que está sacando tiene por lo menos 2 años (7 años en los lugares en las que las infecciones causadas por el *Ascaris* son frecuentes), *la composta no debe ser agregada al suelo en el que se trabajará o en el que se sembrarán cultivos cuyas partes comestibles puedan estar en contacto con el suelo.*<sup>170</sup> Mejor deje que lo que usted saque del inodoro para composteo madure más o use el proceso para compostarlo que se describió anteriormente.

Debido a que el estiércol en general no se calienta tanto en un inodoro para composteo como lo hace en una pila de composta aeróbica, se producirá la misma cantidad, *sino es que más*, de humus asumiendo que se agregue una cantidad igual de material carbonoso. Se debe agregar al inodoro un poco menos de 284 g de paja de trigo (o la cantidad apropiada de otro material carbonoso para crear una relación carbono-nitrógeno inicial de 30 a 1) todos los días de modo que cada año se agreguen al inodoro 95 kg de paja por descomposición y fomentan la descomposición aerobia y ambos generan composta curada que, *una vez que está lo suficientemente madura*, puede sacarse solo de la parte inferior del contenedor de almacenamiento (para minimizar el riesgo de que entre en contacto con estiércol fresco) y agregarse al suelo en el que se están cultivando alimentos. La mayoría de los fabricantes de inodoros para composteo no diseñan sus inodoros para recibir esta cantidad de material seco. Como pauta general, *usted agregará de 20 a 30 veces el volumen que el diseñador predijo, de modo que, si el diseñador dice que tiene la capacidad para todos los desechos humanos producidos por una familia de cuatro durante dos años, probablemente solo tenga capacidad para un mes, lo cual no será suficiente tiempo para que el estiércol madure y para que se pueda manejar de manera segura.*

Hay dos inodoros comerciales de composteo disponibles que merecen especial atención: el Sun-Mar NE (no eléctrico) y el Phoenix. Los dos son similares en su diseño conceptual para asegurar un composteo apropiado y requieren muy poco mantenimiento. Ambos cuentan con manijas, que cuando rotan, agregan aire al estiércol en descomposición y fomentan la descomposición aeróbica, y ambos generan compost curado que, una vez envejecido lo suficiente, solo se puede quitar del fondo del contenedor de almacenamiento (para minimizar el riesgo de contacto con el estiércol fresco) y agregarlo a la tierra de cultivo de alimentos.

Hay dos diferencias considerables entre estos dos inodoros elegantemente diseñados. La primera diferencia es que el Phoenix tiene una capacidad de almacenamiento mucho mayor (hasta 38.4 m<sup>3</sup> comparados con los 3.96 m<sup>3</sup> del Sun-Mar). Con el Phoenix, una persona puede agregar suficiente paja a su estiércol (aproximadamente 23.2 m<sup>3</sup> si no se incluyó suelo<sup>171</sup>) para crear una relación carbono-nitrógeno de 30 a 1.

---

<sup>170</sup> Con base en el análisis de datos hecho por el autor y presentado por R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* (Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981), pp. 193-200; y Jerry Minnich, et al., *The Rodale Guide to Composting* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1979), p. 363. Sin embargo, es posible usar orina humana para matar los huevos de los gusanos parásitos del género *Ascaris*. Vea el Apéndice C: Debates Posteriores #2.

<sup>171</sup> El cálculo de densidad al empaquetar es de 1.6 kg por 0.3 m<sup>2</sup> (la misma densidad aproximada del material seco en una pila de composta). 95 kg de paja / 1.6 kg / 0.33 m<sup>3</sup> = 1.65 m<sup>3</sup> + 0.08 m<sup>3</sup> = 1.72 m<sup>3</sup> en total.

Con el Sun-Mar solo se pueden agregar alrededor de 14 kg de paja o 14% de la cantidad necesaria para crear una relación carbono-nitrógeno de 30 a 1. Con menos carbón presente para combinar con y atrapar el nitrógeno, se perdería más nitrógeno del estiércol.

La segunda diferencia es que el Phoenix está diseñado para almacenar líquido acumulado en el estiércol compostado para estimular la descomposición aerobia del estiércol. El líquido, en forma de orina y humedad del estiércol, se acumula en la parte de abajo lejos del estiércol compostado en una charola de almacenamiento. Después ese líquido puede ser retirado y compostado o bombeado y rociado en el estiércol compostado y en la paja si es que están secos para mantener un nivel de humedad óptimo del 50% al 60% y así lograr una descomposición aerobia. *Debido a que el líquido pudo haber recogido patógenos del estiércol, si el líquido (el cual es orina principalmente) fue retirado y compostado como se describió en “Compostaje de la orina humana”, páginas 31-38, este debe cumplir con los requisitos de temperatura y duración que han sido descritos anteriormente cuando se composta el estiércol, o estar lo suficientemente maduro para asegurar que los patógenos sean destruidos por completo.*

En el Sun-Mar, la mayor parte del líquido de la orina y el excremento se evapora y va al aire a través de un conducto de ventilación, así que mucho del nitrógeno y otros nutrientes que se disuelven en el agua en los desechos se pierden y no pueden regresar al suelo.

Antes de utilizar cualquier método de composteo de estiércol humano, primero obtenga el permiso de sus autoridades locales de salud. *Almacenar su estiércol en un contenedor, utilizar un inodoro para composteo y compostar el estiércol humano en una pila de composta sin permiso de las autoridades locales de salud es en general ilegal debido al riesgo potencial que esto representa para la salud pública.*

Para más información acerca de inodoros para composteo, escriba o llame a:

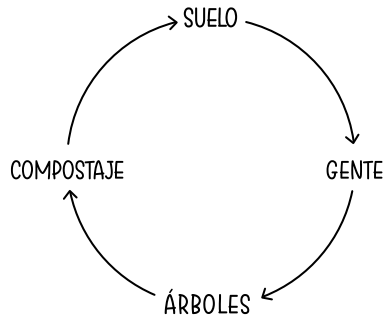
- Phoenix Toilet: Glenn Nelson, Advanced Composting Systems, 195 Meadows Rd., Whitefish, MT 59937 (406) 862-3854
- Sun-Mar Toilet: Real Goods Trading Corporation, 966 Mazzoni Street, Ukiah, CA 95482 Órdenes Libres de Peaje (800) 762-7325, Asistencia Técnica (707) 468-9214, Oficina de Negocios (707) 468-9292, Fax: (707) 468-0301.

Para más información acerca de cómo compostar el estiércol humano en general, lea:

1. R.G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review*. Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981. (¡Gratis!)
2. H. I. Shuval, et al. *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 10: Night-Soil Composting*. Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981.
3. C. H. Stoner, ed. *Goodbye to the Flush Toilet*. Emmaus, PA: Rodale Press, 1977. (Agotado)
4. Sim Van der Ryn. *The Toilet Papers*. Santa Barbara, CA: Capra Press, 1978. Distribuido por Chelsea Green Publishing Co., Old Country Road South, RR 1, Box 95, Frankestown, NH 03043

Nota: Las referencias 1, 3 y 4 hablan de los requisitos e incluyen planes para construir su propio inodoro para composteo.

## ÁRBOLES



Una manera de purificar el estiércol y de regresar los nutrientes que este contiene al suelo en el que cultivamos nuestros alimentos se conoce como *reciclaje secundario*. En lugar de agregar los nutrientes directamente al suelo en el que se siembran cultivos que producen alimentos anualmente, primero podemos agregar el estiércol al suelo en el que crecen árboles. Al final cuando los árboles toman los nutrientes del estiércol y los convierten en hojas, entre otras cosas, *algunas* de las hojas de los árboles maduros se pueden recoger. (Será necesario dejar algunas de las hojas debajo del árbol para que se descompongan y mantengan el abastecimiento de humus del suelo en donde crece el árbol). Luego, las hojas que se recogieron pueden ser compostadas. Cuando estas hojas compostadas se agregan al suelo en el que se siembran cultivos que producen alimentos anualmente, los nutrientes del suelo regresan y su suministro de humus puede también ser reabastecido.

La cantidad de tiempo que un patógeno vivirá depende, en parte, del ambiente en el que vive. Cuando el estiércol humano es enterrado en el suelo, los patógenos en general sobrevivirán más tiempo del que sobrevivirían si estuvieran en una pila de composta (vea la Tabla 7 de la página 139). Por lo tanto, con el objeto de evitar la propagación de enfermedades, el suelo entre los árboles que recibe el estiércol no debe ser trabajado durante 3.5 años después de que el estiércol haya sido enterrado, o durante 7 años si nuestra comunidad ha tenido incidencia de infecciones causadas por *Ascaris*.<sup>172</sup> Con el tiempo, los patógenos no podrán sobrevivir ante las adversidades que vienen de vivir fuera del cuerpo humano y serán consumidos por los organismos del suelo. Debido a que este método no depende de un sistema de aguas residuales, el estiércol no es vulnerable a la contaminación por desechos industriales y caseros. Por lo tanto, *la Meta #1, purificación del estiércol, se puede lograr por completo.*

Hay *cinco retos* que enfrentamos para lograr las Metas #2 y #3 cuando usamos árboles para reciclar el estiércol humano. El **primer reto** es evitar agotar el abastecimiento de humus del suelo que mantiene a los árboles. Si recogemos todas las hojas que caen de los árboles, les quitamos no solo todos los minerales que las hojas contienen sino también todo el humus que enriquece al suelo y que las hojas en descomposición tienen el potencial de agregar. Cuando fertilizamos los árboles con estiércol humano fresco, podemos reabastecer el suministro de minerales en el suelo, pero no necesariamente el suministro de humus. Ya que la relación carbono-nitrógeno del estiércol humano es de aproximadamente 7.5, como el estiércol se descompone en el suelo, no contiene suficiente carbón para usar todo su nitrógeno para producir humus y es probable que la Meta #2 no se logre adecuadamente.<sup>173</sup>

---

<sup>172</sup> Con base en el análisis de datos hecho por el autor y presentado por R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* (Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981), pp. 271-230; y Jerry Minnich, et al., *The Rodale Guide to Composting* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1979), p. 363.

<sup>173</sup> Esto es similar a las dificultades que enfrentamos al examinar el sistema regenerativo de algas: siempre que se alimenta a los animales con los cultivos (en este caso, a las personas), una parte importante del carbón en los cultivos no termina en el estiércol de los animales o de las personas sino que se va al aire con cada exhalación de dióxido de carbono de aquellos que comen y metabolizan los cultivos. Por lo tanto, quizá no haya suficiente carbón en el estiércol de los animales o de las personas para generar suficiente humus y así reabastecer el suministro del suelo.

Una manera de superar esta deficiencia de humus podría ser compostar parte de las hojas caídas y regresar la composta curada a los árboles. El éxito de esta estrategia dependerá principalmente de la variedad y de la edad de los árboles (lo cual determinará la cantidad de hojas que el árbol produzca), la textura y la estructura del suelo y el clima.

Otra manera de incrementar la cantidad de humus generado por el estiércol enterrado es agregar a dicho estiércol suficiente material carbonoso como por ejemplo paja antes de que sea enterrado para crear una relación carbono-nitrógeno total de 30 a 1. Con esta proporción, el carbón y el nitrógeno se usan de la misma manera por los organismos responsables de la descomposición y se produce la cantidad máxima de humus a partir de una cantidad determinada de materia orgánica sin descomponer.

Sin embargo, *enterrar* material carbonoso y estiércol sin descomponer (que combinados dan una relación carbono-nitrógeno de 30 a 1) puede hacer que sea más difícil para un árbol (o para cualquier planta) crecer *cerca de o sobre* el material enterrado sin descomponer. Cuando el material sin descomponer se descompone, la cantidad de nitrógeno en el suelo que estaba disponible al principio para el árbol y que es esencial para su salud y su crecimiento continuo puede haber disminuido de *dos maneras*:

- 1) Ya que la paja sin descomponer tiene una relación carbono-nitrógeno mucho mayor a 30 a 1,<sup>174</sup> cuando los microorganismos del suelo consumen la paja tienen acceso al nitrógeno que se encuentra en el suelo y no al nitrógeno en el estiércol, consumirán el nitrógeno en el suelo en una proporción de apenas 1 parte de nitrógeno por cada 30 partes de carbón consumido. Por lo tanto, habrá menos nitrógeno y menos nutrientes disponibles para el árbol hasta que el proceso de descomposición se complete.<sup>175</sup>
- 2) Si se agrega el material carbonoso en un estado inestable o sin descomponer (disponible para el consumo microbiano), quizá estimule excesivamente a los organismos aeróbicos del suelo los cuales agotarán el suministro de oxígeno del mismo y esto traerá como consecuencia condiciones anaeróbicas en el suelo y el comienzo de la desnitrificación (cuando el nitrógeno que se encuentra en el suelo se convierte en gas y se va al aire). Los suelos ácidos son más susceptibles a la desnitrificación a diferencia de los suelos neutros o los alcalinos, quizá porque la materia orgánica es menos estable y consumida más fácilmente por los organismos del suelo.<sup>176</sup> Agregar solo suficiente material carbonoso al estiércol para aumentar la proporción carbón-nitrógeno a 10 a 1, aproximadamente igual a la proporción carbón-nitrógeno del suelo, minimizará tanto la competencia entre los microorganismos y los árboles por el nitrógeno del suelo como la desnitrificación. Al mismo tiempo, el carbón extra en el suelo se combinará con una cantidad mayor de nitrógeno en el estiércol y se producirá más humus comparado con la cantidad que había cuando no se agregó paja. Aun así, se retendrá menos nitrógeno y carbón del estiércol en el suelo en comparación con la cantidad que se retiene cuando el estiércol es compostado con una proporción inicial carbón-nitrógeno de 30 a 1.

El **segundo reto** para lograr las Metas #2 y #3 con este método es que para que el sistema sea balanceado y sustentable, debemos determinar aproximadamente cuánto estiércol debe ser destinado para el huerto de árboles frutales y cuántas de las hojas caídas pueden ser retiradas de ese huerto y utilizadas en el huerto de vegetales. Esto dependerá de: la cantidad de hojas que los árboles están produciendo; el contenido de minerales en el suelo, en las hojas y en el estiércol; la cantidad de minerales que se filtran del suelo y la cantidad de humus y minerales que el suelo y los árboles necesitan para estar sanos. Muchos de estos factores no pueden ser determinados de manera precisa, pero se recomienda hacer análisis periódicos de los niveles de minerales y de materia orgánica del suelo del huerto de árboles frutales y del

---

<sup>174</sup> Frank B. Morrison, *Feeds & Feeding*, vigesimoprimera edición. (New York: The Morrison Publishing Co., 1949), pp. 1086-1099.

<sup>175</sup> A diferencia de esto, “en lugares en los que la proporción carbón-nitrógeno en los residuos de la cosecha es de 30/1 o menos, no se presenta un serio amarre del nitrógeno del suelo”. Helmut Kohnke, *Soil Science Simplified*, 3ª edición (Prospect Heights, IL: Waveland Press, 1966), p. 42. Por lo tanto, quizá solo haya una pérdida importante de nitrógeno y otros nutrientes disponibles cuando la proporción carbón-nitrógeno es mayor a 30-1.

<sup>176</sup> Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p.76

huerto de vegetales para asegurar que el sistema sea sustentable y que el suelo del huerto de árboles frutales y del huerto de vegetales sigan siendo fértiles.<sup>177</sup>

Si se agrega demasiado estiércol al suelo del huerto de árboles frutales, podría presentarse un desequilibrio tóxico de minerales y si se agrega muy poco y se usan demasiadas hojas, al final podrían agotarse los minerales y la fertilidad del suelo del huerto de árboles frutales.

El **tercer reto** es tener suficiente área entre los árboles en nuestro huerto para enterrar el estiércol; dicha área no debe tocarse durante 3.5 a 7 años. Debido a que constantemente estamos produciendo más estiércol, el huerto de árboles frutales necesitará expandirse continuamente, a menos que haya suficiente área entre los árboles (de modo que las raíces alimentadoras de los árboles no sean lastimadas al cavar) para recibir por lo menos 3.5 años de estiércol (o 7 años si el *Ascaris* está presente en nuestra comunidad). El estiércol debe ser aplicado en una proporción equivalente a no más de 227 g de nitrógeno por cada 10 m<sup>2</sup> para así poder lograr la *Meta #4, aplicación apropiada del nitrógeno al suelo en el que se están cultivando alimentos*. Si el huerto puede recibir 3.5 años (o 7, si es necesario) de estiércol, entonces habrá pasado tiempo suficiente para matar cualquier patógeno en el área después de haber recibido el estiércol humano y antes de que sea necesario excavar otra vez y agregar más estiércol.

El **cuarto reto** con este método es que el área total requerida para reciclar el estiércol de una persona quizá no esté disponible para algunas personas en el mundo, especialmente si se necesita terreno adicional para sembrar cultivos anuales como los granos, legumbres y vegetales. En los ejemplos #1 y #2, se necesitan de 404 a 954 m<sup>2</sup> para reciclar el estiércol producido por una persona al año. En 1988, China solo tenía 864 m<sup>2</sup> per cápita, los Países Bajos tenían 623 m<sup>2</sup> per cápita, Egipto tenía 492m<sup>2</sup> per cápita y Japón tenía 381 m<sup>2</sup> per cápita.<sup>178</sup> Para más información acerca de la cantidad promedio de tierra disponible per cápita en la actualidad y en el futuro, vea el Apéndice D: La Gráfica del Círculo.

*¿Cuánta área se necesita entre los árboles?* En 3.5 años producimos alrededor de 4.4 kg de nitrógeno en nuestro estiércol (8.8 kg en 7 años). Si se aplica en una proporción de 227 g por cada 10 m<sup>2</sup>, necesitaríamos un área de 180 m<sup>2</sup> (en una comunidad en donde el *Ascaris* no está presente) o 359 m<sup>2</sup> (en lugares en donde el *Ascaris* está presente) entre los árboles del huerto. Ya que las raíces alimentadoras crecen y se extienden año tras año, puede ser cada vez más difícil cavar entre los árboles del huerto sin dañar las raíces. Esta dificultad se puede superar sembrando los árboles con un espaciado un poquito mayor al recomendado para asegurar que siempre habrá área suficiente para cavar entre un árbol y otro. En los ejemplos #1 y #2 de la Ilustración 8, el espaciado recomendado es de 12 metros y de 4.6 metros y ha sido aumentado a 14 metros y 6 metros respectivamente para albergar las adiciones de estiércol humano.

El **quinto reto** con este método es que la mayoría de los árboles necesitan entre 4 y 12 años para madurar.<sup>179</sup> Por lo tanto, probablemente se necesitarán muchos años para que un árbol produzca suficientes hojas de modo que haya un “excedente” y así algunas puedan ser utilizadas para la composta del huerto. Actualmente, en la Mini-Granja de Ecology Action, el huerto de vegetales no recibe estiércol humano, pero el huerto de árboles que se

---

<sup>177</sup> Para un análisis meticuloso de suelo, contacte a Steve Rioch, Timberleaf Farm, 5569 State Street, Albany, Ohio, 45710; Fax: (614) 698-2216

<sup>178</sup> *FAO Production Yearbook*, Vol. 43 (Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1990), pp. 47-58, 63 -79.

<sup>179</sup> En los primeros años de su huerto de árboles quizá quiera cavar más cerca de lo que se muestra en las áreas sombreadas en la Ilustración 8 para así asegurar que las raíces alimentadoras de los árboles tengan acceso a los nutrientes que se encuentran en el estiércol enterrado. Además, ya que las raíces alimentadoras de los árboles crecen y se expanden en el área que ocupan, no será posible cavar en esta área cercana sin dañar esas raíces así que bien pueden recibir estiércol humano rico en nutrientes mientras puedan.

encuentra lejos del otro huerto, recibe estiércol humano parcialmente descompuesto. Los árboles del huerto están empezando a producir una cantidad suficiente de hojas para que algunas de ellas puedan ser compostadas y luego agregadas al huerto.

### Requisitos del Lugar

El huerto de árboles que recibirá el estiércol humano deberá estar ubicado cuesta abajo y a 46 metros de cualquier fuente de agua, y el nivel del agua del subsuelo debe estar por lo menos a 1.8 metros por debajo de la superficie del suelo (o 1.5 metros) por debajo del fondo de las secciones excavadas que se describen más abajo) durante el tiempo más húmedo del año. Para calcular la profundidad del agua del subsuelo debajo del huerto de árboles, cave un hoyo cuadrado de 0.914 m de ancho por 0.914 m de profundidad en el centro o en la parte más baja del lugar. De pie en este hoyo, cave un hoyo de 0.914 m de profundidad con una pala para postes antes de la temporada de lluvias. Construya un acotamiento (como se describe en las secciones de cómo compostar la orina y el estiércol humanos) alrededor de su perímetro y cubra el hoyo y el acotamiento con plástico para evitar que la lluvia y la escorrentía en la superficie entren al hoyo. Use un poste de 2.4 metros de largo y 2.54 cm por 2.54 para ver si hay agua en el fondo del hoyo. Si se detecta agua en cualquier momento del año, deberá elegir un nuevo lugar o un nuevo método para reciclar los desechos humanos. Asegúrese de verificar a partir de los datos de la lluvia de ese año que el año que usted revisó fue uno con un nivel de humedad representativo. Si no es así, entonces asegúrese de checar nuevamente el lugar antes de usarlo. También asegúrese de que el lugar no recibe demasiada escorrentía que pudiera erosionar el lugar y llevar patógenos cuesta abajo que lleguen a una fuente de agua y así esparcir enfermedades.

Las áreas que reciben el estiércol humano no pueden estar ubicadas sobre rocas agrietadas u otras formaciones rocosas extremadamente permeables ya que los nutrientes y patógenos en el estiércol podrían filtrarse y llegar al agua del subsuelo. Los suelos arenosos en general son apropiados para recibir estiércol humano siempre y cuando la profundidad del nivel freático cumpla con los requisitos descritos anteriormente.

### Cave los hoyos

En general, un hoyo de 15 cm por 30 cm que recibe una capa de estiércol humano equivalente a no más de 227 g de nitrógeno por cada 10 metros cuadrados y si se llena con tierra no atraerá animales. Por mes, la producción de estiércol de una persona contiene aproximadamente 104 g de nitrógeno, suficiente para fertilizar aproximadamente 4.3 m<sup>2</sup> de suelo. Por lo tanto, cada mes, cave un área de 4.3 m<sup>2</sup> y 30 cm de profundidad, agregue la producción mensual de estiércol de una persona (si quiere ver un separador de orina y estiércol sofisticado de tecnología simple y de un inodoro de almacenamiento, vea la Ilustración 6 en la página 73) y la cantidad apropiada de material carbonoso, si no lo ha hecho ya (el hoyo quizá deba ser más profundo si se agregan cantidades mayores de paja), y llene el hoyo con tierra. *Las áreas sombreadas en los huertos de árboles frutales que se usaron como ejemplo en la Ilustración 8 son las áreas en las cuales se puede agregar el estiércol humano sin dañar demasiado las raíces alimentadoras de los árboles.*

En el Ejemplo #1A de la Ilustración 8 se cultivan 5 árboles: 2 manzanos regulares (para obtener alimentos o ingresos), 2 nogales ingleses (para obtener calorías, material para construcción, combustible y/o ingresos) y un castaño (para obtener calorías, material para construcción, combustible y/o ingresos). El espaciamiento recomendado para los tres tipos de árboles es de 12 metros,<sup>180</sup> pero se siembran con espaciamiento de 14 metros. Luego, cuando los árboles ya maduraron, habrá por lo menos 1.5 metros entre las líneas de goteo de los

---

<sup>180</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp. 174-175, 180-183

árboles vecinos<sup>181</sup> que pueden ser cavados y recibir excremento. Cada lugar necesitará ser señalado y registrado cuidadosamente para asegurar han pasado mínimo los 3.5 o los 7 años antes de volver a cavar el lugar para recibir más estiércol.

*“Los árboles crean micro-climas, reducen la velocidad del viento, elevan el nivel freático e incrementan la población de lombrices...Si los agricultores supieran cómo aprovechar las lombrices, podrían duplicar sus cultivos. Los árboles son la respuesta...Si usted quiere duplicar sus suministros de alimentos, entonces debe dedicar el veintidós por ciento de su granja para tener árboles y alojar cinturones estratégicamente sembrados”.*

*- Richard St. Barbe Baker, El Hombre de los Árboles*

---

<sup>181</sup> La línea de goteo de un árbol tiene aproximadamente la extensión de la mayoría de sus raíces alimentadoras, aunque las raíces alimentadoras pueden encontrarse en un área con un diámetro de 2 a 3 veces el de la copa del árbol.

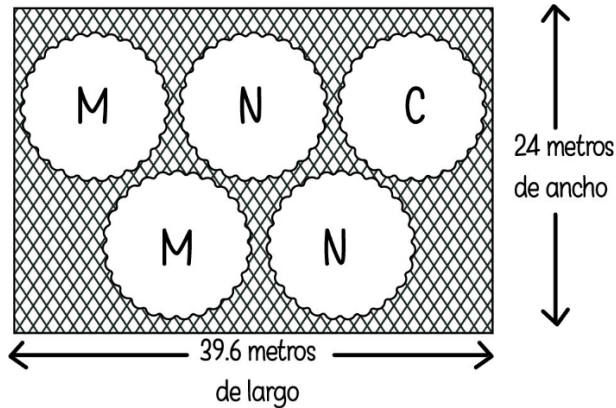


## Ilustración 8

### **Cómo reciclar el estiércol de una persona con un huerto maduro de árboles<sup>182</sup>**

*Ejemplo #1a: con árboles de tamaño completo en lugares en donde el ascaris está presente*

Diseño del huerto



39.6 m de largo / 24 m de ancho

M = manzano, N = nogal inglés, C = castaño

No. de árboles	Tipo de árbol	Espaciamiento real (metros) <sup>183</sup>	Calorías producidas al año	g Consumidos al día <sup>184</sup>
2	Manzano Regular	14	455,928	2.341
2	Nogal Inglés	14	241,538	104
1	Castaño	14	<u>123,281</u>	90

Total = 820,747 Calorías/año o aproximadamente 94% de las calorías que necesita una persona al año.

Número total de árboles = 5

Área total necesaria para el huerto = 954 m<sup>2</sup> <sup>185</sup>

Área disponible para recibir estiércol = 371 m<sup>2</sup> <sup>185</sup>

<sup>182</sup> Las cifras para calorías producidas por año y g de producto (fruta o nueces) consumidos por día son para cuando el huerto ha madurado y provienen de John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp. 174-175, 180-183. Las cifras no incluyen el peso de los residuos.

<sup>183</sup> El espaciamiento recomendado para estos árboles es de 12 metros John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp. 174-175, 180-183. Los árboles se siembran en centros de 14 metros para permitir que haya suelo que pueda recibir estiércol humano entre los árboles.

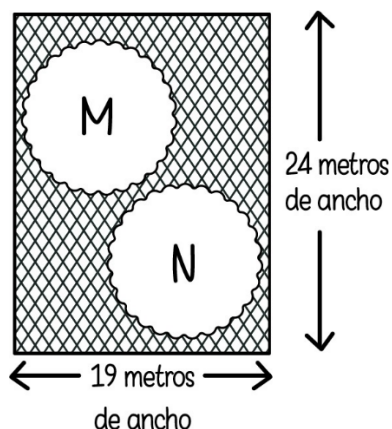
<sup>184</sup> Esta es la cantidad de frutas y nueces que pueden ser consumidas si solo una persona (la persona cuyo estiércol es agregado al suelo del huerto) se come toda la cosecha anual del huerto.

<sup>185</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #16A.

Ilustración 8 (continúa)

*Ejemplo #1b: con árboles de tamaño completo en lugares en donde el ascaris no está presente*

Diseño del huerto



19 m de ancho / 24 m de largo

M = manzano, N = nogal inglés

No. de <u>árboles</u>	Tipo de <u>árbol</u>	Espaciamiento (metros) <sup>183</sup>	Calorías <u>producidas</u> al año	g Consumidos al día <sup>184</sup>
1	Manzano Regular	14	227,964	1.170 kg
1	Nogal Inglés	14	120,769	54 g

Total = 348,733 Calorías / Año o aproximadamente 40% de las calorías que necesita una persona al año.

Número total de árboles = 2

Área total necesaria para el huerto = 459 m<sup>2</sup> <sup>186</sup>

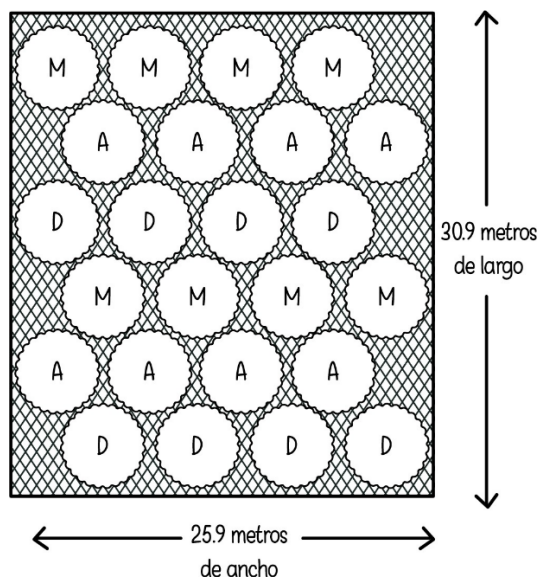
Área disponible para recibir estiércol = 225 m<sup>2</sup> <sup>186</sup>

<sup>186</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #16B

Ilustración 8 (continúa)

*ejemplo #2a: con árboles semi-enanos en lugares en donde el ascaris es predominante*

Diseño del huerto



25.9 metros de ancho / 30.9 metros de largo

M = manzano, A = avellano, D = durazno

No. de árboles	Tipo de árbol	Espaciamiento (metros) <sup>187</sup>	Calorías producidas al Año	g Consumidos al día <sup>184</sup>
8	Manzano Semi-Enano	6	256,424	1.315
8	Avellano	6	504,651	218
8	Durazno Regular	6	108,779	903

Total = 869,854 Calorías/Año o aproximadamente 99% de las calorías que necesita una persona al año.

Número total de árboles = 24

Área total necesaria para el huerto = 802 m<sup>2</sup> <sup>188</sup>

Área disponible para recibir estiércol = 408 m<sup>2</sup> <sup>188</sup>

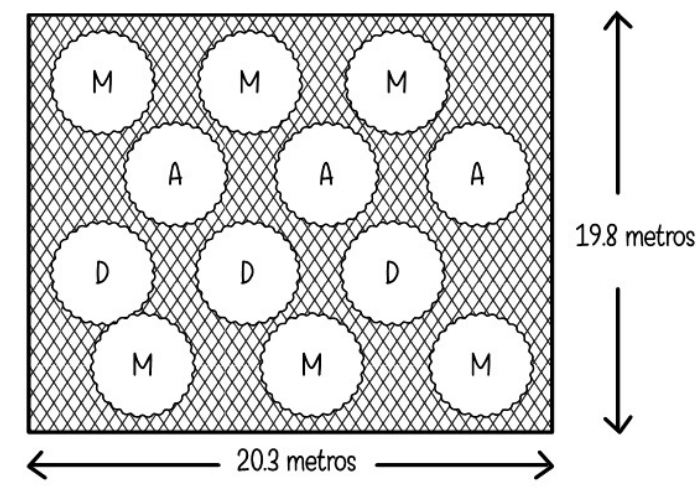
<sup>187</sup> El espaciamiento recomendado para estos árboles es de 4.6 metros (John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp. 174-175, 176-177, 180-181). Los árboles se siembran en centros de 6 metros para permitir que haya suelo que pueda recibir estiércol humano entre los árboles.

<sup>188</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #16C.

Ilustración 8 (continúa)

*Ejemplo #2b: con árboles semi-enanos en lugares en donde el ascaris no es predominante*

Diseño del huerto



19.8 metros de ancho / 20.3 metros de largo

M = manzano, A = avellano, D = durazno

No. de árboles	Tipo de árbol	Espaciamiento real (metros) <sup>187</sup>	Calorías producidas al año	g Consumidos al día <sup>184</sup>
4	Manzano Semi-Enano	6	128,212	658
4	Avellano	6	252,326	109
4	Durazno Regular	6	54,389	449

Total = 434,927 Calorías / Año o aproximadamente 50% de las calorías que necesita una persona al año.

Número total de árboles = 12

Área total necesaria para el huerto = 404 m<sup>2</sup> <sup>189</sup>

Área disponible para recibir estiércol = 207 m<sup>2</sup> <sup>189</sup>

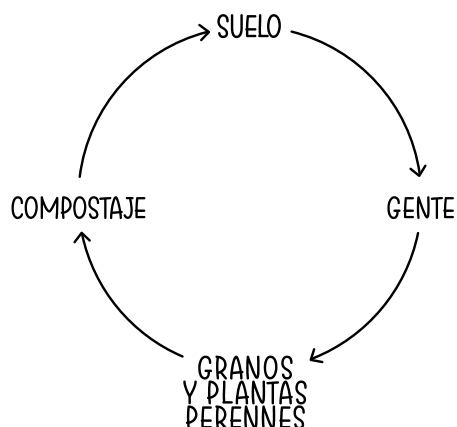
<sup>189</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #16D.

### Análisis y comparación de los dos ejemplos

Al seleccionar los árboles que usará para reciclar el estiércol humano, como se ve en los Ejemplos #1 y #2, entre más pequeño sea el espaciamiento recomendado entre ellos, se necesitarán más para permitir que haya suelo suficiente entre esos árboles que pueda recibir estiércol humano. Esto no es necesariamente el caso si los árboles que se recomienda sean plantados a 4.6 metros uno del otro, por ejemplo, fueran sembrados a 12 metros y no a 6 metros como en el Ejemplo #2. Sin embargo, el espaciamiento recomendado para cada tipo de árbol está diseñado de modo que, una vez que los árboles maduren, las hojas de esos árboles, especialmente aquellas que se encuentran cerca del suelo, se toquen. Esto tiene efectos benéficos similares a los de la siembra cercana con otros cultivos, ya sea que se trate de lechuga, frijoles o trigo, si están estrechamente juntos – las hojas que se tocan: 1) dan sombra al suelo, lo cual minimiza el crecimiento de maleza y crea una “*burbuja de humedad*” al minimizar la evaporación; 2) crean una “*burbuja de dióxido de carbono*” lo cual permite que el suelo desprenda una gran cantidad de dióxido de carbono para que esté disponible y sea absorbido por las hojas de los árboles; y 3) crean un mini clima más estable debajo de los árboles al minimizar el viento y las fluctuaciones de temperatura en el huerto y en el suelo. Si el espaciamiento entre los árboles es mucho mayor a alrededor del 25% a 30% del recomendado, entonces no se presentan ninguno de estos efectos positivos. Hay más evaporación desde suelo, lo que ocasiona que el huerto necesite más agua, que haya más maleza entre los árboles; que haya menos dióxido de carbono fácilmente disponible para la fotosíntesis de los árboles y que se libere más dióxido de carbono (uno de los gases causantes del efecto invernadero) a la atmósfera que ya tiene este gas en abundancia y una exposición mucho mayor a los elementos lo cual puede ralentizar el crecimiento y reducir los rendimientos. *Por lo tanto, entre más grande sea el árbol que usa para reciclar su estiércol, menor será la cantidad de árboles, agua, fertilizante/composta, tiempo y trabajo que necesite. Además, con árboles más grandes, el huerto producirá la misma cantidad o más de calorías por área, aunque la cantidad será menor al número total de calorías, que si coloca los árboles más cerca los unos de los otros.*

En conclusión, enterrar estiércol y usar árboles para hacer el reciclaje secundario, a diferencia del composteo, requiere muy poca experiencia y habilidades técnicas e involucra menos riesgos para la salud ya que hay menos manejo del excremento. Además, los árboles pueden ser excelentes intermedios para prevenir la erosión y mejorar los suelos poco productivos. *Sin embargo, aún es necesario llevar a cabo más investigación para determinar qué árboles de hoja caduca crecen mejor en suelos enriquecidos con estiércol y producen más hojas (así como fruta y nueces) en el periodo más corto posible de tiempo.*

## GRANOS Y PLANTAS PERENNES



A través del uso de cultivos que producen granos y plantas perennes de raíces profundas, el estiércol humano puede ser purificado y los patógenos eliminados y se puede reabastecer el suministro de minerales y humus del suelo. *El método que se explica abajo requiere menos habilidades técnicas e implica menos riesgos que el composteo y elimina el periodo de espera y las complicaciones involucradas al usar árboles para reciclar el estiércol humano.*

*La Meta #1, purificación del estiércol* se logra con este método al enterrar el estiércol humano superficialmente en el suelo. Los patógenos humanos, son aptos para vivir dentro del cuerpo humano, pero no lo son cuando se trata de vivir en el suelo. Aun así, algunos patógenos humanos pueden vivir 3.5 años en suelos relativamente estériles y los huevos de los gusanos parásito *Ascaris* pueden sobrevivir hasta 7 años en el suelo.<sup>190</sup> Por lo tanto, para lograr la Meta #1 con este método, debe permitirse que el estiércol madure lo suficiente. Si usamos un sistema de rotación sencillo pero eficiente, solo se necesitan 18 camas de 10 m<sup>2</sup> de manera permanente para permitir que el estiércol producido por una persona anualmente madure durante 7 años (en donde el *Ascaris* sea predominante) y solo se necesitan 12 camas para permitir que el estiércol producido por una persona anualmente madure durante 3.5 años (en donde las infecciones causadas por *Ascaris* no son predominantes en la comunidad). Ya que en estas 18 o 12 camas pueden sembrarse cultivos para producir alimentos y material para composta mientras se usan para reciclar estiércol humano, es posible integrar esas 18 o 12 camas a su huerto o granja actuales para que no se necesite terreno adicional (excepto por los aproximadamente 17 m<sup>3</sup> de espacio para almacenamiento de tierra) para cultivar todos sus alimentos, todos sus materiales para composta y regresar todo el estiércol que usted produzca al suelo que lo alimenta.

*Nota: Ecology Action ha tenido éxito cultivando como parte de pruebas especializadas en suelos que han recibido estiércol humano, indicando la viabilidad de este método. Sin embargo, el método aún no ha sido implementado en su totalidad debido a las pautas legales actuales que en general impiden el reciclaje de los desechos humanos de manera individual o comunitaria. Por lo tanto, el método como se explica más adelante es aún experimental.*

---

<sup>190</sup> Con base en el análisis de datos hecho por el autor y presentado por R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review* (Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981), pp. 193-200; y Jerry Minnich, et al., *The Rodale Guide to Composting* (Emmaus, PA: Rodale Press, 1979), p. 363. Sin embargo, es posible usar la orina humana para matar los huevos de los gusanos parásito, incluyendo los huevos de los gusanos *Ascaris*. Vea el Apéndice C: Debates Posteriores #2.

### *Cómo elegir el lugar*

Las 18 o 12 camas deberán estar ubicadas cuesta arriba y a 46 metros de cualquier fuente de agua, y el nivel del agua del subsuelo debe estar por lo menos a 2.1 metros por debajo de la superficie del suelo (o 1.5 metros por debajo del fondo de las secciones excavadas que han sido aflojadas y que se describen más abajo) durante el tiempo más húmedo del año. Para calcular la profundidad del agua del subsuelo debajo de las 18 o 12 camas, cave un hoyo cuadrado de 91.4 cm y 1.2 metros de profundidad en el centro o en la parte más baja del lugar. Luego cave un hoyo de 91.4 cm de profundidad en el centro del primer hoyo con una pala para postes antes de la temporada de lluvias. Construya un acotamiento (como se describe en las secciones de cómo compostar la orina y el estiércol humanos) alrededor de su perímetro y cubra el hoyo y el acotamiento con plástico para evitar que la lluvia y la escorrentía en la superficie entren al hoyo. Use un poste de 2.4 metros de largo y 2.5 por 2.5 cm para ver si hay agua en el fondo del hoyo. Si se detecta agua en cualquier momento del año, deberá elegir un nuevo lugar o un nuevo método para reciclar los desechos humanos. Asegúrese de verificar a partir de los datos de la lluvia de ese año que el año que usted revisó fue uno con un nivel de humedad representativo. Si no es así, entonces asegúrese de checar nuevamente el lugar antes de usarlo. También asegúrese de que el lugar no recibe demasiada escorrentía que pudiera erosionar el lugar y llevar patógenos cuesta abajo que lleguen a una fuente de agua y así esparcir enfermedades.

Las camas que reciben el estiércol humano no pueden estar ubicadas sobre rocas agrietadas u otras formaciones rocosas extremadamente permeables ya que los nutrientes y patógenos en el estiércol podrían filtrarse y llegar al agua del subsuelo. Los suelos arenosos en general son apropiados para recibir estiércol humano siempre y cuando la profundidad del nivel freático cumpla con los requisitos descritos anteriormente.

*Si tiene más camas en su huerto de las necesarias para reciclar sus desechos, probablemente deba rotar las camas que reciben estiércol humano.* Esto minimizará el riesgo de que cualquier sección de su huerto pierda o acumule minerales que causarían desequilibrio y comprometerían la salud del suelo. Sin embargo, *si solo ciertas secciones de su huerto cumplen con las condiciones descritas anteriormente, solo esas secciones deben ser utilizadas para reciclar su estiércol con este método.* Es necesario investigar más antes de poder entender por completo el nivel de riesgo que representaría que el estiércol cause desequilibrio en el contenido de minerales del suelo y cómo puede superarse de la mejor manera. Mientras tanto, si solo cuenta con 18 o 12 camas para reciclar su estiércol, quizá sea mejor reciclarlo compostándolo (vea las páginas 70-81) o a través de un método diferente al que usa granos y plantas perennes.

Las modificaciones al método como se describe abajo se encuentran en las páginas 122-123.

### *Cómo juntar su estiércol*

1) Cada mes, junte el estiércol que usted genera en un contenedor sellable. *El sello del contenedor y/o el sello entre el contenedor de almacenamiento y el inodoro deben estar lo suficientemente apretados para evitar que las moscas, mosquitos y otros portadores entren al contenedor y en contacto con los patógenos y causen enfermedades. Este requisito es esencial cuando se trata de almacenamiento de desechos humanos y sistemas de reciclaje.* Cada contenedor debe ser de 3.78 l (una cubeta de 19 l, a pesar de que es más grande de lo que se necesita, podría funcionar bien). Los contenedores de plástico son apropiados para almacenar estiércol humano (ya que este estiércol no corroerá el contenedor como lo haría la orina humana) y son menos propensos a corroerse a diferencia de los contenedores de metal. Si cuenta con la arcilla apropiada, podría hacer vasijas para almacenar el estiércol.

Además de estiércol y papel de baño (o gordolobo o lamb's ears leaves; vea la nota a pie de página #157), no debe agregarse ningún otro material al contenedor. A final de mes, selle el contenedor de almacenamiento y registre la fecha en él. El fechar cada contenedor le permitirá tirar su contenido sistemáticamente y asegurarse de que ha pasado suficiente tiempo después de que se agregó el estiércol para así matar cualquier patógeno que este pueda contener y antes de que el suelo enriquecido con estiércol sea trabajado nuevamente o sea utilizado para sembrar cultivos cuya porción comestible toque el suelo.

Luego, empiece a reunir su estiércol en otro contenedor.<sup>191</sup>

Óptimamente, usted empezará a reunir y almacenar su estiércol en el otoño por la razón que se discutió en la página 104.

### *Cómo preparar las camas para recibir el estiércol humano*

2) Quite la tierra de 6 camas a una profundidad de por lo menos 30 cm y guárdela en un bote por separado. (Necesitará uno con una capacidad de almacenamiento de alrededor de 17 m<sup>3</sup>). *Afloje y oxigene el suelo del fondo de las camas que fueron cavadas a una profundidad de 30 cm con un bieldo jardinero*. Divida cada cama a la mitad atando hilo a unas estacas de lado a lado de las camas. Numere las *secciones* del 1 al 12 (una “sección” es la mitad de la cama de 10m<sup>2</sup>). La palabra “sección” se pondrá en cursivas para ayudarlo a que no la confunda con una “cama”). No es necesario cavar las 12 *secciones* al mismo tiempo, pero necesitará cavar por lo menos la mitad de una cama cada mes durante un año para tener un lugar donde poner el estiércol que usted produce cada mes.

Ya que se quitaron 30 cm de tierra, cada cama cavada está diseñada para recibir tres capas separadas de estiércol almacenado, tierra, semillas y más tierra. Por lo tanto, después de haber cavado las 6 camas, usted no necesitará cavar durante los siguientes tres años, sino hasta que se necesite un nuevo juego de 6 camas.<sup>192</sup> En total, solo se necesitan 2 o 3 juegos de 6 camas para reciclar todo el estiércol que una persona produce, como se menciona anteriormente.

Para evitar que los lados de las camas cavadas colapsen, debe haber un pasillo de por lo menos 60 cm de ancho separando las camas. Además, las camas quizá no deban de tener más de 1.25 metros de ancho (y por lo tanto 8 m de largo para que sigan siendo de 10 m<sup>2</sup> y guarden correlación con las pautas y cálculos que se mencionan abajo) para facilitar la cosecha y minimizar la presión sobre los pasillos y las paredes de las camas cavadas.

---

<sup>191</sup> Si encuentra que el recipiente de almacenamiento huele mal, es probable que el estiércol se esté descomponiendo anaeróbicamente. Si es necesario, ábralo periódicamente y revuelva el estiércol con una herramienta que no se utilice para otro propósito, para favorecer la descomposición aeróbica hasta que se vacíe el recipiente y se añada el estiércol al suelo.

<sup>192</sup> Cada persona excreta alrededor de 1.3 kg de nitrógeno al año en su excremento o aproximadamente 104 g por mes. Un suelo que tiene deficiencia en nitrógeno en general se beneficiará al recibir alrededor de 227 g de nitrógeno por cada 10 m<sup>2</sup> por año; una cantidad mayor podría resultar en una toxicidad de nitrógeno en los cultivos y en el agua del subsuelo, en los cultivos asociados, acidificación del suelo y posiblemente también en pérdida del humus del suelo tal y como se describe en las páginas 23-25. El estiércol producido por una persona en dos meses, por lo tanto, contiene 208 g, poco menos de 227 g de nitrógeno. *Así que no se debe agregar más estiércol del generado por una persona en aproximadamente dos meses.*

En este método, cada una de las 6 camas que deben recibir el estiércol producido por una persona durante del año deben ser divididas en dos *secciones*, para un total de 12 *secciones*. Cada *sección* recibe el estiércol generado por una persona en un mes una vez al año de modo que cada cama recibe el estiércol de dos meses o un poco menos de 227 g de nitrógeno por año. Entonces se logra la *Meta #4, aplicación apropiada del nitrógeno*.

Si, en lugar de agregar estiércol humano a las camas en una proporción de 227 g de nitrógeno por cada 10 m<sup>2</sup> por año, se agrega en una proporción de 45 g por cada 10 m<sup>2</sup> por año, en lugares donde el *Ascaris* es predominante, se necesitarían 84 camas para reciclar el estiércol de una persona. (Se producen 1.2 kg de nitrógeno al año, suficiente para fertilizar [2.8/0.1] 28 camas a un ritmo de aplicación 45 g por cada 10 m<sup>2</sup>. Para asegurar que el estiércol se cure lo suficiente como para matar a los patógenos, se necesitan 3 juegos de 28 camas para un total de [28 x 3] 84 camas en lugares en donde el *Ascaris* es predominante). En donde el *Ascaris* no es predominante, (2.8/0.1) se usan 28 camas por año y se necesitan dos juegos de 28 camas para un total de [28 x 2] 56 camas por persona, antes de que una cama enriquecida con estiércol humano esté libre de patógenos y pueda ser usada otra vez. Vea las ilustraciones 11 y 13 en las páginas 106 y 113 respectivamente para más aclaraciones a este respecto.

Para determinar si el *Ascaris* es predominante en su comunidad o no, pregunte a un médico de su localidad.



## *Cómo agregar el estiércol*

### 3a) En donde se puede sembrar todo el año

Si usted vive en un lugar en donde se puede sembrar todo el año, no es necesario almacenar estiércol por más de un mes. No necesita anotar la fecha o tener más de un contenedor de almacenamiento para estiércol a la mano. Después del primer mes, sencillamente extienda el estiércol que reunió durante ese mes sobre la *Sección 2*, extienda el estiércol del siguiente mes sobre la *Sección 3* y así sucesivamente. Después puede cubrir el estiércol y sembrar semillas como se describe en los Pasos 4 y 5 que se describen más adelante.

### 3b) En donde hay una o dos temporadas de cultivo

Sin embargo, si vive en un lugar en donde solo hay una o dos temporadas de cultivo, necesitará almacenar su estiércol en contenedores separados hasta el principio de la siguiente temporada de cultivo.<sup>193</sup> Se debe anotar la fecha en cada contenedor de almacenamiento de estiércol al final de mes después de llenarlo y sellarlo. *Al principio de la primera temporada de cultivo (de preferencia en la primavera, por razones que serán explicadas más adelante)*, ponga el estiércol que reunió durante el Mes 1 en la *Sección 1*, el estiércol que reunió durante el Mes 2 en la *Sección 2*, el Mes 3 en la *Sección 3* y así sucesivamente hasta que se acabe el estiércol almacenado. Es esencial agregar el estiércol de esta manera sistemática para minimizar la cantidad de área que necesita y para saber cuándo el estiércol ha madurado lo suficiente y el suelo puede ser trabajado de manera segura.

Si solo tiene una temporada de cultivo por año, necesitará 12 contenedores de almacenamiento para estiércol para este método.<sup>194</sup> Si quiere puede almacenar el estiércol de dos meses en un solo contenedor y en ese caso solo necesitará 6 contenedores por persona. El estiércol en cada contenedor entonces se extendería sobre *dos secciones* cavadas (sobre toda la cama) y no solo sobre una *sección*. La desventaja de esto es que entre más estiércol tenga para extender sobre un área más grande, es más difícil y se necesita más tiempo para hacerlo uniformemente y extender estiércol no es una tarea a la que usted en general quiera dedicarle mucho tiempo.

Al igual que con el composteo con la orina y el estiércol humanos, aparte un juego de ropa y una pala para vaciar, extender y cubrir el estiércol y *solo úselos para este propósito*.

4) Cubra el estiércol con una capa de suelo de aproximadamente 5 cm de ancho.<sup>195</sup> Puede usar el suelo que quitó cuando cavó las camas. Si se da cuenta que los animales se sienten atraídos por el estiércol enterrado, use más tierra para cubrir el estiércol, construya una barrera alrededor del perímetro de las *secciones* que contienen estiércol, o cubra las *secciones* excavadas con una red ligera (señalada con banderas para que sea visible para los animales) para no dejarlos entrar. Si no va a sembrar semilla inmediatamente en la *sección* como se describe abajo y no necesita que la *sección* reciba la luz del sol, podría usar una cubierta de contrachapado para mantener alejados a los animales.

---

<sup>193</sup> En lugar de almacenar el estiércol en contenedores, una alternativa para este método es extenderlo sobre una *sección* cada mes y cubrirlo con una capa de tierra de la misma manera que lo haría si pudiera sembrar todo el año. Luego, al principio de la siguiente temporada de cultivo, siembre semillas. Las desventajas de este método son que algunos de los nutrientes en el estiércol podrían filtrarse antes de que las semillas que se sembraron estén lo suficientemente maduras para usarlas. Además, el suelo descubierto no evitará que muchos animales desentierren el estiércol, pero si usted siembra plantas si lo evitará.

<sup>194</sup> Para una familia de cuatro se puede usar un solo contenedor de por lo menos 15 l para almacenar el estiércol que la familia genera cada mes, pero este necesitará ser aplicado en un área cuatro veces mayor (o tantas veces como miembros haya en la familia pero menos si algunos de ellos son muy jóvenes y producen menos estiércol) cada mes y siguiendo un patrón consecutivo como el que se describe en el texto arriba y que se muestra en las Ilustraciones 11 y 13 en las páginas 106 y 113 respectivamente.

<sup>195</sup> “Incorporar los fertilizantes en los primeros cm de la parte superior del suelo puede reducir la pérdida de amoníaco en un 25% hasta 75% por encima de los niveles encontrados cuando los materiales son aplicados en la superficie” (Nyle C. Brady, *The Nature and Properties of Soils*, novena edición [New York: Macmillan Publishing Company, 1984], p. 299). Aunque Brady se refiere a fertilizantes comprados, sin duda lo mismo sucedería al agregar estiércol humano al suelo. La capa de suelo que cubre el estiércol también ayudará a ocultarlo de los animales.

Una cubierta de plástico transparente sobre la cama excavada la convertiría en un invernadero hundido.

Es posible que cubrir el estiércol con suelo fomente la descomposición anaeróbica del estiércol e inhiba el crecimiento de las plantas. Sin embargo, esto nunca se ha observado en los experimentos preliminares de Ecology Action con este método de reciclaje de estiércol humano y de hecho ha sido totalmente lo opuesto.

*“Tendrás un lugar fuera del campamento...y llevarás en tu equipo una estaca. Cuando salgas a hacer tus necesidades, harás con ella un hoyo y al final cubrirás tu excremento”.*

*- Moisés, Deuteronomio, versión King James de la Santa Biblia*

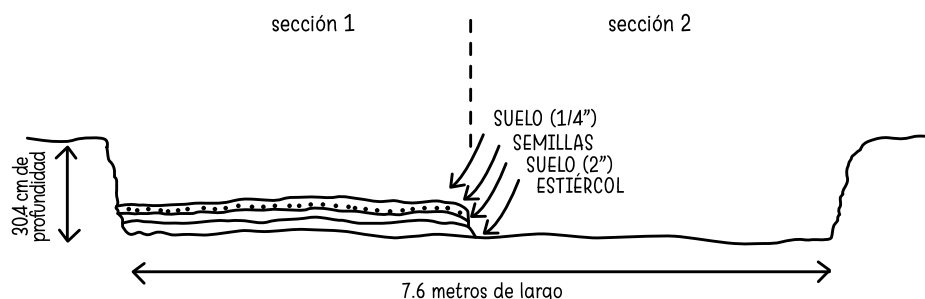
### *Siembre las semillas*

5) Después de haber extendido y cubierto el estiércol en las *secciones* excavadas, siembre semillas en la proporción recomendada en el libro de John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021 en cada una de las *secciones* que recibieron excremento. Cualquier semilla que produzca plantas que son altas (digamos de 91.4 cm o más y cuyas partes comestibles probablemente no tocarán el suelo rico en patógenos), contienen mucho carbón y si crecen fácilmente en esta temporada de cultivo son buenas candidatas. Los cultivos de granos (maíz, amaranto o mijo, por ejemplo) son especialmente apropiados: tienen estas características y también producen alimentos que crecen bastante arriba del nivel del suelo y no tienen posibilidad de ser contaminados por los patógenos en el suelo enriquecido con estiércol. Aunque usualmente se obtienen mejores rendimientos cuando las plantas son trasplantadas, debe sembrar las semillas a voleo sobre el área para minimizar la cantidad de contacto que usted tenga con el suelo enriquecido con estiércol. Dejar remojando las semillas durante la noche puede aumentar enormemente su capacidad para germinar y a partir de entonces necesitarán riego bastante regular. Como alternativa puede sembrar las semillas sin remojar y permitirles que esperen la lluvia.

6) Cubra las semillas con una capa delgada de suelo (aproximadamente 1/2 cm.), otra vez use la tierra que sacó cuando cavó las camas. Si las semillas se dejaron remojando toda la noche, esta capa de tierra debe regarse a conciencia después de agregarla para no secar las semillas previamente germinadas.

### Ilustración 9

#### **Sección transversal longitudinal de una cama de 10 m<sup>2</sup> (8 x 1.2 metros)**



7) Riegue uniformemente y con delicadeza las secciones sembradas (probablemente con la misma frecuencia con la que riega el resto de su huerto) para mantener el suelo ligeramente húmedo y así tener una germinación y un crecimiento óptimo de las plantas. Siga almacenando su estiércol cada mes en contenedores separados.

## *La cosecha*

8) Los cultivos deben cosecharse a medida que maduran.

Con el propósito de generar la cantidad máxima de material carbonoso para composta, probablemente lo mejor sea dejar que los cultivos carbonosos, como los granos, maduren antes de ser cosechados a menos que estén creciendo en *secciones* que recibirán inmediatamente estiércol humano adicional. Entre más cerca estén estos cultivos carbonosos de la madurez antes de que deban ser cosechados (de modo que los siguientes cultivos tengan suficiente tiempo para madurar), tendrá más carbón y más humus para alimentar al suelo y mantener o incluso mejorar su fertilidad.

Cuando coseche granos, corte los tallos justo arriba del nivel de la tierra y deje las raíces en el suelo para mejorar su estructura, su ventilación y su fertilidad. Las raíces que se quedan en el suelo al final se descompondrán y transformarán en humus de alta calidad que enriquecerá el suelo. (Vea la hoja de información de Ecology Action “Roots In The Soil”). Haga composta con las plantas cosechadas. (En lugares donde el *Ascaris* es predominante, las pilas de composta de 70 cm por 1.6 metros y 91 x 91 x 91 cm. no deben contener suelo para producir suficiente composta curada sin suelo para aplicar a las camas en las que están sembradas plantas perennes como se describe en las páginas 103-104. En donde el *Ascaris* no es predominante, se necesitan pilas de composta de 34 por 82 cm y 91 x 91 x 91 sin suelo). Trate de evitar que las plantas cosechadas toquen el suelo enriquecido con estiércol y también usted evite tocarlo. Cuando termine, lávese las manos y lave cualquier área que haya estado en contacto con el suelo. Al generar composta y humus y regresarlos al suelo en el que cultiva sus alimentos y que no está recibiendo estiércol humano actualmente, repondrá los minerales y el humus que el suelo perdió cuando produjo los alimentos que usted ya consumió. Ese suelo seguirá estando sano y siendo productivo durante muchos años y a través de muchas generaciones siempre y cuando sea manejado de manera sustentable.

Si decide consumir los granos, asegúrese de *no consumir ningún grano que usted sepa haya estado en contacto con el suelo enriquecido con estiércol humano*. Los cultivos de raíz y hojas que se siembran en suelo enriquecido con estiércol humano no deben ser consumidos hasta que el suelo ha madurado entre 3.5 y 7 años (dependiendo de la presencia de *Ascaris* en la comunidad) debido al contacto íntimo que estas cosechas tendrán con el suelo rico en patógenos. (Hervir los granos, raíces y hojas por lo menos durante una hora probablemente matará los patógenos, pero esto no es seguro en este tiempo).

## *La segunda temporada de cultivo*

9) Si tiene dos temporadas de cultivo, al principio de la segunda temporada (de preferencia en el otoño por razones que serán descritas en la página 104), por lo menos un mes antes de la primera helada fuerte, extienda el estiércol que haya almacenado durante más tiempo en la siguiente *sección* en secuencia sobre el área que aún no haya recibido estiércol y cúbralo con una capa de suelo de 5 centímetros.

Después de un año, habrá extendido el estiércol que reunió en el Mes 1 en la *Sección 1*, el estiércol del Mes 2 sobre la *Sección 2* y terminará extendiendo el estiércol del mes 12 sobre la *sección 12*.

10) En la segunda temporada de cultivo, después de haber cosechado los cultivos de verano, se pueden sembrar cultivos de invierno en las *12 secciones* (trigo, centeno o cebada son algunas posibilidades). Las semillas de los cultivos de invierno deben sembrarse un mes antes de primera helada fuerte. Siembre las semillas de invierno en secciones que hayan recibido estiércol en el otoño como lo hizo en la primavera (pasos 5 y 6). Siembre semillas de invierno en las secciones que recibieron estiércol humano en la primavera y luego siembre un cultivo de verano, primero use una cultivadora de 1 o 4 dientes para dividir la cadena de residuos y las raíces de la superficie. Esto incrementará la cantidad de suelo expuesto y optimizará las posibilidades de que las semillas sembradas tengan un buen contacto con el suelo. Luego, siembre las semillas de invierno a voleo en estas *secciones* para que ahora

las 12 secciones estén sembradas. Cubra las semillas que sembró en las 12 secciones con una capa ligera de suelo (1/2 cm) y riéguelas tanto como sea necesario.

#### Ilustración 10

### **Un ejemplo de calendario para los primeros 18 meses de usar granos y plantas perennes asumiendo que tiene dos temporadas de cultivo – una temporada de 5 meses durante el verano y una temporada de 7 meses durante el invierno**

Septiembre – Empiece a almacenar su estiércol usando un contenedor diferente cada mes.

Octubre – Siga almacenando su estiércol en un contenedor por separado.

Noviembre – Siga almacenando su estiércol.

Diciembre – Siga almacenando su estiércol.

Enero – Siga almacenando su estiércol.

Febrero – Siga almacenando su estiércol.

Marzo – Siga almacenando su estiércol.

#### INICIOS DEL AÑO UNO

Abril – Cave las *Secciones* de la 1 a la 7. Extienda el estiércol que reunió en septiembre sobre la *Sección 1*, el de octubre sobre la *Sección 2*, el de noviembre sobre la *Sección 3*, etc., termine esparciendo el estiércol de marzo sobre la *Sección 7*. Cubra con tierra todas las secciones que recibieron estiércol. Siembre semillas de cultivos de verano, cubra las semillas y riéguelas tanto como sea necesario. Continúe almacenando su estiércol durante este mes.

Mayo – Siga almacenando su estiércol.

Junio – Siga almacenando su estiércol.

Julio – Siga almacenando su estiércol. Coseche y haga composta con los cultivos maduros.

Agosto – Siga almacenando su estiércol. Coseche y haga composta con los cultivos maduros.

Septiembre – Coseche y haga composta con el resto de los cultivos de verano. Cave las *Secciones* 8 a la 12. Extienda el estiércol que reunió en abril sobre la *Sección 8*, la de mayo sobre la *Sección 9*, etc., termine esparciendo el estiércol que almacenó en agosto sobre la *Sección 12*. Cubra el estiércol de las *Secciones* 8 a la 12 con suelo. Afloje el rastrojo y el suelo de las secciones 1 a la 7 con una cultivadora de 1 o 4 dientes. Siembre semillas de cultivos de invierno en las 12 secciones, cubra las semillas y riéguelas tanto como sea necesario. Continúe almacenando su estiércol durante este mes.

Octubre – Siga almacenando su estiércol.

Noviembre – Siga almacenando su estiércol.

Diciembre – Siga almacenando su estiércol.

NOTA: Este calendario es un ejemplo que sería específico para una región climatológica particular. De aquí en adelante (con excepción de las Ilustraciones 11 a la 14), el método de los granos y plantas perennes será descrito en general y no, como en el calendario anterior, estará basado en un año con una temporada de 5 meses y otra de 7 meses. Con la descripción específica no climatológica usted puede crear un calendario y un horario específico para su clima.

## *Año dos*

11) En el segundo año, siga almacenando su estiércol en un contenedor diferente cada mes. Anote la fecha en cada contenedor de almacenamiento después de cada mes, séllelo y empiece a reunir su estiércol en otro contenedor justo como lo hizo durante el primer año. *Al almacenar su estiércol hasta la siguiente temporada de cultivo, las plantas que sembró en el primer año tendrán más tiempo para madurar (y tendrán más carbón para la pila de composta) antes de que sea necesario cosecharlas y agregar el estiércol sobre su rastrojo. Por esta razón, quizá desee almacenar su estiércol por cierto periodo de tiempo aun cuando pueda sembrar todo el año.* Coseche lo que sembró el primer año conforme vaya madurando.

Al principio de la siguiente temporada de cultivo, coseche lo que sembró conforme vaya siendo necesario para tener un área que pueda recibir estiércol y optimizar el carbón que producirá. Agregue el estiércol más viejo en la *Sección 1* sobre el rastrojo de lo que se sembró en la primera capa de estiércol, el segundo estiércol más viejo en la *Sección 2* y repita el mismo patrón que estableció en el primer año hasta que se acabe el estiércol almacenado. Cubra las secciones que recibieron una segunda capa de estiércol con tierra. Siembre cultivos de verano. Cubra las semillas con una capa ligera de tierra y riegue las secciones como se describe en los pasos 5 al 7 que se describieron anteriormente.

En las secciones que no reciben estiércol al principio de la primera temporada de cultivo (*Secciones 7 a la 12*), parta el rastrojo y afloje el suelo con una cultivadora para que haya un buen contacto entre el suelo y las semillas. Siembre *estas secciones de modo que las 12 secciones reciban semillas de cultivos de verano.* Cubra las semillas con tierra y riegue las secciones como se describe en los pasos 5 al 7 que se describieron anteriormente.

Repita este patrón que se explica en “Un Resumen del Patrón” que se encuentra a continuación durante las temporadas de cultivo que tenga. Al final del segundo año de usar este método, las *12 secciones* habrán recibido una segunda capa de estiércol, suelo, semillas y más suelo.

### *Un resumen del patrón*

En cada temporada de cultivo después del primer año, cada sección puede entrar en una de las siguientes dos categorías y necesitarán diferentes operaciones:

Categoría #1: La sección *recibe* estiércol humano al principio de esta temporada.

#### Operación para la Categoría #1

- 1) Coseche cualquier cultivo que quede de la temporada previa.
- 2) Extienda el estiércol.
- 3) Cubra el estiércol con tierra.
- 4) Siembre semillas apropiadas para la temporada.
- 5) Cubra las semillas ligeramente con tierra.
- 6) Riegue tanto como sea necesario.

Categoría #2: La sección *no recibe* estiércol humano al principio de esta temporada.

#### Operación para la Categoría #2

- 1) Coseche cualquier cultivo que quede de la temporada previa.
- 2) Divida la capa de rastrojo y afloje el suelo superficialmente con una cultivadora de 1 o 4 dientes para que haya buen contacto entre el suelo y las semillas que sembrará.

- 3) Siembre semillas apropiadas para la temporada.
- 4) Cubra las semillas ligeramente con tierra.
- 5) Riegue tanto como sea necesario.

#### *Año tres*

12) En el tercer año, agregue una tercera capa de estiércol encima del rastrojo de los cultivos que crecieron en la segunda capa de estiércol siguiendo el mismo patrón que usted estableció en los años 1 y 2 y siga cultivando y cosechando las 6 camas.

Durante los primeros tres años, ninguna de las 6 camas que reciben estiércol humano recibe composta curada. Al agregar este estiércol al suelo a una proporción de 227 g de nitrógeno por año, estará regresando al suelo los nutrientes que se encuentran en los alimentos consumidos *con excepción del carbón que se exhala al aire*. En otras palabras, el simplemente regresar su estiércol no proporcionará suficiente humus para reponer la cantidad de humus que se pierde del suelo anualmente. Sin embargo, si la composta curada (que contiene nitrógeno) fuera agregada al suelo, así como 227 g de nitrógeno en forma de estiércol humano, es posible que se esté agregando demasiado nitrógeno al suelo. Por lo tanto, la composta curada generada a partir de las plantas cosechadas probablemente deba ser agregada a otras camas o almacenada hasta que las camas estén listas para recibirla.

Cuando cultivamos, se toman nutrientes y humus del suelo, pero las plantas mismas a su vez agregan “composta curada” en forma de raíces. Las raíces que se dejan en el suelo se descomponen y se transforman en humus de la más alta calidad y en materia orgánica disponible para el suelo. Dependiendo de la planta, la cantidad de raíces y raicillas que se quedan en el suelo puede ser muy alta. Por ejemplo, se calcula que una planta de centeno sembrada en un buen suelo puede producir 4.8 kilómetros de raíces por día, 622 kilómetros de raíces en una temporada y 10,626 kilómetros de pelos de raíz en una temporada.<sup>196</sup> Así que es posible que el nivel de humus del suelo no se verá severamente reducido si, durante los tres años que recibe estiércol humano antes de cosechar plantas perennes, se siembran plantas ricas en raíces como el centeno.<sup>197</sup> Se necesita investigar más para determinar la contribución exacta que hacen las raíces de diferentes tipos de plantas en términos de humus para el suelo.

Si se descubre que el nivel de materia orgánica de la mayoría de los suelos sufriría bajo este régimen, puede ser que, de los 227 g de nitrógeno que se agregan al año, parte podría venir del estiércol humano y parte de composta curada rica en humus. Esto incrementaría el número de camas que se necesitarían para reciclar la producción anual de estiércol de una persona. Por ejemplo, si la mitad del nitrógeno viniera del estiércol humano y la otra mitad de la composta curada, se necesitarían 34 camas para reciclar el estiércol de una persona en comunidades en la que el *Ascaris* está presente y 22 camas en donde el *Ascaris* no lo está.<sup>198</sup>

#### *Cultive plantas perennes*

Después de que cada juego de 6 camas ha recibido 3 capas de estiércol, suelo, semillas y más suelo, se usará para cultivar plantas perennes hasta que el estiércol haya madurado lo suficiente para que sea seguro trabajar las camas y sembrar cultivos cuya parte comestible puede entrar en contacto con el suelo.

---

<sup>196</sup> Helen Philbrick y Richard B. Gregg, *Companion Plants and How to Use Them* (Old Greenwich, CT: Devin-Adair Company, 1966), pp. 75-76.

<sup>197</sup> Un experimento Rothamsted que ha estado en marcha por más de 100 años sugiere que este cálculo es exacto. D. S. Jenkinson y J. H. Rayner, “The Turnover of Soil Organic Matter in Some of the Rothamsted Classical Experiments”, *Soil Science*, Vol. 123, No. 1, 1977, pp. 298-305.

<sup>198</sup>  $1.3 \text{ kg de nitrógeno total} / 113 \text{ g nitrógeno / cama / año} = 11.2 \text{ camas / año} \times 3 \text{ juegos de camas (en donde el } Ascaris \text{ esté presente)} = 34 \text{ camas}$ .  $11.2 \text{ camas / año} \times 2 \text{ juegos de camas (en donde el } Ascaris \text{ no esté presente)} = 22 \text{ camas}$ .

A finales de la primavera o principios del verano, coseche las plantas cultivadas en la tercera capa y llene las camas con la tierra que quitó de ellas (probablemente sea una capa de 8 a 10 cm de grueso). Luego agregue 0.05 a 0.11 m<sup>3</sup> de composta curada sin suelo (equivalente a 0.09 a 0.23 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen) a cada cama.

Es mejor agregar composta curada *que no contiene suelo* a las camas en las que se están cultivando plantas perennes. Esto es porque las camas que recibieron estiércol humano y luego producen plantas perennes no serán doble excavadas durante muchos años, hasta que se cosechen las plantas perennes y el estiércol humano haya madurado lo suficiente. En el proceso del doble excavado para preparar una cama, parte del suelo de la primera zanja se usa para construir pilas de composta.<sup>199</sup> Cuando la composta ha sido curada y se agrega a la cama, la tierra que se sacó de la cama y que ahora se encuentra en la composta curada, regresa a la cama. Sin embargo, las camas en las que se siembran plantas perennes no son doble excavadas cada año así que no se saca tierra de ellas. Cuando se agrega la composta curada *sin* suelo a las camas en las que se están cultivando plantas perennes, la cantidad de suelo en la cama permanece constante. Si se agrega composta curada *con* suelo a las camas en las que se están cultivando plantas perennes, con el tiempo las camas en las que se están cultivando plantas anuales se degradarían por falta de suelo y las camas en las que se están cultivando plantas perennes estarían repletas por el exceso de suelo que recibieron de la composta curada.

Extienda la composta curada sin suelo uniformemente sobre la cama y espolvoréela en los primeros 5 a 8 cm del suelo. Luego, siembre a voleo las semillas de las plantas perennes de raíz profunda como la alfalfa, el trébol rojo y otras<sup>200</sup> en cada cama llena, la cual puede ser cosechada durante los siguientes años para proveer material para la composta. Incorpore las semillas ligeramente con un rastrillo. Tanto la alfalfa como el trébol rojo pueden sembrarse al principio de la primavera, pero si espera hasta finales de la primavera o principios del verano, los granos que se sembraron en el otoño del año anterior tendrán más tiempo para madurar antes de que sea necesario cosechar los granos y sembrar las plantas perennes. Ya sea que se siembren al final de la primavera o a principios del verano aun así las plantas perennes tendrán tiempo para establecerse antes de que el invierno llegue en la mayoría de los climas.

---

<sup>196</sup> Helen Philbrick y Richard B. Gregg, *Companion Plants and How to Use Them* (Old Greenwich, CT: Devin-Adair Company, 1966), pp. 75-76.

<sup>197</sup> Un experimento Rothamsted que ha estado en marcha por más de 100 años sugiere que este cálculo es exacto. D. S. Jenkinson y J. H. Rayner, "The Turnover of Soil Organic Matter in Some of the Rothamsted Classical Experiments", *Soil Science*, Vol. 123, No. 1, 1977, pp. 298-305.

<sup>198</sup> 1.27 kg de nitrógeno total / 113 g nitrógeno / cama / año = 11.2 camas / año x 3 juegos de camas (en donde el *Ascaris* esté presente) = 34 camas. 11.2 camas / año x 2 juegos de camas (en donde el *Ascaris* no esté presente) = 22 camas.

<sup>199</sup> John Jeavons y Carol Cox, *lazy-Bed Gardening: The Quick and Dirty Guide* (Berkeley, CA: Ten Speed Press, 1993), p. 29.

<sup>200</sup> El trébol rojo es un cultivo menos valioso para producir material para composta a diferencia de la alfalfa ya que en general produce solo alrededor de la mitad de carbón que produce la alfalfa durante la temporada de cultivo cada año. Otras variedades de trébol producen la mitad o menos de lo que produce el trébol rojo. A menos que el nitrógeno del suelo sea tan escaso que solo las plantas fijadoras de nitrógeno puedan desarrollarse bien, es más importante para la sustentabilidad del suelo y de la granja cultivar plantas perennes ricas en carbón que ricas en nitrógeno. Una vez que fueron compostados, los residuos carbonosos de las plantas perennes generarán más composta curada y más humus que los residuos de las plantas perennes que tienen más nitrógeno (como el trébol, la consuelda y otras). En general, el carbón es el elemento faltante en la mayoría de las pilas de composta y es esencial para la producción de suficiente humus para mantener y mejorar la fertilidad del suelo. Para sustentar nuestros suelos, en esencia ¡debemos cultivar carbón!

Un buen ejemplo de una planta perenne que puede producir una gran cantidad de residuos carbonosos es la alcachofa de Jerusalén. Sin embargo, si se cultiva en estiércol humano, los tubérculos no deben ser consumidos. Para sembrar los tubérculos en suelo enriquecido con estiércol humano, colóquelos sobre el rastrojo de los cultivos que crecieron en la tercera capa de estiércol. Luego, llene la cama con 8 a 10 cm de suelo, agregue la cantidad apropiada de composta curada sin suelo y espolvoréela en los primeros 5 a 8 cm del suelo.

### *Compare el trasplante y la siembra al voleo*

A partir de la experiencia de Ecology Action casi cualquier cama que ha sido trasplantada produce altos rendimientos en comparación con las camas que han sido sembradas directamente (siembra al voleo). Sin embargo, todas las camas que han recibido estiércol humano que aún no ha sido purificado de sus patógenos siempre deben ser sembradas al voleo en lugar de trasplantar almácigos para minimizar su contacto con el suelo rico en patógenos. La herramienta que se usó para cubrir las semillas después de que fueron plantadas (p.ej. rastrillo o en el caso del maíz u otras semillas más grandes, un trasplantador largo (tipo Coa N del T.) debe usarse *solamente en suelos enriquecidos con estiércol y nunca en suelos libres de patógenos.*

### *Empiece a reunir estiércol en el otoño*

Sería ideal sembrar las 6 camas con plantas perennes a finales de la primavera. *Esta es la razón por la cual es mejor empezar a reunir su estiércol en el otoño.* Si empieza a almacenar su estiércol al principio de la temporada de cultivo del otoño, podrá extenderlo sobre un número máximo de camas que pueden sembrarse en la primavera. Aún más importante, al principio de la siguiente temporada de cultivo en otoño, las 12 secciones de sus primeras 6 camas habrán recibido estiércol y todas podrán ser sembradas con cultivos carbonosos de granos, por ejemplo, que puedan sobrevivir el invierno. *Esto lo pondrá en marcha de modo que las 6 camas habrán recibido su tercera y última adición de estiércol en el otoño del tercer año. Los granos, que fueron sembrados en el otoño, serán cosechados a finales de la primavera o a principios del otoño del cuarto año y entonces se pueden sembrar las plantas perennes.*

El siguiente año y durante todos los años que se use la cama para cultivar plantas perennes, se debe agregar composta curada sin suelo una vez al año. El mejor momento del año para agregar composta curada sin suelo a una cama en la que se están cultivando plantas perennes es al principio de la temporada de cultivo más importante; quizá no sea necesario agregarla al principio de una segunda temporada de cultivo más fresca. En las zonas más templadas es mejor y más fácil agregar composta cada año después de la primera cosecha de las camas con plantas perennes. Coseche la mayoría de las plantas perennes cortando de 2.5 a 3.8 cm por encima de la copa de la planta. Una vez que la cama ha sido cosechada, afloje el suelo entre las plantas y extienda la composta curada lo más uniformemente posible entre ellas. Luego, incorpore la composta curada entre las plantas en los primeros 5 a 8 cm del suelo con un biello. Después, riegue el suelo a conciencia para que los nutrientes y el humus que se encuentran en la composta curada bajen más profundo dentro del suelo.

Dependiendo de su clima y la salud de las plantas perennes quizá sea posible cosechar más veces a lo largo de la temporada principal de cultivo o en algunos casos a lo largo de todo el año. Debido a que solo agregará composta curada una vez al año, después de cualquier cosecha posterior, sencillamente afloje el suelo alrededor de las plantas a una profundidad de 5 a 8 cm para oxigenar el suelo, y riéguelo bien si es necesario. La alfalfa cosechada se reestablecerá a sí misma más rápidamente si la cubre con una malla de sombra (o cualquier material disponible que pueda dar sombra ligera a las plantas) durante un periodo de dos semanas después de la cosecha.



### *Después de tres años de usar el método*

Las 6 camas que cavó están diseñadas para procesar el estiércol de 3 años. Si las infecciones causadas por el *Ascaris* no son comunes en su comunidad, cada *sección* de las 6 camas se puede trabajar con seguridad después de que todo el estiércol que se agregó ha madurado por lo menos durante 3.5 años. Como se muestra en la Ilustración 11 en la página 106, habrán pasado 4 años (más de los 3.5 años requeridos) desde que la primera *sección* de la primera cama (*Sección 1*) fue *llenada y sembrada con plantas perennes* y esta *sección* debe ser segura ahora para cavar y sembrar todo tipo de cultivos.

Los huevos de *Ascaris*, si están presentes en el estiércol que agregó al suelo, pueden sobrevivir en el suelo hasta por 7 años, el tiempo más largo de supervivencia de cualquier patógeno conocido. Si el *Ascaris* está presente en la comunidad, no se debe trabajar en una cama que ha recibido estiércol humano hasta después de que hayan pasado 7 años desde la última vez que se agregó estiércol humano. Para poder seguir reciclando su estiércol, después de los primeros 3 años, debe empezar a cavar el segundo juego de 6 camas, exactamente de la misma manera que cavó las primeras seis y llenándolas (*Secciones 13 a la 24* como se muestra en la Ilustración 11 en la página 10) siguiendo el mismo patrón ordenado. Después de haber llenado el segundo juego de 6 camas, debe empezar a trabajar en el tercer juego. Como se muestra en la Ilustración 13 en la página 113, después de haber llenado este tercer juego usando el mismo patrón, habrán pasado 7 años desde que se llenó la primera *sección* y se sembró con plantas perennes y esta *sección* podría usarse de manera segura para sembrar todo tipo de cultivos.

En lugar de trabajar y plantar cada *sección* después de que ha madurado durante 3.5 o 7 años, usted podría esperar hasta que la última *sección* de la primera *cama* esté llena y todo el estiércol que se agregó a la cama haya madurado durante por lo menos 3.5 a 7 años (lo que sería en aproximadamente un mes más dependiendo de cuando se llenaron las *secciones*). Luego, podría cavar de manera segura toda la cama de una sola vez. En cualquier caso, después de que la última capa de estiércol en cada *sección* o *cama* haya madurado lo suficiente, espere tanto como le sea posible antes de poner estiércol en la misma *sección*. Al rotar las camas que reciben estiércol en lugar de tener 12 o 18 camas que reciben estiércol de manera permanente, minimizará el riesgo de que cualquier *sección* en su huerto pierda o acumule minerales y que haya desequilibrio de minerales y sea menos saludable.

Las siguientes cuatro ilustraciones, Ilustraciones 11, 12, 13 y 14, esbozan los procedimientos y ciclos involucrados en el reciclaje de estiércol humano usando granos y plantas perennes en lugares en donde el *Ascaris* no es y sí es predominante en la comunidad.

## Ilustración 11

### **Los primeros diez años y más allá usando el método con granos y plantas perennes en un clima con dos temporadas de cultivo en lugares en donde el *Ascaris* no está presente en la comunidad**

Todos los patógenos en el estiércol humano, con excepción de los huevos del *Ascaris*, morirán después de haber estado expuestos a un suelo sano durante 3.5 años o menos. Por lo tanto, si las infecciones causadas por *Ascaris* son raras en su comunidad, solo se necesitarán 12 camas o 2 juegos de 6 camas para reciclar el estiércol de una persona.

- De preferencia empiece a almacenar su estiércol en el otoño.

#### **Año 1**

##### ***Temporada de cultivo en primavera***

- Cave las 6 camas o lo suficiente para recibir el estiércol que usted ha almacenado desde el otoño.
- Extienda el estiércol que reunió durante el Mes 1 sobre la *Sección 1*, el estiércol que reunió durante el Mes 2 sobre la *Sección 2* y así sucesivamente hasta que se le acabe el estiércol almacenado.
- Cubra el estiércol con tierra. Siembre semillas de plantas a las que les gusten los días templados. Cubra las semillas con tierra y riegue tanto como sea necesario.
- Coseche las plantas conforme vayan madurando.

##### ***Temporada de cultivo en otoño (por lo menos un mes antes de la primera helada fuerte)***

- Cave cualquier cama que haya quedado.
- Ponga el estiércol que reunió desde el principio de la primera temporada de cultivo sobre cada una de las siguientes *secciones* que no han recibido estiércol aún, en orden secuencial.
- Cubra el estiércol con tierra. Siembre semillas de invierno en todas las secciones que recibieron estiércol humano. Cubra las semillas con tierra y riegue tanto como sea necesario.
- Coseche lo que haya quedado en las secciones que recibieron estiércol en la primavera. Afloje el rastrojo y el suelo de estas secciones. Siembre semillas de invierno. Cúbralas con tierra y riegue tanto como sea necesario. Ahora las 12 *secciones* habrán recibido su primera capa de estiércol.



## Ilustración 11 (continúa)

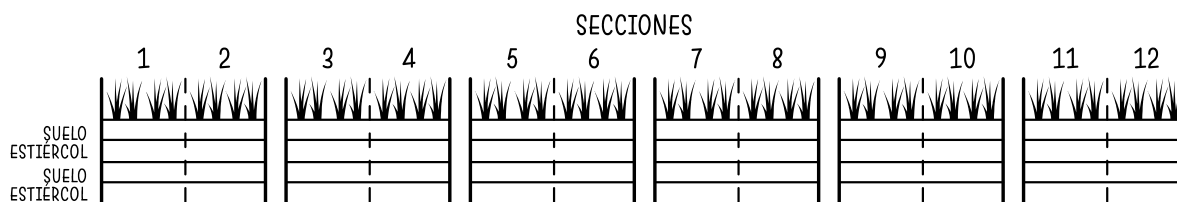
### Año 2

#### *Temporada de cultivo en primavera*

- Coseche las plantas que se sembraron en la segunda temporada de cultivo del Año 1 conforme vayan madurando o conforme sea necesario para que haya suficiente área para aplicar el estiércol almacenado. Agregue el estiércol más viejo sobre el rastrojo en la *Sección 1*, el que sigue en antigüedad en la *Sección 2* y continúe con este patrón hasta que se acabe el estiércol almacenado.
- Cubra el estiércol con tierra. Siembre semillas de verano, cubra las semillas con tierra y riegue las secciones tanto como sea necesario.
- Permita que las plantas sembradas en el otoño en las secciones que no reciben estiércol humano en la primavera maduren tanto como sea posible. Coséchelas cuando las semillas de verano deban de ser sembradas. Afloje el rastrojo y el suelo. Siembre semillas, cúbralas con tierra y riegue.
- Coseche los cultivos de verano conforme vayan madurando.

#### *Temporada de cultivo en otoño (por lo menos un mes antes de la primera helada fuerte)*

- Cave cualquier cama que haya quedado.
- Extienda el estiércol que reunió desde el principio de la primera temporada de cultivo del Año 2 sobre cada una de las siguientes *secciones* que aún no han recibido estiércol en orden secuencial.
- Cubra el estiércol con tierra. Siembre semillas de invierno en todas las secciones que recibieron estiércol humano. Cubra las semillas con tierra. Riegue las secciones tanto como sea necesario.
- Coseche lo que haya quedado en las secciones que recibieron estiércol en la primavera y no en el otoño. Afloje el rastrojo y el suelo de estas secciones. Siembre semillas de invierno. Cubra las semillas con tierra. Riegue las secciones tanto como sea necesario. Ahora las 12 *secciones* habrán recibido su segunda capa de estiércol.



### Año 3

Repita el patrón que estableció en el Año 2 de la cosecha, agregue el estiércol almacenado (la tercera capa), cúbralo con tierra y siembre semillas.



## Ilustración 11 (continúa)

### **Años 4, 5 y 6**

Al principio del Año 4, coseche los granos u otros cultivos que fueron sembrados en las Camas 1 a la 6 cuando estén maduros (o a finales de la primavera o principios del verano, lo que suceda primero) y siembre semillas de plantas perennes.

Durante el Año 4, cave el segundo grupo de 6 camas (Camas 7 a la 12) y durante los Años 4, 5 y 6 llénelas como llenó el primer grupo en los Años 1, 2 y 3.

Más abajo encontrará una sección transversal longitudinal de las 12 camas. Los números en cada sección representan el mes y el año (mes / año, p.ej. 9 / 95) en los que fue producido el estiércol. Observe que la *Sección 1* está llena de estiércol de 9 / 97 y que las 12 camas están completamente llenas cuando se agrega estiércol de 8 / 01. Por lo tanto, a finales de 9 / 01, habrán pasado 4 años (más de los 3.5 años requeridos) desde que el estiércol que se agregó al final a la *Sección 1* fue producido y ahora es seguro que la *Sección 1* sea cavada otra vez o que reciba más estiércol humano o de preferencia que sea usada para producir cultivos comestibles (incluyendo cultivos de raíz y de hojas). Si la *Sección 1* no es cavada otra vez o no recibe estiércol, que quizá sea más beneficioso para el suelo como se mencionó anteriormente, sería necesario cavar una nueva cama *que no haya recibido estiércol humano durante por lo menos 4 años* para empezar el nuevo ciclo.

### SECCIONES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CAPA
CAMAS 1-6	9/97	10/97	11/97	12/97	1/98	2/98	3/98	4/98	5/98	6/98	7/98	8/98	3
	9/96	10/96	11/96	12/96	1/97	2/97	3/97	4/97	5/97	6/97	7/97	8/97	2
	9/95	10/95	11/95	12/95	1/96	2/96	3/96	4/96	5/96	6/96	7/96	8/96	1
CAMAS 7-12	9/00	10/00	11/00	12/00	1/01	2/01	3/01	4/01	5/01	6/01	7/01	8/01	3
	9/99	10/99	11/99	12/99	1/00	2/00	3/00	4/00	5/00	6/00	7/00	8/00	2
	9/98	10/98	11/98	12/98	1/99	2/99	3/99	4/99	5/99	6/99	7/99	10/99	1

Una vez que las 12 camas han sido llenadas, las camas que usaron el método de granos y plantas perennes siguen un ciclo que se describe abajo.

*Las diferentes etapas de las camas después de los primeros seis años en lugares en donde el *ascaris* no está presente*

Cada uno de los grupos de 6 camas en este método en el que se usan granos y plantas perennes para reciclar estiércol humano en lugares en los que el *Ascaris* no está presente pasarán por 3 etapas:

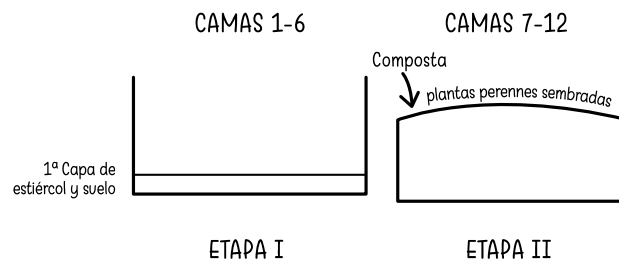
- La *Etapas I* dura 3 años y es cuando el grupo de 6 camas recibe estiércol humano fresco.

### Ilustración 11 (continúa)

- La *Etapa II* toma lugar durante el cuarto año cuando las 6 camas han sido llenadas con estiércol y son sembradas con plantas perennes pero las plantas perennes son demasiado jóvenes como para ser cosechadas.<sup>201</sup>
- La *Etapa III* empieza en el quinto año, cuando las 6 camas sembradas con plantas perennes son cosechadas y reciben una aplicación anual de composta curada sin tierra. Después de 2 años, las plantas perennes en el grupo de 6 camas son removidas.
- Al principio del séptimo año del ciclo, las 6 camas pueden ser cavadas nuevamente y regresar a la *Etapa I* del ciclo o de preferencia pueden ser apartadas del ciclo en cuyo caso sería necesario cavar un nuevo grupo de 6 camas para que reciban el estiércol humano que está siendo producido y que entrarían a la primera etapa del ciclo. Este ciclo que sucede del Año 7 al Año 10 se describe a continuación.

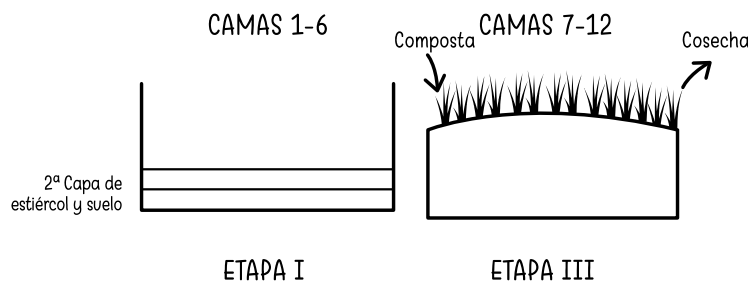
### Año 7

Las plantas perennes en las *Camas 1-6* son removidas y las *Camas 1-6* (ya sea que es un nuevo grupo de 6 camas o el grupo original de 6 camas) serán cavadas y recibirán su primera capa de estiércol humano, suelo, semillas y más suelo y producirán plantas perennes durante todo el año. Las *Camas 7-12*, el segundo grupo de 6 camas, recibirán composta curada sin suelo y se sembrarán en ellas plantas perennes en la primavera de ese año. Probablemente serán cosechadas por primera vez en la primavera del siguiente año.



### Año 8

Las *Camas 1-6* recibirán una segunda capa de estiércol, suelo, semillas y suelo y producirán plantas perennes durante todo el año. Las *Camas 7-12* pasarán de la *Etapa II* a la *Etapa III* ya que las plantas perennes que estaban creciendo en ellas serán cosechadas a lo largo de la temporada de cultivo. Las *Camas 7-12* reciben una aplicación anual de composta curada sin suelo.

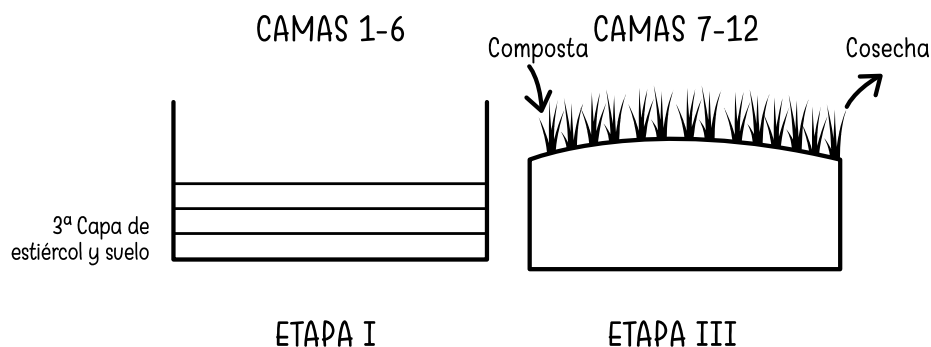


<sup>201</sup> La alfalfa (que es una planta perenne) necesita aproximadamente 7 meses para pasar de ser una semilla a ser una planta que se pueda cosechar (John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp. 166-167). En la mayoría de los climas templados, no habrá suficientes días cálidos para cosechar la alfalfa que fue sembrada a voleo (o la mayoría de las otras plantas perennes) después de que ha crecido durante 7 meses y antes de que muera en el invierno. Así que la primera cosecha probablemente sucederá en la primavera del siguiente año.

## Ilustración 11 (continúa)

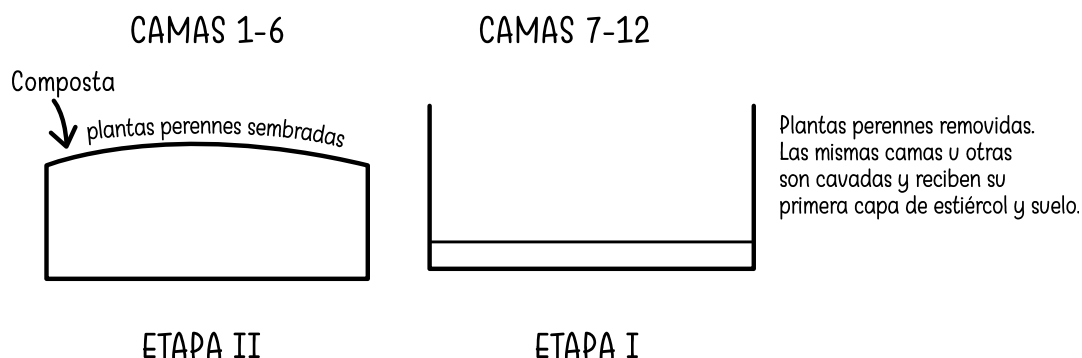
### Año 9

Las *Camas 1-6* recibirán su tercera y última capa de estiércol, suelo, semillas y suelo y producirá plantas anuales durante todo el año. Las *Camas 7-12* seguirán produciendo plantas perennes que serán cosechadas a lo largo de toda la temporada de cultivo y recibirán una aplicación anual de composta curada sin suelo.



### Año 10

Las *Camas 1-6* salen de la *Etapa I* y entran a la *Etapa II* en la cual las camas reciben composta curada sin suelo y empiezan a producir plantas perennes que quizá puedan ser cosechadas por primera vez en la primavera del siguiente año. Las *Camas 7-12* serán cosechadas y pueden ser: 1) cavadas otra vez, en cuyo caso las camas regresarían a la *Etapa I* y empezarían a recibir estiércol humano almacenado otra vez; o, de preferencia 2) doble excavadas y usadas para cultivar alimentos y/o cultivos para composta o para generar ingresos (incluyendo cultivos de hojas y de raíz, si gusta) en cuyo caso sería necesario cavar un nuevo grupo de 6 camas para que entren en la *Etapa I* y empiecen a recibir el estiércol humano que usted ha almacenado. Esto es idéntico a la situación presente en el Año 7 solo que los dos grupos de camas cambiaron papeles. El ciclo sucederá de manera similar al de los Años 7, 8 y 9 mientras el método siga usándose a través de los años.



## Ilustración 12

### **Línea de tiempo para el método con granos y plantas perennes en lugares donde el *Ascaris* no está presente asumiendo que tiene dos temporadas de cultivo – una de 5 meses durante el verano y una de 7 meses durante el invierno**

- Sept. 1995 – Empiece a reunir su estiércol

		<u>Camas 1-6</u>		<u>Camas 7-12</u>	
		<u>Secciones 1-7</u>	<u>Secciones 8-12</u>	<u>Secciones 13-19</u>	<u>Secciones 20-24</u>
AÑO 1	- Abril 1996	1ª capa de estiércol cultivos de verano			
	- Sept. 1996	cultivos de invierno	1ª capa de estiércol cultivos de invierno		
AÑO 2	- Abril 1997	2ª capa de estiércol cultivos de verano	cultivos de verano		
	- Sept. 1997	cultivos de invierno	2ª capa de estiércol cultivos de invierno		
AÑO 3	- Abril 1998	3ª capa de estiércol cultivos de verano	cultivos de verano		
	- Sept. 1998	cultivos de invierno	3ª capa de estiércol cultivos de invierno		
AÑO 4	- Abril 1999	llene las camas, agregue composta, siembre plantas perennes		1ª capa de estiércol cultivos de verano	
	- Sept. 1999			cultivos de invierno	1ª capa de estiércol cultivos de invierno
AÑO 5	- Abril 2000	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche la plantas perennes como sea necesario		2ª capa de estiércol cultivos de verano	cultivos de verano
	- Sept. 2000	coseche las plantas perennes como sea necesario		2ª capa de estiércol cultivos de invierno	cultivos de invierno
AÑO 6	- Abril 2001	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche la plantas perennes como sea necesario		3ª capa de estiércol cultivos de verano	cultivos de verano
	- Sept. 2001	coseche las plantas perennes como sea necesario		3ª capa de estiércol cultivos de invierno	cultivos de invierno
AÑO 7	- Abril 2002	quite las plantas perennes ; cultive alimentos o cave otra vez para		llene las camas, agregue composta, siembre pl: perennes	llene las camas, agregue composta, siembre plant perennes
	- Sept. 2002	recibir estiércol (repita el AÑO 1)			

## Ilustración 12 (continúa)

	<u>Camas 1-6</u>		<u>Camas 7-12</u>	
	<u>Secciones 1-7</u>	<u>Secciones 8-12</u>	<u>Secciones 13-19</u>	<u>Secciones 20-24</u>
AÑO 8	- Abril 2003	Repita el AÑO 2	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como sea necesario	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como sea necesario
	- Sept. 2003	coseche las plantas perennes como sea necesario	coseche las plantas perennes como sea necesario	coseche las plantas perennes como sea necesario
AÑO 9	- Abril 2004	Repita el AÑO 3	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como sea necesario	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como sea necesario
	- Sept. 2004		coseche las plantas perennes como sea necesario	coseche las plantas perennes como sea necesario
AÑO 10	- Abril 2005	Repita el AÑO 4	quite las plantas perennes y cultive alimentos o cave otra vez para que la cama reciba estiércol	quite las plantas perennes y cultive alimentos o cave otra vez para que la cama reciba estiércol
	- Sept. 2005		(repita el AÑO 4)	



### Ilustración 13

#### **Los primeros 13 años y más allá usando el método con granos y plantas perennes en un clima con dos temporadas de cultivo en lugares donde el *Ascaris* está presente en la comunidad**

El procedimiento para el llenado de estas camas es idéntico al que se mostró en la Ilustración 11, con la excepción de que se cavan 18 camas en lugar de 12 y reciben estiércol, suelo, semillas y más suelo como se muestra en la sección transversal longitudinal de las camas que se muestra abajo. Después de haber cavado el segundo grupo de 6 camas y de que ha sido llenado con 3 capas de estiércol, suelo, semillas y más suelo, se debe cavar un tercer grupo de 6 camas (*Secciones 25-36*) y se debe llenar y sembrar con plantas perennes antes de que el primer grupo pueda ser cavado nuevamente de manera segura o, de preferencia, antes de sembrarlo con algún cultivo cuyas partes comestibles estén en contacto con el suelo. Por lo tanto, al principio del Año 7, cave el tercero y último grupo de 6 camas. Durante los Años 7, 8 y 9 llene las camas exactamente como lo hizo con el primer grupo en los Años 1, 2 y 3. Luego, en el Año 10, el primer grupo de camas puede ser cavado otra vez o puede cavar un nuevo grupo y continuar el ciclo.

#### SECCIONES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CAMAS 1-6	9/97	10/97	11/97	12/97	1/98	2/98	3/98	4/98	5/98	6/98	7/98	8/98
	9/96	10/96	11/96	12/96	1/97	2/97	3/97	4/97	5/97	6/97	7/97	8/97
	9/95	10/95	11/95	12/95	1/96	2/96	3/96	4/96	5/96	6/96	7/96	8/96
CAMAS 7-12	9/00	10/00	11/00	12/00	1/01	2/01	3/01	4/01	5/01	6/01	7/01	8/01
	9/99	10/99	11/99	12/99	1/00	2/00	3/00	4/00	5/00	6/00	7/00	8/00
	9/98	10/98	11/98	12/98	1/99	2/99	3/99	4/99	5/99	6/99	7/99	10/99
CAMAS 1-6	9/03	10/03	11/03	12/03	1/04	2/04	3/04	4/04	5/04	6/04	7/04	8/04
	9/02	10/02	11/02	12/02	1/03	2/03	3/03	4/03	5/03	6/03	7/03	8/03
	9/01	10/01	11/01	12/01	1/02	2/02	3/02	4/02	5/02	6/02	7/02	8/02

Habrán pasado 7 años entre el momento en el que se produjo el último estiércol que se agregó a la *Sección 1* (lo que sucedió en 9/97, el primer mes del tercer año) y cuando se hace el llenado de las 18 camas (luego de agregar el estiércol de 8/04) y las secciones deban ser cavadas para recibir el estiércol almacenado. En 9/04 o más adelante, se puede cavar la *Sección 1* de manera segura para recibir el estiércol que se reunió o se puede usar para sembrar cultivos comestibles (incluyendo cultivos de raíz y de hojas), en cuyo caso sería necesario cavar una nueva cama para que reciba el estiércol que usted ha almacenado.

Una vez que se han llenado las 18 camas, las camas que se usaron con el método de granos y plantas perennes siguen un ciclo como el que se describe abajo.

### Ilustración 13 (continúa)

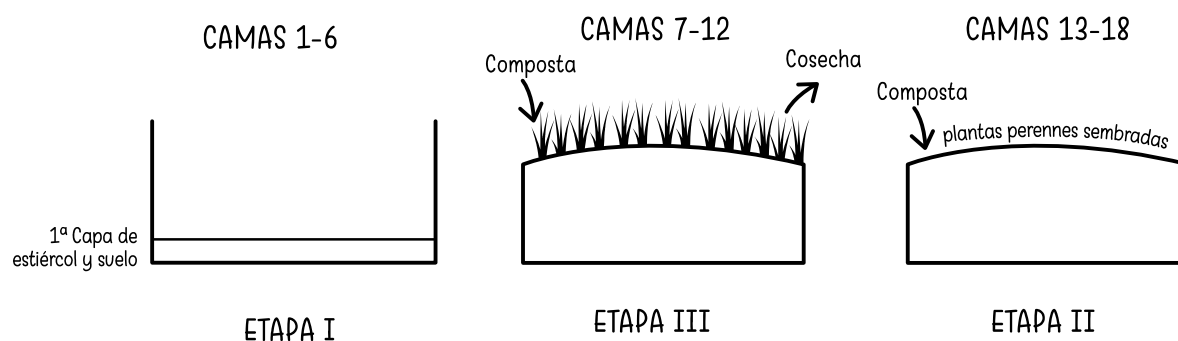
*Las diferentes etapas de las camas después de diez años en lugares en donde el *Ascaris* está presente*

Cada uno de los grupos de 6 camas en este método en el que se usan granos y plantas perennes para reciclar estiércol humano en lugares en donde el *Ascaris* está presente pasarán por 3 etapas:

- La *Etapa I* dura 3 años y es cuando el grupo de 6 camas reciben estiércol humano fresco.
- La *Etapa II* toma lugar durante el cuarto año cuando las 6 camas han sido llenadas con estiércol y son sembradas con plantas perennes pero las plantas perennes son demasiado jóvenes como para ser cosechadas.
- La *Etapa III* empieza en el quinto año, cuando las 6 camas sembradas con plantas perennes son cosechadas y reciben una aplicación anual de composta curada sin tierra. Después de 5 años (en lugar de los 2 años que es el caso cuando el *Ascaris* no está presente), las plantas perennes en el grupo de 6 camas son removidas.
- Al principio del décimo año del ciclo, las 6 camas pueden ser cavadas nuevamente y regresar a la *Etapa I* del ciclo o de preferencia pueden ser apartadas del ciclo en cuyo caso sería necesario cavar un nuevo grupo de 6 camas para que reciban el estiércol humano que está siendo producido y que entrarían a la *Etapa I* del ciclo. Este ciclo que sucede del Año 10 al Año 13 se describe a continuación.

#### Año 10

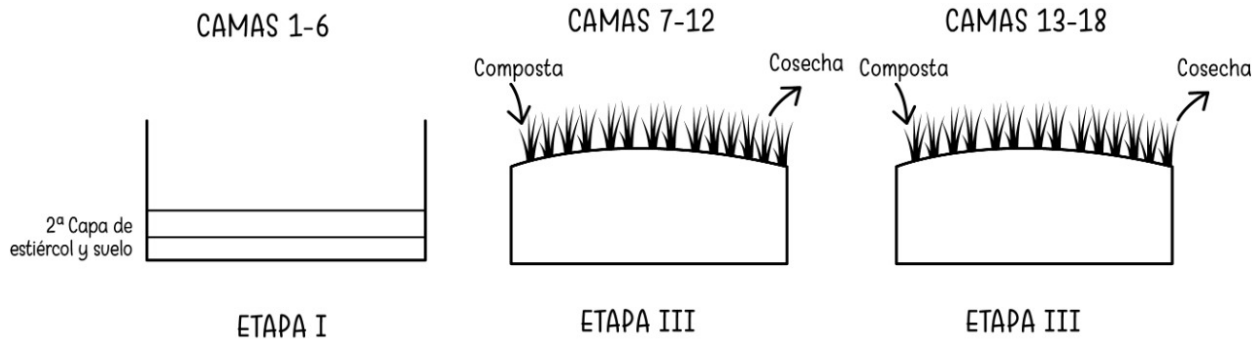
Las plantas perennes en las *Camas 1-6* son removidas y las *Camas 1-6* (ya sea que sea un nuevo grupo de 6 camas o el grupo original de 6 camas) serán cavadas y recibirán su primera capa de estiércol humano, suelo, semillas y más suelo y producirán plantas perennes durante todo el año. En las *Camas 7-12* se han estado cultivando plantas perennes que serán cosechadas a lo largo de toda la temporada de cultivo y reciben una aplicación anual de composta curada sin suelo. Las *Camas 13-18* recibirán composta curada sin suelo y en ellas se sembrarán plantas perennes en la primavera de este año. Las plantas perennes en las *Camas 13-18* probablemente serán cosechadas por primera vez en la primavera del siguiente año.



### Ilustración 13 (continúa)

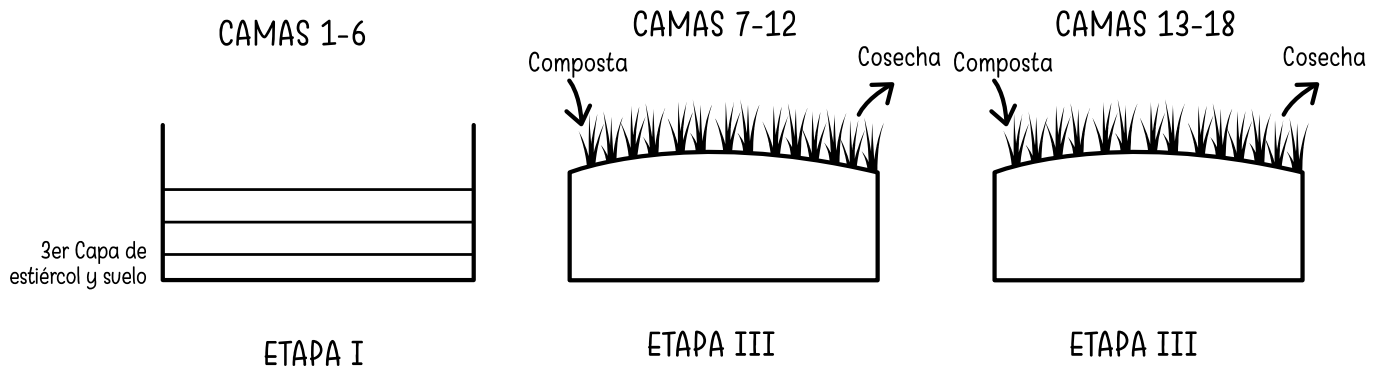
#### Año 11

Las *Camas 1-6* recibirán una segunda capa de estiércol, suelo, semillas y más suelo y producirán plantas anuales durante todo el año. Las *Camas 7-12* y las *Camas 13-18*, las camas más viejas y las camas más nuevas de plantas perennes respectivamente, serán cosechadas y recibirán composta curada sin suelo.



#### Año 12

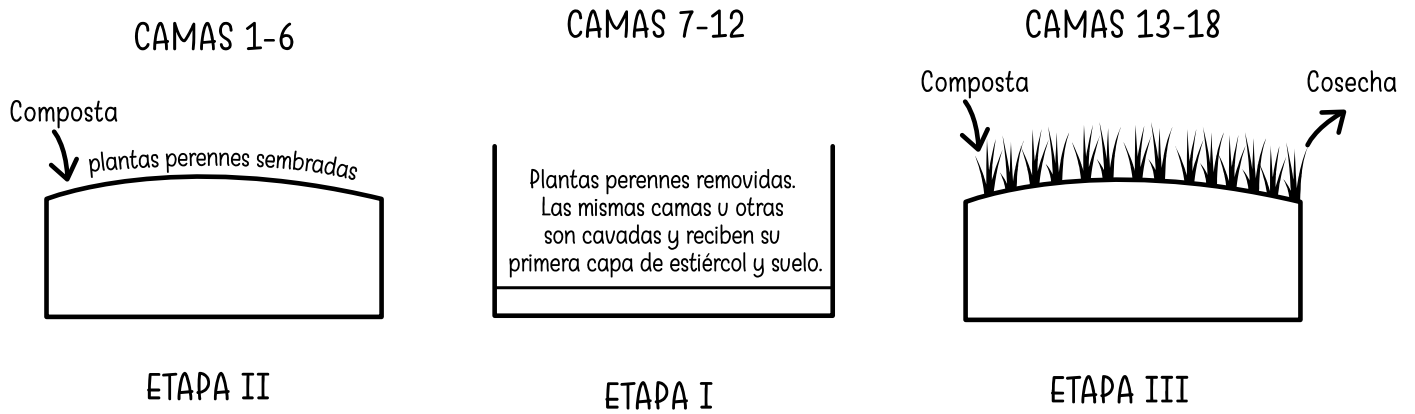
Las *Camas 1-6* recibirán su tercera y última capa de estiércol, suelo, semillas y suelo y producirá plantas anuales durante todo el año. Nuevamente las *Camas 7-12* y las *Camas 13-18* serán cosechadas y recibirán composta curada sin suelo.



#### Año 13

Las *Camas 1-6* salen de la *Etapa I* y entran a la *Etapa II* en la cual las camas reciben composta curada sin suelo y empiezan a producir plantas perennes que quizá puedan ser cosechadas por primera vez en la primavera del siguiente año. Las *Camas 7-12*, las 6 camas más viejas con plantas perennes, serán cosechadas y pueden ser: 1) cavadas otra vez, en cuyo caso las camas regresarían a la *Etapa I* y empezaría a recibir estiércol humano almacenado otra vez; o, de preferencia 2) doble excavadas y

usadas para cultivar alimentos y/o cultivos para composta o para generar ingresos (incluyendo cultivos de hojas y de raíz, si gusta) en cuyo caso sería necesario cavar un nuevo grupo de 6 camas para que entren en la *Etapa I* y empiecen a recibir el estiércol humano que usted ha almacenado. Las *Camas 13-18* se siguen cosechando y reciben composta curada sin suelo una vez al año. Observe que esto es idéntico a la situación presente en el Año 10 solo que los tres grupos de camas cambiaron papeles. El ciclo sucederá de manera similar al de los Años 10, 11 y 12 mientras el método siga usándose a través de los años.



## Ilustración 14

### **Línea de tiempo para el método con granos y plantas perennes en lugares donde el *Ascaris* está presente asumiendo que tiene dos temporadas de cultivo – una de 5 meses durante el verano y una de 7 meses durante el invierno**

- Sept. 1995 – Empiece a reunir su estiércol

	<u>Camas 1-6</u>	<u>Camas 7-12</u>	<u>Camas 13-18</u>
	<u>Secciones 1-7</u>	<u>Secciones 8-12</u>	<u>Secciones 13-19</u>
		<u>Secciones 20-24</u>	<u>Secciones 25-31</u>
			<u>Secciones 32-36</u>
<b>AÑO 1</b>			
- Abril 1996	1ª capa de estiércol cultivos de verano		
- Sept. 1996	cultivos de invierno	1ª capa de estiércol cultivos de invierno	
<b>AÑO 2</b>			
- Abril 1997	2ª capa de estiércol cultivos de verano	cultivos de verano	
- Sept. 1997	cultivos de invierno	2ª capa de estiércol cultivos de invierno	
<b>AÑO 3</b>			
- Abril 1998	3ª capa de estiércol cultivos de verano	cultivos de verano	
- Sept. 1998	cultivos de invierno	3ª capa de estiércol cultivos de invierno	
<b>AÑO 4</b>			
- Abril 1999	llene las camas, agregue composta, siembre plantas perennes		1ª capa de estiércol cultivos de verano
- Sept. 1999		cultivos de invierno	1ª capa de estiércol cultivos de verano
<b>AÑO 5</b>			
- Abril 2000	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite		2ª capa de estiércol cultivos de verano
- Sept. 2000	coseche las plantas perennes como se necesite	cultivos de invierno	2ª capa de estiércol cultivos de invierno
<b>AÑO 6</b>			
- Abril 2001	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite		3ª capa de estiércol cultivos de verano

### Ilustración 14 (continúa)

	<u>Camas 1-6</u>	<u>Camas 7-12</u>	<u>Camas 13-18</u>
	<u>Secciones 1-7</u>	<u>Secciones 8-12</u>	<u>Secciones 13-19</u> <u>Secciones 20-24</u> <u>Secciones 25-31</u> <u>Secciones 32-36</u>
- Sept. 2001	coseche las plantas perennes como se necesite		cultivos de invierno 3ª capa de estiércol cultivos de invierno
<b>AÑO 7</b>			
- Abril 2002	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite	llene las camas, agregue composta, siembre plantas perennes	1ª capa de estiércol cultivos de verano
- Sept. 2002	coseche las plantas perennes como se necesite		1ª capa de estiércol cultivos de invierno cultivos de invierno
<b>AÑO 8</b>			
- Abril 2003	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite	2ª capa de estiércol cultivos de verano cultivos de verano
- Sept. 2003	coseche las plantas perennes como se necesite	coseche las plantas perennes como se necesite	cultivos de invierno 2ª capa de estiércol cultivos de invierno
<b>AÑO 9</b>			
- Abril 2004	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite	3ª capa de estiércol cultivos de verano cultivos de verano
- Sept. 2004	coseche las plantas perennes como se necesite	coseche las plantas perennes como se necesite	cultivos de invierno 3ª capa de estiércol cultivos de invierno
<b>AÑO 10</b>			
- Abril 2005	saque las plantas perennes y siembre cultivos comestibles o repita el AÑO 1	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite	llene las camas, agregue composta, siembre plantas perennes
- Sept. 2005		coseche las plantas perennes como se necesite	
<b>AÑO 11</b>			
- Abril 2006	repita el AÑO 2	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite

## Ilustración 14 (continúa)

	<u>Camas 1-6</u>	<u>Camas 7-12</u>	<u>Camas13-18</u>
	<u>Secciones 1-7</u>	<u>Secciones 8-12</u>	<u>Secciones 13-19</u> <u>Secciones 20-24</u> <u>Secciones 25-31</u> <u>Secciones 32-36</u>
- Sept. 2006		coseche las plantas perennes como se necesite	coseche las plantas perennes como se necesite
AÑO 12			
- Abril 2007	repita el AÑO 3	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite
- Sept. 2007		coseche las plantas perennes como se necesite	coseche las plantas perennes como se necesite
AÑO 13			
- Abril 2008	repita el AÑO 4	saque las plantas perennes y siembre cultivos comestibles o repita el AÑO 4	coseche las plantas perennes, agregue composta, coseche las plantas perennes como se necesite
- Sept. 2008			coseche las plantas perennes como se necesite

### ¿Se logró la meta #1?

La *Meta #1, purificación del estiércol*, se logra como en el método que usa árboles para reciclar el estiércol humano: los patógenos mueren con el tiempo cuando ya no son capaces de soportar los rigores de vivir fuera del cuerpo humano. Ya que el método puede ser utilizado por un individuo y el estiércol no necesita entrar a un sistema de aguas residuales, el estiércol estará libre de niveles nocivos de metales pesados y toxinas químicas.

### ¿Se logró la meta #2?

Las camas en las que se siembran plantas perennes reciben una aplicación anual de composta curada sin suelo. Las camas que están recibiendo estiércol recibirán algo de humus producido a partir de la descomposición del estiércol y de las raíces de los cultivos que están creciendo en ellas. Si se ha practicado durante muchos años o décadas y si no se agrega más humus aparte de la cantidad generada por el estiércol y las raíces, quizá no habrá suficiente humus para mantener el suministro del suelo. Sin embargo, se calcula que esta cantidad de humus es suficiente durante los tres años en los cuales las camas reciben estiércol humano siempre y cuando se agregue suficiente composta curada en los años posteriores para así lograr la *Meta #2, producción de suficiente humus*. Esta es otra razón por la cual hay que rotar las camas que reciben estiércol humano.

Para calcular la cantidad de composta curada *sin suelo* que este método generará por si mismo, cultivaremos alfalfa como el cultivo de planta perenne y maíz (durante el verano) y trigo (durante el invierno) en las 6 camas que reciben estiércol humano. Si el *Ascaris* no representa una amenaza en nuestra comunidad, las 6 camas que reciben estiércol humano y las 6 camas en las que se sembraron las plantas perennes producirán suficiente composta curada *sin suelo* de modo que cada una de las 6 camas de alfalfa recibirá 1.22 m<sup>2</sup> y aun así quedarán 3.99 m<sup>3</sup>, (vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #17). Si el *Ascaris* representa una amenaza, las 6 camas que reciben estiércol y las 12 camas en las que se sembraron plantas perennes producirán suficiente composta curada *sin suelo* para aplicar 1.22 m<sup>3</sup> (equivalente a 2.44 m<sup>3</sup>) de composta curada que es 50% suelo por volumen) a las 12 camas de alfalfa, con un excedente de 3.6 m<sup>3</sup> de composta curada *sin suelo* que podría aplicarse a otras plantas perennes en su huerto o granja (vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #18).

Es posible producir una cantidad abundante de composta curada con este método para lograr la *Meta #2*, con rendimientos Biointensivos intermedios. Además, si las 6 camas que reciben estiércol humano producen maíz (harina de maíz) en el verano y trigo en el invierno, quizá cada año proveerán más del 25% de las calorías que necesita una persona todo el año<sup>202</sup> siempre y cuando la parte comestible no toque el suelo durante la cosecha.

### ¿Se logró la meta #3?

Ya que los minerales en el estiércol probablemente vinieron de más camas que las 6 que están recibiendo estiércol actualmente, quizá es mejor distribuir la composta curada producida a partir de la descomposición de las plantas que se están cultivando en las camas enriquecidas con estiércol en todas las camas en las que se están cultivando alimentos. Esto se puede lograr fácilmente creando pilas de composta separadas con los residuos de las camas enriquecidas con estiércol y también distribuyendo de manera equitativa la composta curada producida en todas las camas que están produciendo alimentos. (Debido a que la composta será agregada al suelo que esté produciendo plantas anuales, el suelo debe ser agregado cuando se estén construyendo las pilas de composta para regresar parte del suelo que fue removido durante el proceso del doble excavado).

---

<sup>202</sup> Cálculo con base en datos producidos en el campo y presentados por John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp. 162-165, con base en una temporada de cultivo de maíz templada de 5 meses.



Al igual que el método que usa árboles, esta es una forma secundaria de reciclaje a través del cual los nutrientes en el estiércol pueden regresar, en forma de composta curada, al suelo del que vinieron. Entonces usted minimizará la posibilidad de concentrar los nutrientes en el estiércol en unas cuantas camas y minimizará también el riesgo de un aumento tóxico de minerales que quizá el estiércol contenga en exceso.

### Las ventajas y desventajas de cultivar plantas perennes

*La ventaja de cultivar plantas perennes es que, ya que no necesitan ser replantadas cada año, minimizan el riesgo de entrar en contacto con los patógenos en el suelo que ha recibido estiércol humano y al mismo tiempo proveen material para su pila de composta.* Las plantas perennes apropiadas son las que vivirán por lo menos 7 años en su clima y bajo cualquier tipo de restricciones de agua que usted tenga. De preferencia, deben producir mucho material carbonoso para su pila de composta. Una posibilidad es la alfalfa, ya que es una planta perenne longeva y hay variedades que son bastante tolerantes a la sequía y al frío y producen una gran cantidad de material un tanto carbonoso. La lotus corniculatus y el trébol rojo, al igual que la alfalfa, son también legumbres y pueden ser buenas opciones, sin embargo, con frecuencia viven menos y no producen tanta biomasa y carbón como lo hace la alfalfa. La ventaja de plantar legumbres es que tienen nódulos pegados a sus raíces que almacenan nitrógeno que las bacterias han tomado del aire y que lo han convertido en algo que las plantas pueden usar. Cuando sus raíces envejecen y mueren, los nódulos se desprenden y agregan nitrógeno, y humus, al suelo. El “fijar” o convertir el nitrógeno atmosférico en algo que las plantas pueden usar le da nitrógeno al suelo de manera sustentable. El nitrógeno del suelo puede escapar al aire y solo puede regresar al suelo, en donde es tan esencial, a través de las bacterias que lo fijan (vea las páginas 25-26). Aún así, las plantas perennes no leguminosas como la poa de los prados (Kentucky Bluegrass), la bromus madritensis (bromegrass) entre otras pueden ser importantes ya que son tolerantes a la sequía y al frío y producen una cantidad importante de material para composta, incluyendo material de raíces. Para ayudarle a decidir qué plantas perennes usar, pregunte a su agente agrícola y/o agricultores locales para saber cuáles se desarrollan bien en su área.

La desventaja de cultivar plantas perennes es que en general no son “eficientes en lo que a área” se refiere<sup>203</sup> – en general no proporcionan muchas calorías de alimento para las personas por metro cuadrado sembrado.

### Una alternativa a las plantas perennes

Si prefiere seguir sembrando cultivos que producen tanto alimentos como materiales para composta, como los granos anuales en lugar de plantas perennes, una vez que las camas estén llenas, todos los residuos de las plantas no comestibles que queden después de la cosecha deben ser compostados.<sup>204</sup> Debido a que los residuos de las cosechas de granos (paja) son ricos en carbón, para crear una pila de composta con una relación carbono-nitrógeno inicial de alrededor de 30 a 1, se debe agregar material verde fresco al material seco en una proporción de 1 parte seca a 1.25 partes verdes *por volumen*.<sup>205</sup> (Este material verde puede ser generado interplantando habas apropiadas para la temporada en las camas que están produciendo granos y/o algarroba o puede venir de una cama adicional en la que se estén produciendo algas, rábanos a algún otro cultivo verde prolífico). Si el amaranto es cultivado en el verano y la avena (interplantada con habas y algarrobas) en el invierno (en lugar de plantas perennes) en todas las camas que se están usando para reciclar estiércol humano, se puede generar suficiente composta curada sin suelo en el sistema de 12 camas de modo que cada cama recibirá aproximadamente 1.07 m<sup>3</sup> de composta curada sin suelo (equivalente en términos de nitrógeno y humus a 2.13 m<sup>3</sup> de composta curada

---

<sup>203</sup> David Duhon, *One Circle* (Willits, CA: Ecology Action, 1985), pp. 21-22.

<sup>204</sup> También se pueden sembrar árboles, a pesar de que su desventaja es que el área no puede recibir estiércol humano hasta que se quite el árbol o muera. Esto significa que usted necesitaría buscar constantemente nuevas áreas que reciban su estiércol, a menos que use un sistema como el que se describe en las páginas 84 a la 93.

<sup>205</sup> Con base en investigaciones preliminares hechas por el autor y por Ecology Action.

que es 50% suelo por volumen).<sup>206</sup> El amaranto y la avena interplantada, las habas y la algarroba en el sistema de 18 camas producirán 1.1 m<sup>3</sup> de composta curada sin suelo (equivalente en términos de nitrógeno y humus 2.16 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen) para cada cama.<sup>207</sup> Por lo tanto aún se logra la *Meta #2, producción de suficiente humus*. Además, las 12 o 18 camas de avena y amaranto pueden proveer 35% o 53% respectivamente de las calorías que una persona necesita en promedio al año.<sup>208</sup>

Asegúrese de no cultivar solo un tipo de grano en estas camas año tras año sino más bien hacer una *rotación* de diferentes cultivos. Los granos como el amaranto, maíz, mijo, cebada, avena y centeno deben ser enfatizados ya que producen mucho carbón para la pila de composta, pero otros cultivos cuyas partes comestibles están muy por encima del suelo y pueden propagarse a través de la siembra a voleo, como los frijoles y los chicharos y las flores podrían ser cultivados en cantidades más pequeñas. Si solo se cultiva un tipo de granos año tras año, con el tiempo los minerales que necesita ese cultivo necesitarán ser extraídos del suelo, lo que puede provocar un desequilibrio y afectar su salud. Al rotar una *diversa variedad* de cultivos a través de los años, puede evitar la extracción de ciertos minerales en el suelo que un cultivo podría necesitar particularmente, así como proveer una dieta más diversa para los organismos del suelo y crear una granja más estable y un ecosistema en el huerto. La estabilidad y la seguridad siempre y solo vienen de la diversidad.

### El placer del descubrimiento

Cualquier cultivo que provee mucho material carbonoso para composta y cuya porción comestible se encuentra muy por encima del suelo es apropiado y vale la pena ponerlo a prueba en este sistema de reciclaje de desechos humanos. Entonces descubrirá qué cultivos crecen mejor en suelos enriquecidos con estiércol y cuáles enriquecen mejor al suelo con sus raíces y la composta creada a través de sus tallos. También puede elegir usar parte de la paja para construir una casa con lo último en tecnología de construcción con paja que es cada vez más popular. También puede descubrir qué cultivos proporcionan más calorías en un área determinada. Hay muchas oportunidades para aprender a partir de las cuales usted ampliará su entendimiento de cómo reciclar el estiércol humano de la mejor manera.

### Posibles modificaciones

En el método tal cual se describe anteriormente, se produce humus a partir de los residuos compostados de los cultivos que fueron sembrados en suelos enriquecidos con estiércol humano. Así como se describieron ciertas modificaciones en la sección llamada “Árboles”, existen dos posibles modificaciones para este método de reciclaje de desechos humanos:

- 1) *Las camas excavadas son tratadas como sitios hundidos de composta*. En este caso, se agregaría suficiente material carbonoso al estiércol cuando se vacía en cada sección de modo que la relación total carbono-nitrógeno sea de 30 a 1. Luego se agregaría una capa de suelo para ayudar al estiércol y al material carbonoso a descomponerse y para no dejar entrar a los animales. Debido a que hay menos nitrógeno disponible en el suelo de alrededor mientras el estiércol y el material carbonoso se descomponen, como se describió en la sección en la que se habla de cómo usar árboles para reciclar estiércol humano (vea las páginas 84-93), es posible que las plantas no crezcan sobre el estiércol y el material carbonoso hasta que

---

<sup>206</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #19 para ver una derivación de la cantidad de composta curada producida.

<sup>207</sup> Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #19 para ver una derivación de la cantidad de composta curada producida.

<sup>208</sup> De las aproximadamente 876,000 calorías que una persona necesita cada año, el amaranto y el trigo produjeron con rendimientos Biointensivos intermedios en 12 o 18 camas de 10 m<sup>2</sup> ( un promedio de 307,163 o 466,661 calorías respectivamente por año. Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #19 y #20. Con base en información de, John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, 8a. edición en español una publicación de Ecology Action 2021, pp. 158-159, 162-163.

ambos se hayan descompuesto adecuadamente.<sup>209</sup> La desventaja es que el suelo estará descubierto y sujeto a la erosión por viento, compactación debido a la lluvia y se secará por el sol. Una ventaja podría ser que habría más material carbonoso para alimentar más microorganismos que a su vez consumirían y retendrían más del nitrógeno que se encuentra en el estiércol en sus tejidos y se generaría más humus.

Sin embargo, si se agrega demasiado material carbonoso sin descomponer al suelo, podría haber desnitrificación y causar pérdida de nitrógeno del estiércol y el suelo (vea la página 42). Una segunda ventaja es que las camas cavadas que contienen estiércol humano y material carbonoso pueden ser trabajadas y se pueden sembrar cultivos cuyas porciones comestibles podrían entrar en contacto con el suelo antes de los 3.5 años en donde el *Ascaris* no es común o 7 en donde el *Ascaris* es común como se dijo antes si el estiércol en descomposición y la paja se calientan lo suficiente para matar los patógenos que están en el estiércol. Es muy probable que la temperatura y el tiempo que dicha temperatura puede mantenerse no cumplan con los requisitos de temperatura y duración descritos en “Cómo Compostar Estiércol Humano”. El grado al que se logra la *Meta #1, purificación del estiércol*, antes de que hayan pasado 3.5 o 7 años solo se puede determinar enviando una muestra del suelo enriquecido con estiércol humano a un laboratorio que pueda probar la presencia de patógenos humanos. Sin embargo, a través de experimentación precisa en diversas localidades, podemos obtener suficiente experiencia para establecer los requisitos que deben cumplirse para lograr la purificación del estiércol cuando es procesado como se describió anteriormente.

2) *Las camas cavadas son tratadas como parte lugar para composta y parte cama de cultivo.* Esta modificación podría generar más humus, ya que el material carbonoso se agrega tanto al suelo con el estiércol humano como al que se produce encima del suelo. El material carbonoso que se agrega al estiércol puede generar humus como en la primera modificación a este método y el material carbonoso que se cultiva en el suelo enriquecido con estiércol humano puede hacerse composta y así convertirlo en humus (como resulta cuando el método se usa sin modificación). Sin embargo, la única manera de cultivar plantas en suelo que contiene material carbonoso crudo así como estiércol humano es agregar únicamente suficiente material carbonoso al estiércol de modo que la relación total carbono-nitrógeno del material carbonoso y del estiércol sea menor a 30 a 1, y como mínimo, probablemente sea mejor si la proporción es cercana a 10 a 1, la relación carbono-nitrógeno de la mayoría de los suelos (vea la página 75).<sup>210</sup> El suelo sin material carbonoso crudo en general no inhibe el crecimiento de los cultivos. Al crear una relación total carbono-nitrógeno igual a la de los suelos que no inhiben el crecimiento de las plantas quizá haya suficiente nitrógeno que no se está usando para descomponer el material carbonoso que podría ser utilizado para el crecimiento de las plantas. El material carbonoso adicional, aunque mínimo, que está enterrado con el estiércol ayudará a atrapar el nitrógeno del estiércol y a generar más humus para el suelo. Además, al crear una relación carbono-nitrógeno baja en el suelo minimizará el riesgo de desnitrificación la cual es importante cuando se usa la primera modificación a este método. Las plantas de la familia de las legumbres son buenas candidatas para crecer en este intermedio rico en carbón sin descomponer, estas plantas se asocian con bacterias que pueden transformar el nitrógeno en el aire en una forma que puede ser utilizada por las plantas.

---

<sup>209</sup> Vea la página 85. Es posible que legumbres como la alfalfa, el chícharo, los frijoles, el trébol y la algarroba puedan crecer en lugares en donde el nitrógeno del suelo esté menos disponible ya que tienen acceso al nitrógeno que las bacterias que están asociadas con sus raíces tomaron del aire, como se describe en el siguiente párrafo en el texto.

<sup>210</sup> Helmut Kohnke, *Soil Science Simplified*, tercera edición (Prospect Heights, IL: Waveland Press, 1966), p.20.

Esto permite que las legumbres dependan menos de la disponibilidad de nitrógeno en el suelo para su crecimiento y salud. La desventaja de las legumbres es que en general contienen poco carbón (probablemente la única excepción es la alfalfa). Un arreglo viable podría ser cultivar una legumbre durante la primera temporada y cultivos carbonosos durante las siguientes temporadas. Nuevamente descubrimos otra oportunidad para aprender más acerca del reciclaje de desechos humanos y de mantener la fertilidad del suelo de manera más eficiente.

Mientras que con el método original y las dos modificaciones se puede lograr la Meta #1, actualmente, es difícil determinar cuál conservará el nitrógeno, carbón y otros nutrientes en el estiércol y producirá más humus. Una vez más, es necesario investigar y experimentar más para entender mejor los beneficios y deficiencias de cada método.

*“Cuando alguien está dispuesto y ansioso, los dioses se unen”.*

*- Esquilo*

## Capítulo 5

### **Dos ejemplos de sistemas para cultivar todos nuestros alimentos y reciclar todos nuestros desechos”**

#### *Ejemplo #1*

#### *La orina y el estiércol se compostan (por separado)*

En este ejemplo se necesitan 24 camas. Estas camas se usan para cultivar todas las calorías que una persona necesita para todo el año. Durante el invierno, se siembra trigo en las 24 camas, pero 3 de ellas se cosechan antes de que produzcan granos y luego se siembra papa en ellas. A finales de la primavera y del verano, se cosechan el trigo y las papas; se siembran 10 camas con maíz, 5 con mijo y 8 con quinoa. Además, habrá una cama de vegetales diversos para que haya más vitaminas, minerales y una variedad en la alimentación.<sup>211</sup> La cantidad total de paja producida por el mijo, la quinoa y el trigo es más que suficiente para compostar toda la orina y el estiércol producido por una persona cada año, como se puede ver en la Tabla 4 de la página 126.

#### Suposiciones

- 1) Los cultivos se pueden sembrar anualmente durante una temporada de cultivo de 4 meses en el verano y una temporada de cultivo de 8 meses en el invierno.
- 2) Se obtienen rendimientos Biointensivos intermedios.<sup>212</sup>
- 3) La producción de paja del mijo es más o menos igual a la del trigo. La producción de paja de la quinoa es alrededor de 3/4 comparada con la del trigo.
- 4) La composición de la paja de la quinoa, en términos de carbón y nitrógeno, es equivalente a la del trigo. (La composición de la mayoría de la paja que viene de los cultivos de granos es similar).
- 5) La composta generada a partir del estiércol y de la orina se agrega a las 24 camas del huerto después de haber madurado lo suficiente.

#### Requisitos del sistema

- 1) Toda la orina y el estiércol producido durante el año se procesa para lograr las cuatro metas del reciclaje de los desechos humanos.
- 2) Se deben producir alrededor de 427 kg de paja para compostar la producción anual de orina y estiércol de una persona al año usando los métodos esbozados en este libro. (La cantidad exacta de paja necesaria para crear una pila de composta enriquecida con orina o estiércol humanos dependerá del cultivo y el porcentaje de carbón y nitrógeno en su paja).
- 3) Se deben producir por lo menos 876,000 calorías para alimentar a una persona durante todo el año.

---

<sup>211</sup> “Con las técnicas CB se pueden producir sin dificultad todos los alimentos para una persona, así como comida *para el suelo* en tan solo 372 m<sup>2</sup>”. La persona promedio en los Estados Unidos consume alrededor de 146 kg de verduras y fruta suave al año y con este método se producen 136”. John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, una publicación de Ecology Action 2021 p. 13.

<sup>212</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, una publicación de Ecology Action 2021, pp. 142-155, Columna O, segunda cifra.

Tabla 4

**Alimentos producidos para el suelo y para una persona en el ejemplo #1**

Temporada	Cultivo	No. de Camas	Kg de Paja Producidos (Peso de la Cosecha)	Kg de Carbono <sup>213</sup> Producidos	Kg de Nitrógeno <sup>214</sup> Producidos	Calorías Producidas	Calorías Producidas/ Metros Cuadrados <sup>215</sup>
Invierno	Trigo rojo duro Primavera	21	285	134.5	1.6	314,370	150
	Papa Irlandesa*	3	0	0	0	167,400	558
	Total	24					
	Harina de Maíz	10	242	115	2	268,430	268
Verano	Mijo, Proso	5	68	32.1	371 g	44,490	89
	Quinoa	8	81	38.4	467 g	102,400	128
	Vegetales Mixtos	1	0	0	0	10,000	100
	TOTAL	24	678			907,090	

\* Evite sembrar cultivos de raíz en suelos con desechos humanos, a menos que los desechos hayan sido compostados a conciencia como en este ejemplo.

Análisis

*Producción de paja y calorías*

Veinticuatro camas utilizadas como se describe más arriba podrían proveer toda la paja (435 kg sin incluir los tallos del maíz) que se necesita para reciclar la orina y el estiércol de una persona y todas las calorías que una persona necesita durante todo el año.

Los tallos de maíz no son material carbonoso óptimo para compostar desechos humanos; son demasiado gruesos como para absorber inmediatamente la orina y necesitan mucho tiempo para descomponerse. Al ser un tanto resistentes a la descomposición, su carbón podría no estar fácilmente disponible para que los microorganismos lo usen y lo atrapen. Los tallos de maíz son ideales en el fondo de la pila de composta que no contiene desechos humanos porque aumentan la oxigenación y la canalización. También pueden ser compostados por separado como se hará en este ejemplo, pero romperlos con un mazo o algún otro objeto pesado fomenta una descomposición más eficiente.

<sup>213</sup> Kg de carbono = Kg de cultivo (100% peso seco) x % de Carbono / 100. Vea la Tabla 9 para ver los datos de los cultivos individuales.

<sup>214</sup> Kg de nitrógeno = Kg de cultivo (100% peso seco) x % de Nitrógeno / 100. Vea la Tabla 9 para ver los datos de los cultivos individuales.

<sup>215</sup> Entre más alto el número, mayor la eficiencia del área – se pueden cultivar más calorías en un área determinada. Vea David Duhon, *One Circle* (Willits, CA: Ecology Action, 1985), pp. 21-22.

### *Porcentaje de área en cultivos de composta, alimentos e ingresos*

94.4% para los cultivos de composta, 5.6% para los cultivos de alimentos, 0% para los cultivos para ingresos. (Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #22 para ver una derivación de estas cifras). Esto difiere de la pauta para la sustentabilidad de 70% para los cultivos de composta, 20% para los cultivos de alimentos y 10% para los cultivos de ingresos porque la meta al crear el ejemplo fue minimizar el número de camas necesarias. Se podrían agregar más camas con el propósito de incluir algunas camas para ingresos (10% o menos).

### *Producción de composta curada*

Este sistema produce suficiente composta curada que sea 50% suelo por volumen para lograr la *Meta #2* para **15.9 a 44.7 camas o todas las camas en el sistema** dependiendo del rango de aplicación de la composta curada (vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #21).

### *Logro de las metas #1, #3 y #4 del reciclaje de desechos humanos*

Si los requisitos de temperatura y duración se logran, o la composta curada está lo suficientemente madura, la *Meta #1, purificación del estiércol*, se logrará. Al aplicar la composta curada generada a todas las camas en las que se cultivan alimentos se logra la *Meta #3, regreso de los nutrientes*. Ya que el rango de aplicación de la composta curada es menor a 2.44 m<sup>3</sup> por 10 m<sup>2</sup>, la *Meta #4, aplicación apropiada del nitrógeno*, también se logra.

### *Ejemplo #2*

*La orina es compostada. El estiércol se recicla a través del uso de granos y plantas perennes.*

En este ejemplo se necesitan 35 camas. 18 de estas camas se usan para reciclar el estiércol generado por una persona cada año, como se describe en la sección “Granos y Plantas Perennes”, de las cuales 12 se usan para cultivar alfalfa (la planta perenne que se eligió para este ejemplo) después de que las camas se llenaron con estiércol y 6 se usan para cultivar trigo en el invierno y quinoa en el verano para para producir tanto paja para composta como alimentos para las personas. La orina se compostada. Las 17 camas que no reciben estiércol humano se usan para cultivar alimentos y material para composta. Por lo tanto, en total se usan 23 camas para cultivar alimentos y material para composta y 12 camas se usan para cultivar alfalfa solo para material para composta. Y esto nos da un total de 35 camas.

Como se muestra en la Tabla 5 en la página 129, en el invierno, las 23 camas en las que se cultivan alimentos se siembra trigo, 6 de las cuales son camas cavadas que han recibido estiércol humano almacenado y se muestran en negritas en la Tabla 5. 3.2 de las 17 camas que no han recibido estiércol humano se cosechan antes de que produzcan granos y luego se siembra papa en ellas. En la primavera y en el verano se cosechan el trigo y las papas; se siembran 10 camas con maíz, 5 con mijo, 6 con quinoa (en las secciones enriquecidas con estiércol que se muestran en negritas en la Tabla 5), 1 con frijoles secos y una con vegetales mixtos. La cantidad total de paja producida por el mijo, la quinoa y el trigo es más que suficiente para compostar toda la orina producida por una persona por una persona cada año, como se puede ver en la Tabla 5.

### Suposiciones

- 1) Los cultivos se pueden sembrar durante una temporada de cultivo de 4 meses y una temporada de cultivo de 8 meses.
- 2) Se obtienen rendimientos Biointensivos intermedios.<sup>216</sup>

- 3) La producción de paja del mijo es más o menos igual a la del trigo. La producción de paja de la quinoa es alrededor de 3/4 comparada con la del trigo.
- 4) La composición de la paja de la quinoa, en términos de carbón y nitrógeno, es equivalente a la del trigo. (La composición de la mayoría de la paja que viene de los cultivos de granos es similar).
- 5) Los gusanos *Ascaris* son comunes en la comunidad. Por lo tanto, se necesitarán 18 camas para reciclar el estiércol que genera una persona cada año.

#### Requisitos del Sistema

- 1) Toda la orina y el estiércol producido durante el año se procesa para lograr las cuatro metas del reciclaje de los desechos humanos.
- 2) Se debe producir suficiente paja (alrededor de 332 kg si es paja de trigo; esto variará un poco si es paja de otro cultivo) para compostar la orina que una persona produce anualmente e incrementar la relación inicial carbón- nitrógeno a aproximadamente 30 a 1. No se requiere paja para procesar el estiércol con el método que usa granos y plantas perennes que se describe en las páginas 94-122. (Este no sería el caso si el estiércol fuera compostado o procesado usando una de las dos modificaciones al método que usa granos y plantas perennes como se describe en las páginas 122-123).
- 3) Se deben producir por lo menos 876,000 calorías para alimentar a una persona durante todo un año.

---

<sup>216</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, una publicación de Ecology Action 2021, pp. 142-155, Columna O, segunda cifra.



Tabla 5

Alimentos producidos para el suelo y para una persona en el ejemplo #2

Temporada	Cultivo	No. de Camas	Kg de Paja Producidos (Peso de la Cosecha)	Kg de Carbón Producidos <sup>217</sup>	Kg de Nitrógeno Producidos <sup>218</sup>	Calorías Producidas	Calorías Producidas / Metros Cuadrados <sup>219</sup>
Invierno	<i>Trigo rojo duro Primavera</i>	6	81	38.4	467 g	89,820	150
	Trigo rojo duro Primavera	13.8	187	88.4	1.075	206,586	150
	Papa Irlandesa*	3.2	0	0	0	178,560	558
	Subtotal	23					
Verano	Harina de Maíz	10	242	115	2.068	268,430	268
	Mijo, Proso	5	68	32.1	371 g	44,490	89
	Quinoa	6 <sup>220</sup>	52	24.7	303 g	66,136	128
	Frijoles	1	0	0	0	15,830	158
	Vegetales Mixtos	1	0	0	0	10,000	100
	Subtotal	23					
Todo el Año	Alfalfa	12		178.2	9.3		
	<b>TOTAL</b>	35	632	477	13.6	879,852	

\*Las papas se cultivan en suelo al cual no se han agregado desechos humanos sin procesar.

Nota: Los cultivos en itálicas se siembran en las 6 camas que actualmente están recibiendo estiércol humano como se describe en la sección “Granos y Plantas Perennes” en el Capítulo 4. Si los cultivos son cosechados de modo que la porción comestible no entre en contacto con el suelo que contiene estiércol humano, los granos pueden ser consumidos.

<sup>217</sup> Kg de carbón = Kg de cultivo (100% peso seco) x % de carbón / 100. Consulte la Tabla 9 para ver los datos de los cultivos individualmente.

<sup>218</sup> Kg de nitrógeno = Kg de cultivo (100% peso seco) x % de nitrógeno / 100. Consulte la Tabla 9 para ver los datos de los cultivos individualmente.

<sup>219</sup> Entre mayor es el número, mayor es la eficiencia del área – se pueden cultivar más calorías en un área determinada. Vea David Duhon, One Circle (Willits, CA: Ecology Action, 1985), pp. 21-22.

<sup>220</sup> Como se describe en la sección “Granos y Plantas Perennes” no se siembra en todas las camas que reciben estiércol humano en la primavera del primer año. En el segundo y tercer año se siembra en las 6 camas. Por lo tanto, los datos anteriores (con excepción de las “calorías producidas por metro cuadrado”) reflejan el rendimiento promedio anual de la quinoa sembrada en las 6 camas enriquecidas con estiércol humano durante este periodo de tres años.

Si prefiere no consumir los granos de estas 6 camas y en su lugar compostarlos, necesitará sembrar cultivos adicionales para tener suficientes calorías para usted para todo el año. Quizá necesitará 41 camas en lugar de 35.

Una persona hábil puede hacerse cargo de 40 camas de 10 m<sup>2</sup> en las que se cultiven granos en mucho menos de 40 horas a la semana *en promedio*.<sup>221</sup>

## Análisis

### *Producción de paja y calorías*

Si se usan 35 camas como se describió anteriormente se podría reciclar el estiércol de una persona y proveer toda la paja 390 kg sin incluir los tallos de maíz por las razones descritas en el Ejemplo # 1) necesaria para reciclar la orina de esa misma persona. Se pueden producir todas las calorías que esa persona necesita para todo el año en este ejemplo.

### *Porcentaje de cultivos para composta, alimentos e ingresos*

95% de cultivos para composta, 5% de cultivos para alimentos, 0% de cultivos para ingresos. Esto difiere de la pauta para la sustentabilidad de 70% para los cultivos de composta, 20% para los cultivos de alimentos y 10% para los cultivos de ingresos porque la meta al crear el Ejemplo #2, al igual que el Ejemplo #1, fue minimizar el número de camas necesarias. Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #24 para ver la derivación de estas cifras. Se podrían agregar más camas con el propósito de incluir algunas camas para ingresos (10% o menos).

### *Producción de composta curada*

Este sistema produce suficiente composta curada para lograr la *Meta #2* para **24.8 a 64.2 camas** o las 29 camas en el sistema que recibirán composta curada anualmente (6 camas recibirán solo desechos humanos como se describe en la sección “Granos y Plantas Perennes). Vea el Apéndice B: Cálculos Detallados #23.

### *Logro de las metas #1, #3 y #4 del reciclaje de desechos humanos*

La *Meta #1, purificación de los desechos*, se logra siempre y cuando la orina y el estiércol sean procesados y agregados a las camas como se describe en las secciones “Cómo Compostar la Orina Humana” y “Granos y Plantas Perennes” respectivamente. La *Meta #3, regreso de los nutrientes*, se logra cuando se aplica la composta curada a las camas en las que se están cultivando alimentos. Por último, la *Meta #4, aplicación apropiada del nitrógeno*, se logra cuando se agrega únicamente el estiércol generado por una persona durante un mes a cada sección y no se agrega nitrógeno adicional en forma de composta curada.

## Ejemplos #1 y #2 comparados

El Ejemplo #1 requiere menos camas en comparación con el Ejemplo #2.

El Ejemplo #1 podría requerir menos trabajo que el Ejemplo #2 ya que es necesario cavar 18 camas a una profundidad de 30 cm(1 pie) durante un periodo de 3 años cuando se usa el Ejemplo #2 y no se cavan camas cuando se usa el Ejemplo #1. Además, ya que se necesitan menos camas en el Ejemplo #1 en comparación con el Ejemplo #2, hay menos camas que preparar (doble excavar), sembrar, regar, desyerbar y cosechar. Aun así, la construcción, volteado y almacenamiento de composta que se necesita hacer cada año en el Ejemplo #1 puede también ser buen ejercicio.

---

<sup>221</sup> Con base en la investigación y experiencia de Ecology Action y otros mini-agricultores Biointensivistas.

Con el Ejemplo #2 hay una mayor posibilidad de lograr la Meta #1 que con el Ejemplo #1. Matar los patógenos que se encuentran en el estiércol humano con el método de los granos y las plantas perennes requiere muchas menos habilidades, atención y experiencia que la que se requiere cuando se usa composta.

Ambos ejemplos generan suficiente composta curada y humus para reponer el abastecimiento que se perdió en cada cama y para lograr la Meta #2. Nota: Cambiar los cultivos que se siembran en cualquiera de los dos ejemplos cambiará la cantidad que se produce de composta curada y de calorías.

Ambos ejemplos logran las Metas #3 y #4 cuando se agrega la composta curada al suelo en una proporción anual no mayor a 8 pies cúbicos de composta curada que es 50% suelo por volumen (o el equivalente a composta curada sin suelo para las camas con plantas perennes en términos de humus y nitrógeno).

## Capítulo 6

### **Nuestro reto y nuestra oportunidad**

Los métodos para reciclar orina y estiércol humanos que han sido descritos no solo son probablemente *ilegales* en este momento en su área sino también son quizá inapropiados para su situación de vida. El reto entonces es suyo: desarrollar un método apropiado para regresar sus desechos ricos en nutrientes al suelo que logrará las cuatro metas del reciclaje de desechos humanos.

Antes de que empiece a experimentar con un método para reciclar su orina y su estiércol, analice el método que planea usar con las autoridades locales de salud. Prepárese rigurosamente con antelación de modo que esté familiarizado con los códigos actuales de salud y pueda describir cómo es que su método cumple con los requisitos de dicho código y vence los peligros y dificultades del reciclaje de desechos humanos. Al hablar acerca del método que usted propone con el representante local de salud, usted puede recibir buenas sugerencias y apoyo. A través de estas pláticas quizá usted se dé cuenta de las debilidades de su método que haya que corregir. Debido a que el reciclaje de desechos humanos es normalmente ilegal y puede ser peligroso, en general necesitará obtener un permiso del departamento de salud para poder empezar a experimentar con su método. Debido a los riesgos involucrados para la salud pública quizá sea difícil obtener dicho permiso. Si este es el caso, quizá quiera hablar con sus vecinos y amigos de la comunidad acerca de su idea, mencionar por qué cree que es importante y los detalles acerca del método que propone utilizar. Quizá ellos tengan algunas ideas para mejorar su método y una vez que vean que no hay fallas en su propuesta, algunos de ellos quizá estén incluso dispuestos a apoyar su esfuerzo, lo cual puede ayudarlo a obtener la aprobación del departamento de salud. El apoyo de la comunidad fue esencial para el establecimiento del sistema de humedales de Arcata. Con el tiempo descubrirá lo que necesita hacer para convertir su visión en una realidad.

A través del esfuerzo de todos, se puede encontrar una manera apropiada para que cada uno de nosotros pueda regresar los nutrientes que se encuentran en nuestra orina y estiércol al suelo. Todos podemos ser parte de este proceso de aprendizaje con solo decidir hacerlo, hay que entender los peligros y trabajar en la creación de maneras para superar dichos peligros y *transformar nuestros desechos en riqueza*. Al empezar a mejorar y mantener la fertilidad del suelo con desechos humanos, nuestro conocimiento y entendimiento del proceso aumentará. Ecology Action está interesado en saber acerca de sus ideas clave y experiencias para que juntos podamos descubrir y compartir con otros los intermedios más seguros y eficientes para reciclar los nutrientes que se encuentran en los desechos humanos. Luego podremos dejar a nuestros hijos no solo suelos más saludables sino también el conocimiento que hemos obtenido acerca de cómo mantener la salud del suelo, así como nuestra propia salud y la del planeta de manera sustentable y además divirtiéndonos en el proceso.

*“Pooh’, dijo Piglet sintiéndose bastante feliz otra vez, ‘lo haré’. Y luego preguntó, ‘¿Cómo debemos hacerlo?’ y Pooh dijo, ‘Ese es el punto. ¿Cómo?’ Y luego se sentaron juntos para pensarlo.*

*“La primera idea de Pooh fue que debían cavar un hoyo muy profundo...”*

*- A. A. Milne, Winnie-the-Pooh*

## Bibliografía Selecta

### *Referencias útiles para hacer más investigación y entender mejor el reciclaje de desechos humanos y al suelo*

1. Viet Chy, *Human Faeces, Urine and Their Utilization*. Environmental Sanitation Information Center, Asian Institute of Technology, P.O. Box 2754, Bangkok, Thailand, 1978.

2. R. G. Feachem, et al. *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review*. Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981.

3. Dr. Robert Parnes. *Fertile Soil*. Davis, CA: AgAccess, 1990. Excelente para entender al suelo y el valor que los diferentes métodos para procesar el estiércol animal tienen al momento de mejorar la fertilidad del suelo.

4. Paul D. Sachs. *Edaphos*. Newbury, VT: The Edaphic Press, 1993. Excelente para entender el ecosistema del suelo.

5. H. I. Shuval, et al. *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 10: Night-Soil Composting*. Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981.

6. C. H. Stoner, ed., *Goodbye to the Flush Toilet*. Emmaus, PA: Rodale Press, 1977. (Agotado)

7. Sim Van der Ryn, *The Toilet Papers*. Santa Barbara, CA: Capra Press, 1978. Distribuido por Chelsea Green Publishing Co., Old Country Road South, RR 1, Box 95, Frankestown, NH 03043.

## NOTAS

## NOTAS

# Apéndice A

## Tabla 6

### Conversiones al sistema métrico inglés y formulas

#### Largo

1 pie = 12 pulgadas

1 pulgada = 2.54 centímetros

#### Área

1 acre = 4046 metros cuadrados (43,650 pies cuadrados)

1 acre = 0.4 hectáreas

#### Volumen

1 galón = 4 cuartos

1 cuarto = 2 pintas

1 cuarto = 0.95 litros

5 galones = aprox. 0.67 pies cúbicos

1 yarda cúbica = 27 pies cúbicos

8 pies cúbicos de composta curada extendida sobre  $10 \text{ m}^2 = 1$  capa de 2.54 cm de profundidad

1 pulgada de lluvia = 0.62 galones de agua por metro cuadrado

1, 3 Paca de paja = 45 cm por 60.9 cm por 1.2 metros<sup>222</sup> = 12 ft<sup>3</sup>

1.6 kg de material carbonoso = aproximadamente un pie cúbico en una pila de composta<sup>223</sup>

3.8 kg de material nitrogenado = aproximadamente 1 ft<sup>3</sup> en una pila de composta<sup>223</sup>

La vegetación *seca* en una pila de composta *construida* se encoge debido a un factor de aproximadamente 6.57 después de que ha sido curada por completo.<sup>224</sup>

La vegetación *verde recién cosechada* o las sobras de la cocina en una pila de composta *construida* se encoge debido a un factor de aproximadamente 8.5 después de que ha sido curada por completo.<sup>224</sup>

#### Peso

1 galón de agua = aproximadamente 3.6 kg (8 libras)

1 tonelada = 907 kg (2000 libras)

1 libra = 0.454 kilogramos



## Densidad

1, 3-Paca de paja = 31.7 a 43 kg (70 a 95 libras)<sup>225</sup> (promedio = 38 kg)

1 pie cúbico de paja en paca = 2.7 a 4.5 kg (6 a 10 libras)<sup>227</sup>

1 pie cúbico de paja suelta = 1.5 a 2 kg (3.5 a 4.5 libras)<sup>227</sup>

1 cuarto de orina = 997 g (2.2 libras)<sup>228</sup>

1 galón de estiércol humano fresco = 4.9 kg (11 libras)<sup>229</sup>

## Temperatura

$5/9 \times (°F - 32) = °C$

## Variados

1 miligramo / litro (mg / l) = 64 x miliequivalente / litro (meq / l)<sup>230</sup>

1 mg / l = 1 parte por millón (ppm)

1mg / l = 640 x conductividad eléctrica (CE) en millimhos / centímetro (mmho/ cm)<sup>231</sup>

% Carbón (C) = (100 -% de materia mineral) / 1.8

Carbón en el material *seco* cosechado =

(Peso de la cosecha) x (% de materia seca [seca] / 100) x (% C / 100)

Carbón en el material *verde* cosechado =

(Peso de la cosecha) x (% de materia seca [verde] / 100) x (% C / 100)

---

<sup>222</sup> Richard Freudenberger, "A Straw-Bale Revolution", *BackHome*, Otoño 1993, p. 30.

<sup>223</sup> Con base en datos experimentales de pilas de composta construidas en la Mini-Granja Common Ground de Ecology Action en Willits, CA.

<sup>224</sup> John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #10: Grow Your Own Compost Materials at Home* (Willits, CA: Ecology Action, 1981), p. 7.

<sup>225</sup> Richard Freudenberger, "A Straw-Bale Revolution", *BackHome*, Otoño 1993, p. 30.

<sup>227</sup> Universidad de Wisconsin, Boletín Especial #4.

<sup>227</sup> Universidad de Wisconsin, Boletín Especial #4.

<sup>228</sup> L. John Fry, *Methane Digesters for Fuel, Gas and Fertilizers* (Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973), p. 14.

<sup>229</sup> Sim Van der Ryn, *The Toilet Papers* (Santa Barbara, CA: Capra Press, 1978), p. 68.

<sup>230</sup> Una buena explicación de miliequivalente como unidad de medida puede encontrarse en Paul D. Sachs, *Edaphos* (Newbury, VT: The Edaphic Press, 1993), pp. 154-155.

<sup>231</sup> El mho (igual a 1000 micromhos) es la unidad práctica de conductancia igual al ohm recíproco (mho es ohm deletreado al revés) (*Webster's New Collegiate Dictionary* [Springfield, MA: G. & C. Merriam Company, 1974]). Mmhos / cm es sencillamente una medida de conductividad eléctrica de una solución.

Nitrógeno en el material *seco* cosechado =

$$(\text{Peso de la cosecha}) \times (\% \text{ de materia seca [seca]} / 100) \times (\% \text{ C} / 100)$$

Nitrógeno en el material *verde* cosechado =  $(\text{Peso de la cosecha}) \times (\% \text{ N} / 100)$

% de humedad en el estiércol humano<sup>232</sup> = 70 – 85%

% de humedad en la orina humana<sup>233</sup> = 93 – 96%

### Fórmula para convertir el peso seco del material para composta a un volumen aproximado de composta curada producida

- 1) Volumen *inicial* (en pies cúbicos) de material *carbonoso* para composta =  $\text{Peso seco del material carbonoso (kg)} / 1.6 \text{ kg / pies cúbicos}$
- 2) Volumen *inicial* (en pies cúbicos) de material *nitrogenado* para composta =  $\text{Peso seco del material nitrogenado (kg)} / 3.8 \text{ kg / pies cúbicos}$
- 3) Volumen *total* (en pies cúbicos) de composta **construida sin suelo** = Volumen del material carbonoso *construido sin suelo* (1) + volumen de material nitrogenado *construido sin suelo* (2)
- 4) Volumen (en pies cúbicos) de material *carbonoso curado sin suelo* =  $\text{Volumen inicial de material carbonoso (1)} / 6.57$
- 5) Volumen (en pies cúbicos) de material *nitrogenado curado sin suelo* =  $\text{Volumen inicial de material nitrogenado (2)} / 8.5$
- 6) Volumen *total* (en pies cúbicos) de composta **curada sin suelo** =  $\text{Volumen de material carbonoso curado sin suelo (4)} + \text{Volumen de material nitrogenado curado sin suelo (5)}$
- 7) Volumen *total* (en pies cúbicos) de *composta curada que es 50% suelo por volumen* =  $\text{Volumen total de composta curada sin suelo (6)} / (1 - 0.50)$

---

<sup>232</sup> R. G. Feachem, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Vol. 3: Health Aspects of Excreta and Sullage Management – A State of the Art Review*, (Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981), p. 10. La cifra de Feachem es una adaptación de la cifra de Gotaas de 66-80% y está basada en pruebas más recientes y extensas de estiércol de personas de todo el mundo que viven en diversas situaciones.

<sup>233</sup> Harold B. Gotaas, *Composting: Sanitary Disposal & Reclamation of Organic Wastes, World Health Organization Monograph Series No. 31* (Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud, 1956), p. 35.

Fórmula para calcular el peso del carbón curado y del nitrógeno en la composta curada generado a partir del peso del material seco cuyo contenido de carbón es conocido

Peso del carbón curado en la composta curada = peso del carbón inicial x 0.50<sup>234</sup>

Peso del nitrógeno curado en la composta curada = peso del carbón curado / 15<sup>235</sup>

Tabla 7

**Tiempo mínimo requerido para purificar el estiércol humano en diversos ambientes y bajo diversas condiciones**

<u>Intermedio Ambiente</u>	<u>Condiciones</u>	<u>Tiempo</u>
Bajo el agua	Anquilostoma presente	1.5 años
	Anquilostoma no presente	1 año
Pila de composta	La temperatura del centro de la pila es de 60 70° C (140° a 158°F) durante 3 días consecutivos antes después de voltear la pila.	1 año
	La condición anterior no se cumplió, <i>Ascaris</i> presente	7 años
	La condición anterior no se cumplió, <i>Ascaris</i> no presente	2 años
Inodoro orgánico	<i>Ascaris</i> presente	7 años
	<i>Ascaris</i> no presente	2 años
Horno solar		1 día soleado
Enterrado en el suelo	<i>Ascaris</i> presente	7 años
	<i>Ascaris</i> no presente	3.5 años

<sup>234</sup> Vea John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #10: Grow Your Own Compost Materials At Home* (Willits, CA: Ecology Action, 1981), p. 7.

<sup>235</sup> Se informa que la relación carbono-nitrógeno de la fracción orgánica de la composta curada está entre 10 y 20 a 1.

10 a 1: Helmut Kohnke, *Soil Science Simplified*, tercera edición (Prospect Heights, IL: Waveland Press, Inc., 1966), p.39.

15 a 20 a 1: Paul D. Sachs, *Edaphos*, (Newbury, VT: The Edaphic Press, 1993), p. 113.

17 a 20 a 1: Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 53.

Después de que la composta con una relación carbono-nitrógeno de 30 a 1 ha madurado, ha perdido aproximadamente la mitad del carbón (por peso) que contenía inicialmente (John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #10: Grow Your Own Compost Materials At Home* [Willits, CA: Ecology Action, 1981], p. 7). Si no se pierde nada de nitrógeno, entonces la composta madura tendrá una relación carbono-nitrógeno de 15 a 1. Por lo tanto, se calcula que la composta curada tiene una relación carbono-nitrógeno de 15 a 1 a lo largo de esta publicación. En publicaciones anteriores de Ecology Action se ha calculado que la relación carbono-nitrógeno de la composta curada es de 10 a 1, con base en datos anteriores.

Tabla 8

**Contenido de nitrógeno (N) y relación carbono-nitrógeno (C/N) de algunos materiales compostables con base en su peso seco<sup>236</sup>**

	<u>%N</u>	<u>C/N</u>
Estiércol Humano	5-7	5-10
Orina Humana	15-19	0.6-1.1
Estiércol de Vaca	1.7	18
Aserrín Podrido	0.25	208
Aserrín Crudo	0.11	511

Tabla 9

**Contenido aproximado de nitrógeno (N), carbón (C) y materia seca de los materiales compostables<sup>237</sup>**

<u>Cultivos Cosechados</u> <u>Secos</u>	<u>%C</u> <u>(Seco)</u>	<u>%C</u> <u>(Verde)</u>	<u>%N</u> <u>(Seco)</u>	<u>%N</u> <u>(Verde)</u>	<u>% Materia</u> <u>Seca</u> <u>(Seco)</u>	<u>% Materia</u> <u>Seca</u> <u>(Verde)</u>
Paja de Trigo	50.9	-----	0.62	-----	92.5	-----
Paja de Centeno	53.6	-----	0.56	-----	92.8	-----
Tallos de Maíz	52.3	54.8	0.94	0.21	90.6	22.7
Paja de Cebada	52.2	-----	0.59	-----	90.0	22.2
Girasol	52.1	54.6	0.93	0.22	90.6	-----
Paja de Mijo	52.5	-----	0.61	-----	90.0	-----
<u>Cultivos Cosechados</u> <u>Verdes</u>						
Habas, Algarroba	50.8	54.6	1.38	0.56	87.9	17.4
Común	52.1	54.4	2.13	0.61	89.0	20.4
Alfalfa	50.9	54.3	2.45	0.70	90.5	26.3
Trébol Rojo	52.1	54.4	2.00	0.66	90.5	27.5
Consuelda	45.6	54.3	3.53	0.54	90.5	11.0

<sup>236</sup> Todos los datos de esta tabla se tomaron de Harold B. Gotaas, *Composting: Sanitary Disposal & Reclamation of Organic Wastes*, World Health Organization Monograph Series No. 31 (Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud, 1956), p. 44.

<sup>237</sup> Tabla hecha con base en datos de Frank B. Morrison, *Feeds & Feeding*, vigésimo primera edición, (Ithaca, NY: Morrison Publishing Co., 1949), pp. 1086-1109 con excepción de los datos de la consuelda de Robert G. Robinson, *Comfrey – A Controversial Crop* (1983 Minnesota Report, Item No. AD-MR-2210, Agricultural Experiment Station, University of Minnesota).

## NOTAS

## NOTAS

## Apéndice B

### Cálculos detallados

#### Cálculo detallado #1

*Volumen de la composta curada que contiene 227 G de nitrógeno*

**De las páginas 16, 27 y 43**

#### Composta curada enriquecida con orina humana

Aproximación: Cuando se agrega orina a una cubeta de paja y tierra, el volumen del contenido sigue siendo el mismo.

	Peso de la Cosecha	Carbón Inicial	Carbón Curado	Volumen Inicial	Volumen Curado
<u>Material</u>	<u>Kg</u>	<u>Kg</u>	<u>Kg</u>	<u>m<sup>3</sup></u>	<u>m<sup>3</sup></u>
Paja de Trigo	332.5	156.5	78.2	5.75	0.88
Orina	----	2.7	1.4	----	0.022 <sup>238</sup>
TOTAL			79.6		0.9

Cantidad Total de Nitrógeno Curado = Cantidad Total de Carbón Curado / 15

$$= 79.6 / 15$$

$$= 5.3 \text{ kg}$$

Volumen de la composta curada (que es 50% suelo por volumen) que contiene 227g de nitrógeno curado =  $[(0.227 / 5.3) \times 0.97] / (1 - 0.5) = 0.08 \text{ m}^3$

#### Composta curada enriquecida con estiércol humano

	Peso de la Cos	Carbón Inicial	Carbón Curado	Volumen Inicial	Volumen Curado
<u>Material</u>	<u>Kg</u>	<u>Kg</u>	<u>Kg</u>	<u>m<sup>3</sup></u>	<u>m<sup>3</sup></u>
Paja de Trigo	95.3	44.9	22.4	1.65	0.25
Estiércol	90.7 húmedo	9.5	4.8	0.08	0.022 <sup>239</sup>
TOTAL			27.2		0.27

<sup>238</sup> Cálculo basado en el supuesto de que el nivel de humedad de la orina humana es el mismo por peso y por volumen. El nivel original de humedad de 94.5% fue convertido a 20% (nivel típico de la composta curada que es almacenada o que está lista para ser aplicada):  $0.35 \text{ m}^3$  (lo equivalente a  $345.5 \text{ l.} \times (1 - 0.945) / (1 - 0.20) = 0.02 \text{ m}^3$ ).

<sup>239</sup> Cálculo basado en el supuesto de que el nivel de humedad del estiércol humano es el mismo por peso y por volumen. El nivel original de humedad de 77% fue convertido a 20% (nivel típico de la composta curada que es almacenada o que está lista para ser aplicada):  $0.08 \text{ m}^3 \times (1 - 0.77) / (1 - 0.20) = 0.02 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad Total de Nitrógeno Curado} &= \text{Cantidad Total de Carbón Curado} / 15 \\ &= 27.19 / 15 \\ &= 1.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Volumen de la composta curada (que es 50% suelo por volumen) que contiene 227 g de nitrógeno curado =  $[(227 / 1.8) \times 4.4] / (1 - 227) = 0.07\text{m}^3$

### Composta curada que no contiene desechos humanos

Varios análisis similares de diversas pilas de composta que no contienen desechos humanos muestran que la cantidad de composta curada (que es 50% suelo por volumen con una proporción inicial carbón-nitrógeno de 30 a 1) que contiene 227 g de nitrógeno curado es igual a **0.09 m<sup>3</sup>**

*A lo largo de este libro, se asume que todo el nitrógeno que se encuentra originalmente en la orina y en el estiércol es retenido en la composta curada final enriquecida con desechos humanos. De hecho, la pérdida de nitrógeno puede ser de aproximadamente 0% a 100%.<sup>240</sup> La Tabla 10 muestra el volumen de composta curada que necesita aplicarse a la cama de un huerto para así agregar 227 g de nitrógeno curado dependiendo de los ingredientes originales de la composta y del porcentaje original de nitrógeno que es retenido en la composta curada.*

Tabla 10

**Volumen teórico (m<sup>3</sup>) de composta curada (que es 50% suelo por volumen) que contiene 227 g de nitrógeno curado cuando se ha retenido 100%, 85%, 41% y 15% del nivel original de nitrógeno**

	<u>100%</u>	<u>85%</u>	<u>41%</u> <sup>241</sup>	<u>15%</u>
<b>Composta curada enriquecida con orina humana</b>	0.8	0.09	2.01	0.51
<b>Composta curada enriquecida con estiércol humano</b>	0.07	0.08	0.19	0.45
<b>Composta curada sin desechos humanos</b>	0.09	0.11	0.23	0.62

<sup>240</sup> Vea las notas a pie de página #76 y #152

<sup>241</sup> Una pérdida de 41% del nivel original de nitrógeno crea composta curada que contiene 227 g de nitrógeno curado (en general la cantidad máxima que debe aplicarse por cada 10 m<sup>2</sup> de suelo) en 0.22 m<sup>3</sup> de composta curada (el rango de aplicación históricamente exitoso por cada 10 m<sup>2</sup> de suelo).



## Cálculo Detallado #2

### *Porcentajes de una Granja usada para sembrar cultivos para composta, para alimentos y para ingresos*

#### **De la página 18**

Para que una granja sea sustentable, 70% de las “*Camas Mensuales de Cultivo*” deben dedicarse a sembrar cultivos para composta. Las Camas Mensuales de Cultivo (CMC) es un concepto utilizado para guiar la planeación de una mini granja sustentable. El número de camas mensuales de cultivo se determina multiplicando el número de camas de 10 m<sup>2</sup> que un cultivo ocupa por el número de meses que dicho cultivo permanece en la tierra. Un cultivo de plantas perennes en una sola cama cuenta como 12 CMC ya que permanece en la cama durante todo el año. La mayoría de los cultivos para obtener alimentos e ingresos se cultivan solo durante una parte del año, durante la temporada principal de cultivo, y algunos cultivos pueden sembrarse 2 o más veces durante esa temporada. Abajo encontrará una muestra de cálculos de CMC para diversos cultivos:

Alfalfa:	1 cultivo en una cama durante 12 meses	= 12 camas mensuales de cultivo (CMC)
Maíz	1 cultivo en una cama durante 4 meses	= 4 CMC
	1 cultivo en 2 camas durante 4 meses	= 8 CMC
	1 cultivo en media cama durante 4 meses	= 2 CMC
Lechuga	1 cultivo en una cama durante 3 meses seguido de un segundo cultivo en la misma cama durante 3 meses	= 6 CMC

Para calcular los porcentajes de la granja dedicada a la producción de composta, alimentos e ingresos, primero clasifique cada cultivo que planea sembrar o que ya está cultivando ya sea como productor de material carbonoso para composta, como productor de alimentos para los agricultores o como productor de ingresos. A pesar de que algunos cultivos son productores de material para composta y de alimentos y probablemente de ingresos también, es importante incluir cada tipo de cultivo en solo *uno* de los grupos antes mencionados. Si el cultivo produce material carbonoso para la pila de composta y el material carbonoso no se vende, es un “*cultivo de composta*”; también puede producir alimentos, en forma de granos, pero para nuestros propósitos debería considerar un cultivo de composta. Si el cultivo no produce mucho material carbonoso para composta y es consumido por las personas de la granja, el cultivo es un “*cultivo de alimentos*”. Si el cultivo no produce mucho material carbonoso para composta y es vendido, entonces es un “*cultivo para ingresos*”.

A continuación, calcule la CMC para todos los cultivos en cada grupo y agregue las CMC de cada grupo. Luego, divida el total de CMC de cada grupo entre el total de las CMC de la granja y multiplique cada resultado por 100. Las cifras finales representan los porcentajes de CMC dedicadas a la producción de material para composta, de alimentos y de ingreso en la granja, las cuales para que una granja sea sustentable, deben ser aproximadamente 70%, 20% y 10% (o *menos*) para composta, alimentos e ingresos respectivamente. Recuerde: *entre menos cultivos se vendan, más fácil será mantener y mejorar la fertilidad del suelo de su mini granja.*

Ya que a veces puede ser difícil y confuso determinar si algunos cultivos son para composta, de alimentos o para ingreso o no lo son, cuando de hecho pueden caer dentro de dos de estas categorías o de todas, existe una sencilla regla general para asegurar que la granja produzca suficiente material para composta y suficientes alimentos. Y la regla es: 2/3 de todos los cultivos para composta que se cultivan en la granja también deben producir alimentos altos en calorías (como granos) y 2/3 de todos los cultivos para producir alimentos en la granja deben producir material para composta con alto contenido de carbón.

### Cálculo Detallado #3

*Paja necesaria para crear una pila de composta con orina humana, tierra y paja con una relación inicial carbono-nitrógeno de 30 a 1*

#### **De la página 31**

La orina humana seca<sup>242</sup> es 17% nitrógeno y tiene una relación carbono-nitrógeno de 0.8 (vea la Tabla 8 en el Apéndice A).

La cantidad de orina seca producida por persona por año = (1 cuarto / día) x (997 g / cuarto) x 5.5% [cantidad de sólidos por peso en la orina humana] x 365 días / año = 19.9 kg

La cantidad de **nitrógeno** en 19.9 kg de orina seca = 19.9 kg x 77 g = **3.4 kg**

La cantidad de **carbón** en 19.9 kg de orina seca = 3.4 kg x 362 g = **2.7 kg**

Dejaremos que la “S” represente el número total de kg de paja de trigo cosechados que se necesitan para combinar con la orina para crear una relación carbono-nitrógeno de 30 a 1, que es lo que estamos tratando de determinar. (La paja de trigo es 50.9% carbón y 0.62% nitrógeno por peso seco. Vea Tabla 9 en el Apéndice A).

La cantidad de **nitrógeno** en “S” kg de paja de trigo =

**% de humedad de la paja cosechada x % del nitrógeno en la paja de trigo x S =**

**0.925 x 0.0062 x S =**

**0.00574 x S**

La cantidad de **carbón** en “S” kg de paja de trigo = **% de humedad de la paja cosechada x % del carbón en la paja de trigo x S =**

**0.925 x 0.509 x S =**

**0.4708 x S**

**C Total en la Paja y en la Orina / N Total en la Paja y en la Orina = 30**

**[(0.4708 x S) + 6] / [(0.00574 x S) + 7.5] = 30**

**(0.4708 x S) + 6 = 0.172 x S + 225**

**0.2988 x S = 219**

**S = 733**

Por lo tanto, 332.4 kg (peso de la cosecha, 92.5% materia seca) de paja de trigo que se agregan a la orina que una persona produce al año crearán una pila de composta (que también incluye tierra) con una proporción carbón-nitrógeno de alrededor de 30 a 1.

---

<sup>242</sup> El contenido de nitrógeno de cualquier material para composta (incluyendo la orina y el estiércol humanos) que se “cosecha” y se agrega fresco a una pila de composta cambia cuando el material se seca. El nitrógeno se pierde en el aire. Por lo tanto, el cálculo más preciso del contenido de nitrógeno de dicho material se determina analizando una muestra del material mientras aún está “húmedo”. Estos datos están disponibles y han sido utilizados en esta publicación para determinar el contenido de nitrógeno del material para composta que se cosecha verde. Desafortunadamente, no hay información actual disponible acerca de orina y estiércol “húmedos”, solo hay datos de orina y estiércol que han sido secados (deshidratados N.del T.). Dependiendo del porcentaje de nitrógeno que se perdió en el proceso de secado, quizá haya más nitrógeno en los desechos humanos húmedos que el que se indica en esta publicación.

#### Cálculo Detallado #4

*Cantidad de composta **elaborada** generada a partir del método usado para compostar la orina Humana*

#### **De la página 31**

*Volumen de la paja*

1.6 kg de paja, o cualquier otro material completamente seco, ocupan aproximadamente 0.3 m<sup>3</sup> en una recién construida pila de composta.<sup>243</sup>

332.4 kg de paja de trigo x / 1.6 kg) = **62.06 m<sup>3</sup>**

*Volumen del suelo*

1/4 de cubeta 19 l. / día x 365 x (1.83 m<sup>3</sup> / cubeta 19 l.) = 18.62 m<sup>3</sup> de suelo + 10 cubetas de tierra de 19 l. para cubrir las 10 (ver abajo) pilas de composta enriquecidas con orina 2.04 m<sup>3</sup> = **20.67 m<sup>3</sup>**

*Volumen de la paja y del suelo* = 62.06 m<sup>3</sup> + 20.67 m<sup>3</sup> = 82.72 m<sup>3</sup> de composta elaborada o aproximadamente **10 pilas de composta de 91.4 x 91.4 x 91.4 cm(.91X.91X.91).**

*Porcentaje de suelo en las pilas **elaboradas*** = 20.67 m<sup>3</sup> / 82.72 m<sup>3</sup> = 25%<sup>244</sup>

#### Cálculo Detallado #5

*Cantidad de composta **curada** generada a partir de una pila de composta enriquecida con orina*

#### **De la página 32**

*Volumen de la paja una vez que ha sido curada =*

62.06 m<sup>3</sup> de paja seca al principio (vea Cálculos Detallados #4) / 6.57<sup>245</sup> = **9.45 m<sup>3</sup>**

*El volumen del suelo permanece igual a lo largo de todo el proceso de composteo*<sup>246</sup> = **20.67 m<sup>3</sup>**

*Volumen total de la composta curada generada* = 9.45 m<sup>3</sup> + 20.67 m<sup>3</sup> = **30.11 m<sup>3</sup>**

*Porcentaje de suelo en pilas curadas* = 20.67 m<sup>3</sup> / 30.11 m<sup>3</sup> = **68.6%**

Una composta curada que es 68.6% suelo por volumen contiene aproximadamente solo (1 - 0.686) / (1 - 0.50) 0 62.8% de nitrógeno y humus en comparación con un volumen igual de composta curada que es 50% suelo por volumen.

---

<sup>243</sup> Vea la Tabla 6 en el Apéndice A.

<sup>244</sup> Esto es aproximadamente 2 veces más que la cantidad de suelo que hay en la composta madura generada de una pila de composta elaborada de acuerdo con la receta: 4 partes de material carbonoso seco, 5 partes de material verde nitrogenado y 1 parte de suelo por volumen. (La receta es un promedio con base en muchas pilas de composta elaboradas teóricamente que se calculó tenían una relación carbono-nitrógeno inicial de 30 a 1 usando los datos que se encuentran en la Tabla 9 y los factores de conversión que se muestran en la Tabla 6). Por lo tanto, esta receta nos permite construir una pila de composta que no contiene desechos humanos y que tiene una relación inicial carbono-nitrógeno de alrededor de 30 a 1.

<sup>245</sup> Vea el Apéndice A para este factor de conversión.

<sup>246</sup> John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #10: Grow Your Own Compost Materials At Home* (Willits, CA: Ecology Action, 1981), p. 7.

Por lo tanto, con el propósito de aplicar el equivalente, en términos de materia orgánica, humus y minerales, de  $0.82 \text{ m}^3$  (vea Cálculos Detallados #1)  $2.44 \text{ m}^3$  (de composta curada) (que es 50% suelo por volumen) por cada  $10 \text{ m}^2$  ( $2.7 / 0.628$  a  $8 / 0.628$ ) se deben agregar de  $1.31 \text{ m}^3$  a  $3.87 \text{ m}^3$  de composta curada (que sea 68.8% suelo por volumen) por cada  $10 \text{ m}^2$ . Si se agrega a este ritmo,  $30.11 \text{ m}^3$  de composta curada que sea 68:6% suelo por volumen es suficiente para ( $98.8 / 12.7$  a  $98.8 / 4.3$ ) **7.8 a 23.0 camas**.<sup>247</sup>

### **Cálculo Detallado #6**

*Daño aproximado al aumentar la salinidad del suelo, disminuir la permeabilidad del suelo y aumentar el sodio y la presencia de iones de cloruro en el suelo en niveles tóxicos debido a la aplicación de orina compostada al suelo*<sup>248</sup>

#### **De las páginas 38-39**

##### **Suposiciones**

- 1) Toda la orina producida por una persona en un año será compostada.
- 2) Se necesitan 24 camas para cultivar todos los alimentos y calorías para una persona para todo el año. Este número está basado en el Ejemplo #1 (en las páginas 127-129 de este libro) que asume que habrá rendimientos Biointensivos intermedios. La composta curada enriquecida con orina que se genera se aplica equitativamente a las 24 camas.
- 3) Todos los nutrientes que se encontraban originalmente en la orina están en la composta curada enriquecida con orina. Esto probablemente no ocurrirá por completo en el caso de todos los minerales que se encuentran en la orina, pero es difícil determinar esto ya que un análisis de los minerales importantes y secundarios de la orina compostada variará de acuerdo a los diferentes tipos de materiales carbonosos que se usaron para compostar la orina. Sin embargo, si asumimos que todos los nutrientes son retenidos esto permite que el cálculo represente el peor efecto posible que la orina tendrá sobre el suelo ya que se asume que todas sus sales originales se encuentran en la composta curada que se aplica. (Es probable que algunas de las sales que están originalmente en la orina se filtren y salgan de la pila de composta durante el proceso de descomposición).
- 4) Después de que se aplica la composta curada, cada cama recibirá aproximadamente 37.85 l. de agua diarios durante todo el año. En total se agregan,  $91 \times 38 \times 365 = 331,602$  l. de agua a las 24 camas durante el año. Esta es aproximadamente la cantidad que una cama necesita después de que es revitalizada Biointensivamente. Esta cantidad será mayor antes de que el nivel de materia orgánica en el suelo aumente y su estructura haya mejorado. Sin embargo, usar la cantidad mínima potencial de agua necesaria por cama nos permitirá sobreestimar, en lugar de subestimar, el riesgo de aumentar la salinidad a un nivel tóxico a través del uso de composta curada enriquecida con orina.

---

<sup>247</sup> Con esto se asume que todo el nitrógeno en la orina y en la paja es retenido. Se podría perder el 15% del nitrógeno de las pilas de composta que contienen orina de acuerdo con el método descrito en las páginas 31-38 y la nota a pie de página #76, en cuyo caso solamente de 6.6 a 21 camas podrían ser fertilizadas en términos del contenido de nitrógeno y de humus de la composta curada. Más de las 15 camas que podrían ser fertilizadas solo con orina humana (aplicada a un rango equivalente a 227 g de nitrógeno por cada  $10 \text{ m}^2$ ) pueden ser fertilizadas cuando la orina haya sido compostada porque la paja de trigo que se compostó con la orina agrega el nitrógeno adicional necesario para fertilizar las camas extras. Nuevamente, estos cálculos asumen que todo el nitrógeno será retenido.

<sup>248</sup> La toxicidad por boro puede también ser un problema para la salud del suelo. Sin embargo, al momento de escribir este libro no había datos acerca de la cantidad promedio de boro en la orina.

5) El agua de riego disponible es “ideal” en el sentido de que no causará problemas en términos de salinidad del suelo o permeabilidad o con el tiempo toxicidad por sodio o iones de cloruro. Esto no significa que el agua de riego no contendrá sales solubles, solo significa que la cantidad de sales que contiene es óptima para la salud del suelo en el largo plazo.

6) Cuando se riegan las camas que contienen composta curada enriquecida con orina, las sales que se encuentran en dicha composta entran en contacto con el agua de riego y se disuelven en ella. Por lo tanto, el cálculo ajustado de la tasa de Adsorción de Sodio y la conductividad eléctrica de la solución del suelo (que será usado para predecir la probabilidad de que al usar la composta curada enriquecida con orina con el tiempo se comprometerá la salud del suelo) está basado en la concentración de sal de la mezcla del agua de riego y la orina. Ya que una persona produce alrededor de 344 l. de orina cada año, y cada año las sales en la orina se combinan con 331,602 l. de agua, la mezcla será  $344 \text{ l.} / 332,000 \text{ l} = 0.1\%$  de orina (por volumen) y  $331,602 / 332,000 = 99.9\%$  de agua de irrigación por volumen.

### *Composición del agua de riego “ideal”<sup>249</sup>*

Para que el agua no aumente la salinidad del suelo con el tiempo, debe tener una conductividad eléctrica (CE) de menos de 0.75 mmhos / cm.

Para que el agua no disminuya la permeabilidad del suelo con el tiempo, debe tener una conductividad eléctrica (CE) mayor a 0.5 y un Ratio de Adsorción de Sodio ajustado (adj. RAS) menor a 6.

Para que el agua no aumente la cantidad de sodio en el suelo a niveles tóxicos con el tiempo, debe de tener un adj. RAS menor a 3.

Para que el agua no aumente la cantidad de iones de cloruro en el suelo a niveles tóxicos con el tiempo, debe tener una concentración de cloruro menor a 4 miliequivalentes / litro (meq / l).

Si tomamos todas estas pautas en consideración, asumiremos que tenemos agua con una conductividad eléctrica de 0.60 mmhos / cm, una concentración de cloruro de 3.00 meq / l y un adj. RAS de 1.85.

Para lograr un adj. RAS calculado de 2.19 permitiremos que la concentración de sodio, calcio + magnesio y carbonato + bicarbonato en el agua sea como se muestra a continuación:

### Agua de riego ideal

Sodio (Na) = 3.10 meq / l

Calcio + Magnesio (Ca + Mg) = 1.00 meq / l

Carbonato + Bicarbonato ( $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ ) = 0.40 meq / l

**adj. RAS =  $[\text{Na} / \sqrt{((\text{Ca} + \text{Mg}) / 2)}][1 + (8.4 - \text{pH}_e)]$**

$\text{pH}_e = (\text{pK}_2' - \text{pK}_c') + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{Alk})$

El  $(\text{pK}_2' - \text{pK}_c')$  se obtiene con la tabla de abajo, con la suma de Ca + Mg + Na en meq / l.

El  $\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg})$  se obtiene con la tabla de abajo, con la suma de Ca + Mg en meq / l.

El  $\text{p}(\text{Alk})$  se obtiene con la tabla de abajo, con la suma de  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$  en meq / l.

---

<sup>249</sup> Con base en R. S. Ayers y D. W. Westcot, *Water Quality in Agriculture, Irrigation and Drainage Paper #29* (Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1976), p. 7.

<u>Suma de concentraciones (meq / l)<sup>250</sup></u>	<u>(pK<sub>2</sub>' - pK<sub>c</sub>')</u>	<u>p(Ca + Mg)</u>	<u>p (Alk)</u>
<b>0.40</b>	2.0	3.7	<b>3.4</b>
<b>1.00</b>	2.1	<b>3.3</b>	3.0
<b>4.00</b>	<b>2.2</b>	2.7	2.4

$$\begin{aligned}
 \text{pH}_c &= (\text{pK}_2' - \text{pK}_c') + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{Alk}) \\
 &= (2.2 + 3.3 + 3.4) \\
 &= 8.9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{adj. RAS} &= [\text{Na} / \sqrt{((\text{Ca} + \text{Mg}) / 2)}][1 + (8.4 - \text{pH}_c)] \\
 &= [3.10 / \sqrt{(1.00 / 2)}][1 + (8.4 - 8.9)]
 \end{aligned}$$

Composición promedio de la orina humana<sup>251</sup>

<u>Elemento</u>	<u>mg / kg peso corporal / día</u>	<u>mg / un cuarto de una persona promedio (70 kg)*</u>	<u>mg / litro**</u>	<u>meq / litro</u>
Sodio (Na)	60	4,200	4,421	69.1
Calcio (Ca)	5.7	399	420	6.6
Magnesio (Mg)	1.35	94.5	99.5	1.6
Carbonato (CO <sub>3</sub> )	2.7	189	199	3.1
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	2.0	140	147	2.3
Cloruro Cl	100	7,000	7,368	115

\* mg / día = mg / un cuarto ya que cada persona produce en promedio un cuarto de orina / día.

\*\* mg / un cuarto / 0.95 = mg / litro.

Total de sólidos = 394 mg / kg peso corporal / día<sup>252</sup>

$$= 27,580 \text{ mg / un cuarto de una persona de 70 kg}$$

$$= 29,032 \text{ mg / l}$$

$$\text{Conductividad eléctrica (CE) de la orina} = 29,032 / 640 = 45.4 \text{ mmhos / cm}$$

<sup>250</sup> Para ver la tabla completa, vea R. S. Ayers y D. W. Westcot, *Water Quality in Agriculture, Irrigation and Drainage Paper #29* (Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1976), p. 11.

<sup>251</sup> Adaptado de Phillip L. Altman y Dorothy Dittmer, editores, *The Biology Data Book Vol. 3*, 2ª edición (Bethesda, MD: American Societies for Experimental Biology, 1974), p. 1496.

<sup>252</sup> Phillip L. Altman y Dorothy Dittmer, editores, *The Biology Data Book Vol. 3*, 2ª edición (Bethesda, MD: American Societies for Experimental Biology, 1974), p. 1496.

Composición de la mezcla de agua de riego y orina

Elemento (s)	Orina	Agua	Meq/l
Na	(69.1 x 0.001) + (3.10 x 0.999) =		3.17 meq / l
Ca + Mg	(8.2 x 0.001) + (1.00 x 0.999) =		1.01 meq / l
CO <sub>3</sub> + HCO <sub>3</sub>	(5.4 x 0.001) + (0.40 x 0.999) =		0.405 meq / l
Cl	(115 x 0.001) + (3.00 x 0.999) =		3.11 meq / l
EC =	(45.4 x 0.001) + (0.60 x 0.999) =		0.64 mmhos / cm

Resultados

1) *Salinidad*: Ya que la CE de la mezcla es menor a 0.75 mmhos / cm, se predice que la mezcla no aumentará la salinidad del suelo con el tiempo.

2) *Permeabilidad*: El cálculo del adj. RAS de la mezcla se encuentra abajo.

$$\text{adj. RAS} = [\text{Na} / \sqrt{((\text{Ca} + \text{Mg}) / 2)}][1 + (8.4 - \text{pH}_c)]$$

$$\text{pH}_c = (\text{pK}_2' - \text{pK}_c') + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{Alk})$$

El  $(\text{pK}_2' - \text{pK}_c')$  se obtiene con la tabla de abajo, con la suma de Ca + Mg + Na en meq / l.

El  $\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg})$  se obtiene con la tabla de abajo, con la suma de Ca + Mg en meq / l.

El  $\text{p}(\text{Alk})$  se obtiene con la tabla de abajo, con la suma de CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub> en meq / l.

$$\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} = 3.17 + 1.01 = \mathbf{4.18}$$

$$\text{Ca} + \text{Mg} = \mathbf{1.01}$$

$$\text{CO}_3 + \text{HCO}_3 = \mathbf{0.405}$$

Suma de Concentraciones (meq / l) <sup>253</sup>	$(\text{pK}_2' - \text{pK}_c')$	$\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg})$	$\text{p}(\text{Alk})$
0.40	2.0	3.7	3.4
1.00	2.1	3.3	3.0
4.00	2.2	2.7	2.4

$$\begin{aligned} \text{pH}_c &= (\text{pK}_2' - \text{pK}_c') + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{Alk}) \\ &= (2.2 + 3.3 + 3.4) \\ &= \mathbf{8.9} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{adj. RAS} &= [\text{Na} / \sqrt{((\text{Ca} + \text{Mg}) / 2)}][1 + (8.4 - \text{pH}_c)] \\ &= [3.17 / \sqrt{(1.01 / 2)}][1 + (8.4 - 8.9)] = \mathbf{2.23} \end{aligned}$$

Dado que la CE de la mezcla está por encima de 0,5 mmhos / cm y el adj. SAR de la mezcla en menos de 6, no se prevé que la mezcla disminuya la permeabilidad del suelo con el tiempo.

3) *Toxicidad por sodio*: Dado que el adj. el SAR de la mezcla es inferior a 3, no se prevé que la mezcla haga que el suelo acumule iones de sodio a niveles tóxicos con el tiempo.

<sup>253</sup> Para ver la tabla completa, vea R. S. Ayers y D. W. Westcot, *Water Quality in Agriculture, Irrigation and Drainage Paper #29* (Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1976), p. 11.

4) Toxicidad por cloruro: dado que la concentración de iones de cloruro en la mezcla es inferior a 4 meq/l, no se prevé que la mezcla haga que el suelo acumule iones de cloruro a niveles tóxicos con el tiempo.

### Conclusión

Sobre la base de los cálculos anteriores, no se prevé que la orina compostada cause problemas en términos de salinidad del suelo, permeabilidad y toxicidad por cloruro cuando se aplica a 24 camas, cada una de las cuales recibe “idealmente” 37.85 l. de agua de riego por día o 4,883 l. por cama durante la temporada de crecimiento de 4 meses) *de hecho, la calidad del agua de riego tiene un impacto mucho mayor en la salinidad del suelo, la permeabilidad y la concentración de iones a lo largo del tiempo que la aplicación anual de toda la orina que se produce y el compostaje en 24 camas cada año.*

Por lo tanto, si obtiene el permiso de su autoridad de salud y comienza a agregar orina compostada a sus camas, use el modelo anterior para calcular el impacto de la orina compostada en el número de camas a las que se aplicará, dependiendo de la cantidad de agua con que cada cama fue regada. Pueden ocurrir problemas de salinidad, permeabilidad y toxicidad por cloruro cuando la orina compuesta se aplica a menos camas (así como problemas causados por una aplicación excesiva de nitrógeno) y/o cuando se aplica menos agua a cada cama. (Es necesario agregar al menos 0.19 m<sup>2</sup> de agua a un área de cultivo por cada cultivo de 4 meses 1,845 l por 9.6 m<sup>2</sup>) al área de cultivo para que las acumulaciones de sal se lixivien lo suficiente.

### Cálculo detallado #7

*Cantidad de biogás producido a partir de la digestión anaeróbica de la orina y el estiércol producidos por una persona diariamente*

#### De la página 59

	<u>Cantidad producida (húmeda) / c</u>	<u>% Materia Seca</u>	<u>Materia Seca producida / día</u>
Orina humana	997 g.	5.5	54 g.
Estiércol humano	249 g.	23.0	58 g.
Ambos	1.2 kg.	9.0 <sup>254</sup>	113 g.

Las aguas residuales convencionales producen entre 6 y 9 (promedio = 2.29 m<sup>2</sup> de biogás por kilo de materia seca.

Cantidad promedio de biogás a partir de la digestión de la producción de desechos diarios = 7.5 x 0.25 = 0.57 m<sup>3</sup>

Cantidad máxima de biogás a partir de la digestión de la producción de desechos diarios = 9 x 0.25 = 0.69 m<sup>3</sup>

El estadounidense promedio usa el equivalente en energía a 18.29 m<sup>3</sup> de biogás todos los días.<sup>255</sup>

<sup>254</sup> esta es una media ponderada ya que los desechos humanos producidos por día son 80% orina y 20% estiércol por peso.

<sup>255</sup> L. John Fry, *Methane Digesters for Fuel, Gas and Fertilizers* (Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973), p. 23.

0.57 m<sup>2</sup> es aproximadamente el 3.1% de lo que usa el estadounidense promedio.



0.69 m<sup>3</sup> es aproximadamente el 3.8% de lo que usa el estadounidense promedio.

Un dispositivo de iluminación promedio requiere 0.76 m<sup>3</sup>/luz / hora; un quemador de 5 a 106 cm requiere de 2.44 a 4.88 m<sup>3</sup> por hora.<sup>256</sup>

*En el mejor de los casos, 0.60 m<sup>3</sup> proveerían iluminación para un poco menos de una hora o calor para un quemador de entre 5 a 106 cm durante 17 minutos todos los días, sin energía adicional para cualquier otra necesidad.*

### **Cálculo detallado #8**

*¿Con el sistema regenerativo de algas se cumple con la Meta #2?*

#### **De las páginas 62-63**

<u>Alimento</u>	<u>Kg. de Alimento que Necesita una Vaca Lechera Jersey de 2 Años de Edad</u> <sup>257</sup>	<u>% Materia Seca</u> <sup>258</sup>	<u>% Materia Mineral</u> <sup>259</sup>
ensilaje de maíz	9.07	26.0	1.6
heno de alfalfa	3.6	90.5	8.2

#### **Área necesaria para cultivar todos los alimentos que la vaca necesita anualmente de manera Biointensiva**

Ensilaje de maíz (74% humedad) necesario / al año<sup>260</sup> = 9 kg. / al día x 365 días / al año = 3311 kg. / al año.

Heno de alfalfa (9.5 humedad) necesaria / al año = 3.6 kg / al día x 365 días / al año = 1324 kg. /al año

Ensilaje de maíz (0% humedad) necesario / al año = 3311 kg. /al año x 0.260 (% de materia seca)  
= 860 kg. / al año

---

<sup>256</sup> L. John Fry, *Methane Digesters for Fuel, Gas and Fertilizers* (Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973), p. 23.

<sup>257</sup> Clarence H. Eckles, *Dairy Cattle & Milk Production*, tercera edición (New York: The Macmillan Co., 1939), p. 281.

<sup>258</sup> Frank B. Morrison, *Feeds & Feeding*, vigésimo primera edición (New York: The Morrison Publishing Co., 1949), pp. 1086, 1110.

<sup>259</sup> Frank B. Morrison, *Feeds & Feeding*, vigésimo primera edición (New York: The Morrison Publishing Co., 1949), pp. 1086, 1110.

<sup>260</sup> Para producir ensilaje para una vaca, se puede permitir que el maíz cosechado y marchito fermenten en pozos subterráneos – un silo es innecesario y poco práctico para producir ensilaje para una sola vaca.

Se asume que la cifra de la materia seca de maíz, cuando se rehidrata para que tenga el nivel del contenido de humedad del ensilaje, representa la cantidad de ensilaje de maíz que se genera y que el maíz no pierde una cantidad importante de carbón mientras fermenta para producir ensilaje. Esta suposición puede causar un sobreestimado de la cantidad de carbón disponible y de la composta curada generada a partir de los sedimentos de las aguas residuales producidas durante la producción de biogás a partir del estiércol animal. Si, de hecho, hay una pérdida de biomasa de maíz durante el proceso de fermentación involucrado en la producción de ensilaje, se necesitarán más camas con maíz para producir suficiente ensilaje y habrá incluso *menos* composta curada disponible para cada cama que esté produciendo maíz.

Área necesaria al año para cultivar ensilaje de maíz anualmente con rendimientos intermedios Biointensivos =  
 $860 \text{ kg} / (23.4 \text{ kilo} / \text{ cama})^{261} = \mathbf{36.6 \text{ camas}}$

Área necesaria para cultivar alfalfa anualmente con rendimientos intermedios Biointensivos =  
 $1324 \text{ kg} / 36 \text{ kg} / \text{ cama})^{262} = \mathbf{36.5 \text{ camas}}$

Área total requerida para cultivar anualmente alimento para una vaca = 36.6 camas + 36.5 camas  
= 73.1 camas =  $\mathbf{679 \text{ m}^2}$ <sup>263</sup>

### Peso del carbón en el alimento

El peso total del carbón en los cultivos que se sembraron para alimentar a la vaca se determina multiplicando el peso *seco* de los cultivos por el porcentaje de carbón en los cultivos. El porcentaje de carbón en los cultivos se puede derivar a partir del porcentaje de materia mineral en los cultivos con la siguiente fórmula:

**% de Carbón = (100 - % Materia Mineral) / 1.8**

% de materia mineral en el ensilaje de maíz = 1.6%

% de materia mineral en el heno de alfalfa = 8.2%

% de carbón en el ensilaje de maíz =  $[(100 - 1.6) / 1.8] = 54.67\%$

% de carbón en el heno de alfalfa =  $[(100 - 8.2) / 1.8] = 51 \%$

Contenido de carbón en 3311 kg. de ensilaje de maíz =  $3311 \times 0.26 \times 0.5467 = \mathbf{470.8 \text{ kg.}}$

Contenido de carbón en 1324.4 kg. (2,917 lbs.) de heno de alfalfa =  $1324.4 \times 0.905 \times 0.51 = \mathbf{611 \text{ kg.}}$

Cantidad total de contenido de carbón en el ensilaje de maíz y en el heno de alfalfa =  $470.8 \text{ kg} + 611.4 \text{ kg} = \mathbf{1082.2 \text{ kg}}$

---

<sup>261</sup> “El momento correcto para cortar el maíz (para ensilaje) es cuando muestra los primeros signos de maduración. En un año de precipitación normal, esto sucede cuando las mazorcas empiezan a ponerse amarillas al final de la espiga y las hojas todavía están verdes. Los granos deben molerse y se les pone melaza”. El maíz cosechado para hacer ensilaje rinde aproximadamente 4050 kg (peso seco) por acre (aproximadamente 4,000 m<sup>2</sup>) según Clarence H. Eckles, *Dairy Cattle & Milk Production*, 3<sup>a</sup> edición, (New York: The Macmillan Co., 1939), pp. 451-452. 4050 kg por acre es equivalente a 11.73 kg por cada 10 m<sup>2</sup>. (En un acre hay aproximadamente 345 camas de 10 m<sup>2</sup> incluyendo los pasillos). En general, los rendimientos intermedios Biointensivos son dos veces mayores al promedio de los rendimientos tradicionales, de modo que el maíz que se cultiva para hacer ensilaje, de manera Biointensiva y con rendimientos intermedios producirá aproximadamente 23.4 kg de materia seca de maíz por cada 10 m<sup>2</sup>. Esto guarda correlación con los datos de rendimientos intermedios Biointensivos de 21.9 kg de plantas secas de maíz sin las espigas (J. Mogador Griffin, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #15: One Basic Mexican Diet, "Supplement"* [Willits, CA: Ecology Action, 1988]) y 7.7 kg de granos secos de maíz John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, una publicación de Ecology Action 2021, pp. 162-163 para un total de 29.7 kg de biomasa seca de maíz producida por cada 10 m<sup>2</sup>. Esto es mayor al cálculo de 23.4 kg por cada 10 m<sup>2</sup> porque el maíz que se cosecha para hacer ensilaje se cosecha pronto y por lo tanto tendrán menos biomasa en total que el maíz que ha madurado completamente.

*Referencias 262 y 263 al pie de la página siguiente.*

### Peso del biogás producido/año

	<u>Kg estiércol seco / año</u>	<u>%N (seco)</u>	<u>relación carbón-nitrógeno</u>	<u>Kg de carbón</u>
Vaca <sup>264</sup>	1655.6 kg.	1.7	18	506.6 kg

Estiércol seco de vaca producido / día = (1655.6 kg / año) / (365 días / año) = 4.5 kg

(Peso aproximado del estiércol húmedo de vaca producido / día = 22.6 kg)

Biogás producido / kg de estiércol seco de vaca producido = 1.19 m<sup>3</sup>

Cantidad total de biogás producido / día = 1.19 x 4.5 = 5.63 m<sup>3</sup>

Cantidad total de biogás producido / año = 5.63 x 365 = 1,956 m.<sup>3</sup>

El biogás pesa 18.1 g / 0.3 m<sup>3</sup>.

Peso del biogás producido / año = 1,956m<sup>3</sup> x 18.1 g / **pies cúbicos** = 35.4 k

### Peso del carbón en el biogás

El biogás es 60% metano (CH<sub>4</sub>), 30% dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y 0.1% monóxido de carbono por peso. La cantidad total de carbón en el biogás es la cantidad de carbón en el metano más la cantidad de carbón en el dióxido de carbono más la cantidad de carbón en el monóxido de carbono.

Con base en los pesos atómicos de los elementos que conforman las siguientes moléculas:

El metano es 75% carbón por peso.

El dióxido de carbono es 27% carbón por peso.

El monóxido de carbono es 43% carbón por peso.

La cantidad de carbón en el metano producido / año = 258 kg x .60 x .75 = 116.1 kg

La cantidad de carbón en el dióxido de carbono producido / año = 258 kg x .30 x .27 = 20.8 kg

La cantidad de carbón en el monóxido de carbono producido / año = 258 kg x 0.001 x .43 = 90 g

Cantidad total de carbón en el biogás producido / año o la cantidad de carbón que se perdió cuando se quemó el biogás = 116.1 kg + 20.8 kg + 90 g = aproximadamente 137.8 kg

---

<sup>262</sup> El rendimiento intermedio Biointensivo para la alfalfa (peso seco al aire, se supone que es 90.5% materia seca) John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, una publicación de Ecology Action 2021, pp 166-167

<sup>263</sup> Verificando esta cifra, de 674.4 a 1348 m<sup>2</sup>, es el área aproximada necesaria para alimentar a una vaca lechera usando los datos presentados por John Jeavons, et al., *Backyard Homestead Mini-Farm & Garden Log Book* (Berkeley, CA: Ten Speed Press, 1983), p. 6 y John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, una publicación de Ecology Action 2021, pp. 166-167.

<sup>264</sup> Datos para la composición del estiércol de vaca tomados de L. John Fry, *Methane Digester for Fuel, Gas and Fertilizers* (Santa Barbara, CA: L. John Fry, 1973). Solo el carbón sin lignina (carbón que es digerible en el generador de biogás) fue tomado en cuenta para determinar la proporción carbón-nitrógeno del estiércol de vaca.

### Peso del carbón que queda en los sedimentos de aguas residuales por la descomposición anaeróbica del estiércol de vaca

Debido a que inicialmente había 506.6 kg de carbón en el estiércol, la cantidad de carbón que queda en el digestor en forma de sedimentos que podría ser compostada =  $506.6 \text{ kg} - 136.9 \text{ kg} = 369.6 \text{ kg}$

Después de la descomposición anaerobia la composta curada con sedimentos contiene solo 50% del carbón que se encontraba originalmente en el material (vea la nota a pie de página #142).

La cantidad de carbón en la composta curada con sedimentos =  $369.6 \text{ kg} \times 50\% = 185 \text{ kg}$

La cantidad de carbón si la alfalfa y el maíz que fueron usados para hacer ensilaje de maíz fueron compostados en lugar de ser utilizados para alimentar a la vaca y luego fueron convertidos en biogás =  $1082.2 \text{ kg} \times 50\% = 541.1 \text{ kg}$ .

*¡Esto es casi tres veces más que la cantidad de carbón que se queda en los sedimentos compostados!*

### Equivalente de composta curada del carbón restante

Hay aproximadamente 1.1 kg de carbón curado que es 50% suelo por volumen.<sup>265</sup>

Por lo tanto, 185 kg de composta curada es el equivalente a  $(185 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}^3 / 1.1 \text{ kg})$ . **49.68 m<sup>3</sup>** de composta curada que es 50% suelo por volumen.

**Aplicado con un rango de 1.01 m<sup>3</sup> <sup>266</sup> a 2.44 m<sup>3</sup> por cama (9,29 m<sup>2</sup>), 49.68 m<sup>s</sup> de composta curada con sedimentos pueden mantener el nivel de humus de =  $(49.68 \text{ m}^s / 2.44 \text{ m}^3 / \text{cama})$  a  $(49.68 \text{ m}^s / 1.01 \text{ m}^3 / \text{cama}) = 20.4$  a **49.4 camas**.**

Ya que las 73.1 camas necesitan composta curada, [de  $(73.1 \text{ camas} - 49.4 \text{ camas})$  a  $(73.1 \text{ camas} - 20.4 \text{ camas})$ ] de 23.7 a 52.7 camas no recibirán composta curada. Con el tiempo, estos suelos perderán tanto humus como muchos de los minerales esenciales para el crecimiento de plantas saludables y al final serán incapaces de producir la mayoría de los cultivos. Una manera de remediar esta escasez de composta curada es cultivar trigo en las camas que produjeron el maíz para la vaca para generar más material carbonoso para composta.

### Composta curada generada a partir de la paja de trigo que se cultivó en las camas en las que se cultivó maíz

Los kg de paja de trigo con rendimientos intermedios Biointensivos generados al cultivar trigo en las camas en las que se cultivó maíz<sup>267</sup> =  $(13.6 \text{ kg} / \text{ cama} \times 36.6 \text{ camas}) = 498 \text{ kg}$

Volumen de la composta **elaborada** generada a partir de 498 kg de paja de trigo =  $498 \text{ kg} / (1.6 \text{ kg} / \text{ pies cúbicos}) = 93 \text{ m}^3$

---

<sup>265</sup> Vea el Cálculo Detallado #9.

<sup>266</sup> Ya que los sedimentos vinieron de un digestor al cual se agregaron desechos humanos, la mayor parte del nitrógeno en los desechos se perderá ya que hay muy poco o no hay humus o suelo para que el digestor lo capture. Por lo tanto, asumiremos que los sedimentos curados contienen la misma concentración de nitrógeno y humus que la composta curada de composta que originalmente no contenía desechos humanos. Vea el Cálculo Detallado #1.

<sup>267</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, una publicación de Ecology Action 2021, pp. 164-165.

Volumen de la composta **curada** sin suelo generada a partir de la paja =  $92.96 \text{ m}^3 / 6.57 = 14.14 \text{ m}^3$ .

Volumen de la composta **curada** que es 50% suelo por volumen generada a partir de la paja =  $14.14 \text{ m}^3 / (1 - 0.50) = 28.04 \text{ m}^3$ .

**Aplicado con un rango de  $1.01 \text{ m}^3$  a  $2.44 \text{ m}^3$  por cama ( $9,29 \text{ m}^2$ ),  $28.29 \text{ m}^3$  de composta *curada* de paja de trigo pueden mantener el nivel de humus de =  $(28.29 \text{ m}^3 / [2.44 \text{ m}^3/\text{cama}])$  a  $(28.29 \text{ m}^3 / [1.01 \text{ m}^3 / \text{cama}]) = 11.6$  a  $28.1$  camas.**

**Área total** en la cual la composta *curada* de la alfalfa y el maíz y la paja de trigo adicional pueden mantener el nivel de humus = de  $(20.4 \text{ camas} + 11.6 \text{ camas})$  a  $(49.4 \text{ camas} + 28.1 \text{ camas}) = 32$  a **77.5 camas.**

*Ya que se necesitan 73.1 camas, si el trigo es cultivado en las camas en las que se cultiva maíz después de cosecharlo, se puede generar suficiente composta curada para mantener el nivel de humus de todas las camas y lograr la Meta #2. Sin embargo, solo se puede agregar a cada cama aproximadamente  $[(49.68 \text{ m}^3 + 28.29 \text{ m}^3) / 73.1 \text{ camas} = 3.5] 1.07 \text{ m}^3$  (en comparación con el mínimo de  $1.01 \text{ m}^3$  necesarios para lograr la Meta #2 cuando se usa composta curada que no ha sido enriquecida con desechos humanos curados) de composta curada que es 50% suelo por volumen. Esto puede ser suficiente composta curada para mantener el suministro de humus del suelo a menos que el clima sea particularmente caluroso y húmedo y el suelo esté bien oxigenado, en cuyo caso se podría perder humus del suelo más rápidamente<sup>268</sup> del tiempo en el que este rango de aplicación podría reponerlo. Si eso sucede, el suelo estará menos sano y será menos capaz de producir cultivos saludables hasta que pierda su fertilidad totalmente.*

### **Cálculo detallado #9**

*Comparativo de la cantidad de composta curada generada a partir de la producción de biogás, con estiércol de vaca alimentada con alfalfa y maíz con la cantidad generada de la misma cantidad de composta aeróbica de alfalfa y maíz*

#### **De la página 63**

#### **Composta curada con alfalfa y maíz que se descompusieron de manera aeróbica**

36.5 camas de alfalfa producen 1324.4 kg de alfalfa (peso seco al aire: 90.5% de materia seca).

1324.4 kg de alfalfa (secados al aire) con 90.5% de materia seca =  $1324.4 \times 0.905 / 0.263$

= **4558 kg** de alfalfa (peso húmedo de cosecha: 26.3% de materia seca).

36.6 camas de maíz producen **3311.2 kg** de maíz (peso húmedo de cosecha: 26.0% de materia seca).

Peso total de la materia orgánica cosechada =  $4558 \text{ kg} + 3311.2 \text{ kg} = 7868.9 \text{ kg}$ .

Volumen de la composta elaborada con materia orgánica fresca (peso húmedo) =  $7868.9 \text{ kg} / (3.8 \text{ kg} / \text{pies cúbicos}) = 622.1 \text{ m}^3$ .

---

<sup>268</sup> En general, la materia orgánica es producida y consumida cinco veces más rápidamente en los trópicos que en la mayoría de los climas templados. Vea John Jeavons y J. Mogador Griffin, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #11: Examining the Tropics: A Small Scale Approach to Sustainable Agriculture* (Willits, CA: Ecology Action, 1982).

Volumen de la composta *curada sin suelo* = Volumen de la composta *elaborada* /  $3.8^{269} = 622.1 \text{ m}^3 / 3.8 = 73.15 \text{ m}^3$ .

Volumen de composta *curada que es 50% suelo por volumen* =  $73.15 \text{ m}^3 / (1 - 0.50) = 146.3 \text{ m}^3$

Cantidad aproximada de carbón *curado* en  $146.3 \text{ m}^3$  de composta *curada* que es 50% suelo por volumen =  $1082.2 \text{ kg} \times 0.50^{270} = 541.1 \text{ kg}$ .

Carbón curado por  $0.3 \text{ m}^3$  de composta *curada* que es 50% suelo por volumen =  $541.1 \text{ kg} / 73.15 \text{ m}^3 = 1.1 \text{ kg} / \text{pies cúbicos}$  (esta cifra se usa en el Cálculo Detallado #8).

Aplicado con un rango de  $3.3^{271}$  a  $2.44 \text{ m}^3$  ( $9,29 \text{ m}^2$ ), **la composta curada** (que es 50% suelo por volumen) **generada a partir de la alfalfa y el maíz** pueden mantener el nivel de humus de  $[(73.15 \text{ m}^3 / \text{cama})]$  a  $(1467.3 \text{ m}^3 / [1.01 \text{ m}^3 / \text{cama}]) = 60 \text{ a } 145 \text{ camas}$ .

Aplicado con un rango de  $1.01 \text{ m}^3$  a  $2.44 \text{ m}^3$  por cama ( $9,29 \text{ m}^2$ ), **la composta curada** (que es 50% suelo por volumen) **de los sedimentos restantes después de la producción de biogás a partir del estiércol producido por una vaca alimentada con la misma cantidad de alfalfa y maíz** puede mantener el nivel de humus de **20.4 a 49.4 camas** (vea el Cálculo Detallado #8). Esto es solo alrededor de **un tercio** de la composta *curada* que puede ser generada si las plantas son transformadas en biogás en vez de alimentar a los animales con ellas.

### **Cálculo detallado #10**

*Cómo determinar la cantidad de paja de trigo necesaria que se debe agregar a la cantidad de estiércol generado por una persona anualmente*

#### **De la página 74**

Para determinar esto, necesitamos saber la cantidad total de nitrógeno y carbón que hay en el estiércol que una persona produce en un año. Entonces, podremos determinar cuánta paja deberá ser agregada al estiércol para que los totales combinados de carbón en el estiércol y en la paja y los totales combinados de nitrógeno en el estiércol y en la paja se encuentren en una proporción de 30 a 1.

Puede usar este modelo para ayudarse a determinar la proporción aproximada carbón-nitrógeno de cualquier combinación de materiales, asumiendo que conoce el peso seco de los materiales.

### **Peso del carbón y del nitrógeno en la producción anual de estiércol de una persona**

Estiércol húmedo producido por una persona en un año = aproximadamente 90.7 kg.

Contenido promedio de humedad en el estiércol humano = 77%

Estiércol seco producido por una persona en un año = 20.8 kg

---

<sup>269</sup> Consulte el Apéndice A para ver este factor de conversión.

<sup>270</sup> Vea John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #10: Grow Your Own Compost Materials At Home* (Willits CA: Ecology Action, 1981), p. 7 para ver este factor de conversión.

<sup>271</sup> Si una pila de composta no tenía desechos humanos frescos al principio (ya sea orina o estiércol),  $1.01 \text{ m}^3$  de la composta curada que se genera contienen 227 g de nitrógeno curado. Vea el Cálculo Detallado #1.

El estiércol seco es 6% nitrógeno por peso.

**Cantidad de nitrógeno en 20.8 kg de estiércol seco = (20.8 x 6%) = 1.2 kg** (vea la nota a pie de página #242)

Relación carbono-nitrógeno promedio del estiércol humano = 7.5 a 1

**Cantidad de carbón en 20.8 kg de estiércol humano = (1.2 x 7.5) = 9.5 kg**

Ahora permitiremos que la “W” represente la cantidad total de kg cosechados de paja de trigo que se necesitan para combinarlos con el estiércol y crear una relación carbono-nitrógeno de 30 a 1 que es lo que estamos tratando de determinar. (La paja de trigo es 50.9% carbón y 0.62% nitrógeno por peso seco. Vea el Apéndice A: Tabla 9).

La cantidad de **nitrógeno** en “W” kg de paja de trigo =

**% de humedad de la paja cosechada x % de nitrógeno de la paja de trigo x S =**

$$0.925 \times 0.0062 \times W = 0.00574 \times W$$

La cantidad de **carbón** en “W” kg de paja de trigo =

**% de humedad de la paja cosechada x % de carbón de la paja de trigo x W =**

$$0.925 \times 0.509 \times W = 0.4708 \times W$$

### Peso de la paja necesaria para crear una relación carbono-nitrógeno de 30 a 1

Para resolver la “W”, dejaremos que la cantidad total de carbón en el estiércol y la paja dividida entre la cantidad total de nitrógeno en el estiércol y la paja sea igual a 30.

(Carbón en el estiércol+Carbón en la paja de trigo) / (Nitrógeno en el estiércol+Nitrógeno en la paja de trigo) = 30

$$[21 + (0.4708 \times W)] / [2.8 + (.00574 \times W)] = 30$$

$$21 + (0.4708 \times W) = 84 + (0.172 \times W) \quad 0.3 \times W = 63$$

$$W = 210$$

*Por lo tanto, cuando se combinan 95.2 kg de paja de trigo con el estiércol que genera una persona en un año, se crea una relación total carbono-nitrógeno de 30 a 1.*

### Cantidad de paja que debe agregarse al contenedor de almacenamiento de estiércol todos los días

De acuerdo con el método descrito en las páginas 70-81, se agrega la mitad de estos 95.2 kg de paja de trigo cosechada (210 / 2 = 48 kg) al contenedor de almacenamiento de estiércol anualmente.

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de paja que se agrega todos los días al contenedor de almacenamiento} &= (48 \text{ kg} / \text{año}) (365 \text{ días} / \text{año}) \\ &= 130 \text{ g} \\ &= \mathbf{130.4 \text{ g}} \end{aligned}$$

*Peso de la paja que se necesita para crear una relación carbono-nitrógeno de 60 a 1 (vea la nota a pie de página #148)*

(Carbón en el estiércol+Carbón en la paja de trigo) / (Nitrógeno en el estiércol+Nitrógeno en la paja de trigo) = 60

$$[21 + (0.4708 \times W)] / [2.8 + (.00574 \times W)] = 60$$

$$21 + (0.4708 \times W) = 168 + (0.344 \times W)$$

$$0.126 \times W = 147$$

$$W = 529.3$$

Por lo tanto, cuando se combinan 529.3 kg de paja de trigo con el estiércol que genera una persona en un año, se crea una relación total carbono-nitrógeno de 60 a 1.

**Cálculo detallado #11**

*Número de contenedores de 114 litros que se necesitan para almacenar todo el estiércol que produce una persona cada año y la mitad de la paja de trigo (48 kg) que se necesita para aumentar la relación carbono-nitrógeno a 30 a 1.*

**De la página 76**

Volumen de estiércol producido por una persona por Año = **76 litros** (cálculo aproximado)<sup>272</sup>

Volumen que ocupan 48 kg (peso seco) de paja seca (densidad calculada de la paja en el contenedor de 114 l. = 907 g / 19 l.) = 48 kg x (19 l. / 907 g)

$$= \mathbf{996 \text{ l.}}$$

Cantidad total de litros de estiércol y de paja que deben ser almacenados = 76 l. + 996 l.

$$= \mathbf{1,071.2 \text{ l.}}$$

**= alrededor de 10 contenedores de 114 l.**

**Cálculo detallado #12**

*Cálculo de la receta para elaborar una pila de composta enriquecida con estiércol humano*

**De la página 78**

Ingredientes para las capas de la pila de composta enriquecida con estiércol humano:

- 1) 10 contenedores de 1170 l. llenos de estiércol y paja
- 2) 48 kg adicionales de paja

---

<sup>272</sup> Sim Van der Ryn, *The Toilet Papers* (Santa Barbara, CA: Capra Press, 1978), p. 68: 90.7 kg de estiércol humano (vea la nota a pie de página #88) / 42 l / kilo = 68 l, tradicionalmente se aumenta a 76 l



3) 1.52 m<sup>3</sup> de suelo (sin incluir los 0.20 m<sup>3</sup> o 1 cubeta de 19 l. de suelo la cual cubrirá la última capa de la pila).

Si la pila tendrá 20 capas de cada uno de los tres ingredientes, cada capa estará compuesta de:

- 1) La mitad de un contenedor de 114 l lleno de estiércol y paja.
- 2) 2.3 kg de paja = aproximadamente 2 cubetas retacadas de 19 l. (1.1 kg si la cubeta se relleno moderadamente)
- 3) 0.08 m<sup>3</sup> de suelo = 0.37 cubetas de 19 l.

### **Cálculo detallado #13**

*Volumen de composta **elaborada** con 95.2 Kg de paja, suelo y el estiércol generado por una persona anualmente*

#### **De la página 79**

Volumen de Estiércol Producido por Persona por Año = 76 l. (cálculo aproximado)<sup>273</sup> = **0.82 m<sup>3</sup>**

Volumen de 95.2 kg (peso seco) de paja = 95.2 kg / (1.6 kg / pies cúbicos) = **17.8 m<sup>3</sup>**

Volumen de suelo = 1.52 m<sup>3</sup> + (2 x 0.67 0.2 m<sup>2</sup>) (para cubrir ambas pilas) = **1.93 m<sup>3</sup>**

Volumen Total de la Composta Elaborada y Enriquecida con Estiércol Humano

$$= 0.82 \text{ m}^3 + 17.8 \text{ m}^3 + 1.9 \text{ m}^3$$

$$= \mathbf{20.53 \text{ m}^3}$$
, suficiente para elaborar dos pilas

de composta de 1 metro de largo x 1 de ancho y 1 de altura cada una.

Porcentaje de estiércol humano en la composta elaborada = 2.7 / 67.34 = 9%

Porcentaje de suelo en la composta elaborada = 6.34 / 67.34 = 9%

### **Cálculo detallado #14**

*Volumen de la composta **curada** producida con 95.2 Kg de paja, suelo y el estiércol generado por una persona Anualmente*

#### **De la página 81**

(Consulte el cálculo detallado #13 para ver la derivación de los volúmenes iniciales de los diversos materiales)

17.8 m<sup>3</sup> de paja sin descomponer se cura a 17.8 m<sup>3</sup> 58.3 pies cúbicos / 6.57 = **2.71 m<sup>3</sup>** de paja curada

---

<sup>273</sup> Vea la nota a pie de página #272.

0.82 m<sup>3</sup> de estiércol humano se cura a **0.25 m<sup>3</sup>** (vea la nota a pie de página #239).

Quedan **1.93 m<sup>3</sup>** después del proceso de descomposición.<sup>274</sup>

**Volumen Total de la Composta Curada** = 2.71 m<sup>3</sup> + 0.24 m<sup>3</sup> + 1.93 m<sup>3</sup> = **4.88 m<sup>3</sup>**

Porcentaje de Suelo en la Composta *Curada* = 1.93 m<sup>3</sup> / 4.88 m<sup>3</sup> = 40%

La composta curada que es 40% suelo por volumen contiene aproximadamente solo (1 - 0.40) / (1 - 0.50) o 1.2 veces nitrógeno y humus en comparación con un volumen similar de composta *curada* que es 50% suelo por volumen. Por lo tanto, con el propósito de aplicar el equivalente en términos de materia orgánica, humus y minerales de 0.068 m<sup>3</sup> (vea el Cálculo Detallado #1) a 0.23m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen / 10 m<sup>2</sup>, (0.068 / 1.2 a 0.23 / 0.37 1.2) o 0.057 a 0.19 m<sup>3</sup> /se deben agregar a 10 m<sup>2</sup> de composta curada que es 40% suelo por volumen.

Aplicado con un rango de 0.61 m<sup>3</sup> a 2.04 m<sup>3</sup> por cada 9,29 m<sup>2</sup>, 4.88 m<sup>3</sup> de composta *curada* que es 40% suelo por volumen es suficiente para mantener el nivel de humus de = (16.0 / 6.7 a 16.0 / 2.0) = **2.4 a 8.0** camas de 10 m<sup>2</sup>.

### Cálculo detallado #15

*Cantidad de camas interplantadas con trigo, haba y algarroba que se necesitan para reponer el abastecimiento de nitrógeno del suelo si se Pierde el 35% del nitrógeno al compostar el estiércol humano*<sup>275</sup>

#### **De las páginas 71-81**

Cantidad de nitrógeno en la producción anual de estiércol de una persona y 95.2 kg de paja de trigo = 1.2 kg + 544 g = 1.8 kg.

Nitrógeno que se pierde en el proceso de composteo = 1.8 kg x 158 g = 635 g.

Por lo tanto, se deben retener 635 g adicionales de nitrógeno en la composta *curada*. Si se pierde el 35% del nitrógeno en la pila de composta, entonces (1.4 / .65) se deben agregar 997 g de nitrógeno a la pila de composta al principio para retener 65% o 635 g.

Cuando se interplantan la haba y la algarroba con el trigo como se describe en John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #14: The Complete 21-Bed Biointensive Mini-Farm: Fertility, Nutrition and Income* (Willits, CA: Ecology Action, 1987), pp.4-15, contienen 240 g de nitrógeno por cama en la biomasa que se encuentra sobre el nivel del suelo. Debido a que se necesitan 997 g (997/240) se deben interplantar **4.2 de las 7 camas** que se usan para cultivar paja de trigo para compostar el estiércol como se describe en el Folleto #14. Cuando se compostan los 997 g de nitrógeno y se pierde el 35%, quedan 635 g de nitrógeno, suficientes para reemplazar el nitrógeno que se perdió cuando se compostaron el estiércol humano y los 95.2 kg de paja.

—

---

<sup>274</sup> John Jeavons, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #10: Grow Your Own Compost Materials At Home* (Willits, CA: Ecology Action, 1981), p. 7.

<sup>275</sup> El cálculo de la pérdida de 35% de nitrógeno a través del composteo variará dependiendo de la proporción inicial carbón-nitrógeno de la pila y se relaciona como una pérdida promedio de nitrógeno durante el proceso de composteo; Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* [Davis, CA: AgAccess, 1990], p.56. Vea la nota a pie de página #152.

**Cálculo detallado #16**

Área total de los huertos de árboles frutales y área disponible para recibir estiércol humano en la ilustración 8

**De las páginas 89-92**

**Cálculo 16A (Ejemplo #1A)**

*Área Total del Huerto de Árboles Frutales*

$$a^2 + b^2 = c^2$$

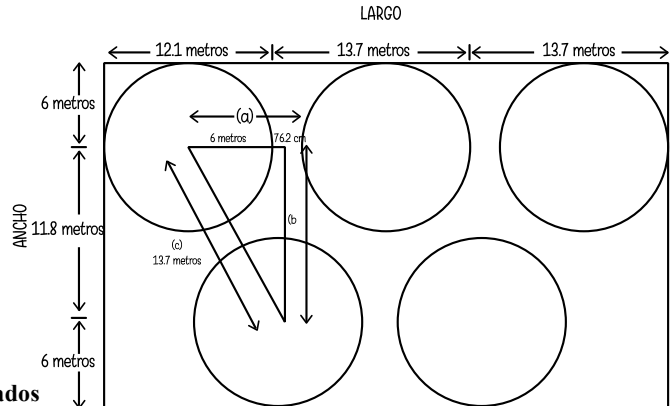
$$(22.5)^2 + b^2 = (45)^2$$

b = 11.8 metros (entre los pasillos en la parte central de las líneas)

Largo (L) = 12.1 metros + 13.7 metros + 13.7 metros = 39.6 metros

Ancho (A) = 6 metros + 11.8 metros + 6 metros = 24 metros

Área Total = L x A = 24 metros x 39.6 metros = **954.1 metros cuadrados**



*Área Ocupada por Árboles*

$$\text{Área de 1 árbol} = \pi (\text{radio})^2 = (3.14) \times (20)^2 = 116.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Total} = 5 \text{ árboles} \times (116.6 \text{ m}^2 / \text{árbol}) = \mathbf{583.4 \text{ m}^2}$$

*Área Disponible para Recibir Estiércol Humano* = 954.1 m<sup>2</sup> – 583.4 m<sup>2</sup> = **370.6 m<sup>2</sup>**, un área mayor a la de los 358.9 m<sup>2</sup> que se necesitan mínimo.

**Cálculo 16B (Ejemplo #1B)**

*Área Total del Huerto de Árboles Frutales*

$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$(22.5)^2 + b^2 = (45)^2$$

b = 11.8 metros (entre los pasillos en la parte central de las líneas)

Largo (L) = 6 metros + 11.8 metros + 6 metros = 24 metros

Ancho (A) = 12.1 metros + 76.2 cm + 6 metros = 19.05 metros

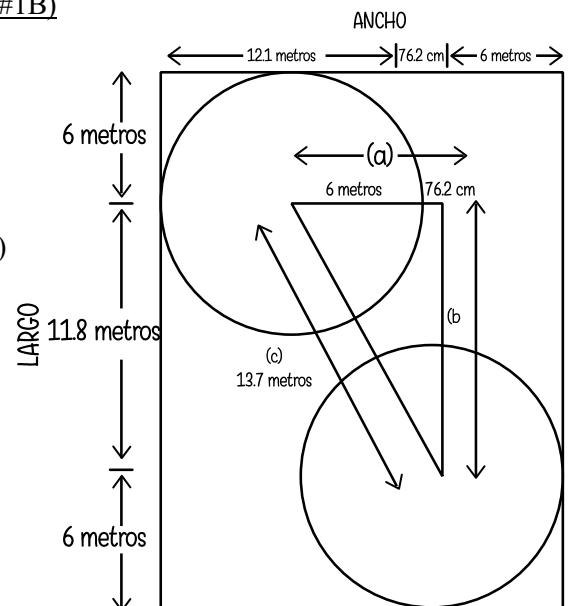
Área Total = L x A = 24 metros x 19.05 metros

$$= \mathbf{458.7 \text{ m}^2}$$

*Área Ocupada por Árboles*

$$\text{Área de 1 árbol} = \pi (\text{radio})^2 = (3.14) \times (20)^2 = 116.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Total} = 2 \text{ árboles} \times (116.6 \text{ m}^2 / \text{árbol}) = \mathbf{233.3 \text{ m}^2}$$



Área Disponible para Recibir Estiércol Humano =  $458.7 \text{ m}^2 - 233.3 \text{ m}^2 = 225.3 \text{ m}^2$ , un área mayor a la de los  $179.4 \text{ m}^2$  que se necesitan mínimo.

Cálculo 16C (Ejemplo #2A)

Área Total del Huerto de Árboles Frutales

$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$(10)^2 + b^2 = (20)^2$$

b = 5.2 metros (entre los pasillos en la parte central de las líneas)

$$\begin{aligned} \text{Largo (L)} &= 2.2 \text{ metros} + 5.2 \text{ metros} + 5.2 \text{ metros} + 5.2 \text{ metros} + 5.2 \text{ metros} \\ &+ 5.2 \text{ metros} + 2.2 \text{ metros} = 30.9 \text{ metros} \end{aligned}$$

$$\text{Ancho (A)} = 2.2 \text{ metros} + 6 \text{ metros} + 6 \text{ metros} + 6 \text{ metros} + 3 \text{ metros} + 2.2 \text{ metros} = 25.9 \text{ metros}$$

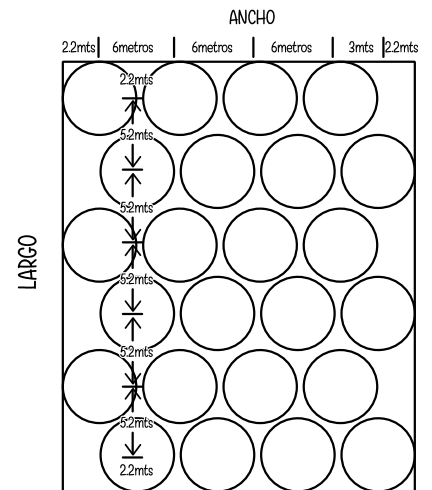
$$\text{Área Total} = L \times A = 30.9 \text{ metros} \times 25.9 \text{ metros} = 801.5 \text{ m}^2$$

Área ocupada por árboles

$$\text{Área de 1 árbol} = \pi (\text{radio})^2 = (3.14) \times (7.5)^2 = 16.4 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Total} = 24 \text{ árboles} \times (16.4 \text{ m}^2 / \text{árbol}) = 393.7 \text{ m}^2$$

Área Disponible para Recibir Estiércol Humano =  $801.5 \text{ m}^2 - 393.7 \text{ m}^2 = 407.8 \text{ m}^2$ , un área mayor a la de los  $358.9 \text{ m}^2$  que se necesitan mínimo.



Cálculo 16D (Ejemplo #2B)

Área total del huerto de árboles frutales

$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$(10)^2 + b^2 = (20)^2$$

b = 5.2 metros (entre los pasillos en las filas entre centros)

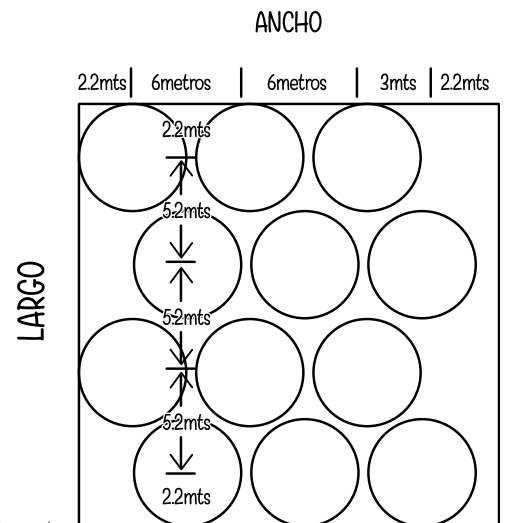
$$\begin{aligned} \text{Largo (L)} &= 2.2 \text{ metros} + 5.2 \text{ metros} + 5.2 \text{ metros} + 5.2 \text{ metros} + 2.2 \text{ metros} \\ &= 20.3 \text{ metros} \end{aligned}$$

$$\text{Ancho (A)} = 2.2 \text{ metros} + 6 \text{ metros} + 6 \text{ metros} + 3 \text{ metros} + 2.2 \text{ metros} = 19.8 \text{ metros}$$

$$\text{Área Total} = L \times A = 20.3 \text{ metros} \times 19.8 \text{ metros} = 404 \text{ m}^2$$

Área ocupada por árboles

$$\text{Área de 1 árbol} = \pi (\text{radio})^2 = (3.14) \times (7.5)^2 = 16.4 \text{ m}^2$$



Área Total = 12 árboles x (16.4 m<sup>2</sup> / árbol) = **196.8 m<sup>2</sup>**

Área disponible para recibir estiércol humano = 404 m<sup>2</sup> – 196.8 m<sup>2</sup> = **207.1 m<sup>2</sup>**, un área mayor a la de los 179.4 m<sup>2</sup> que se necesitan mínimo.

### **Cálculo detallado #17**

*Cantidad de composta **curada sin suelo** generada por las 12 camas en las que se usan granos y plantas perennes para reciclar estiércol humano en comunidades en las que el *Ascaris* no está presente*

#### **De la página 120**

Después de 6 años de usar el método de los granos y las plantas perennes para reciclar el estiércol humano en lugares en los que el *Ascaris* no está presente, las 12 camas se están usando: 6 camas se siembran con plantas perennes (para este ejemplo, alfalfa) y 6 camas reciben estiércol humano y se siembran con cultivos anuales de alimentos y materiales para composta (para este ejemplo, maíz en el verano y trigo en el invierno).

Suposición: Los rendimientos intermedios Biointensivos se producen a partir de los primeros y segundos cultivos que se sembraron en la capa de estiércol.

#### *Alfalfa cosechada por año*

En el año 7, las plantas perennes de las 6 camas (alfalfa) se remueven y estas mismas camas o un nuevo grupo de 6 camas se cavarán para recibir estiércol humano almacenado. Durante ese año, las otras 6 camas se siembran con alfalfa. Durante los siguientes dos años, esas 6 camas con alfalfa se cosechan 3 veces durante una temporada anual de cultivo de 5 meses. Durante el cuarto año, la alfalfa de esas 6 camas se remueve y las camas se cavan nuevamente (o se cava un grupo nuevo de 6 camas) para recibir estiércol y el primer juego de 6 camas ahora lleno de estiércol humano se siembra con plantas perennes. Como se muestra en la Ilustración 12 en las páginas 111 y 112, este ciclo se repite cada 3 años alternando 2 juegos de 6 camas.

En una temporada de cultivo de 5 meses, la alfalfa madura puede cosecharse 3 veces al año en promedio. Con rendimientos Biointensivos intermedios, 1 cama de alfalfa produce 36.2 kg (peso secado al aire: aproximadamente 90.5% de materia seca) por año.<sup>276</sup> En la primavera cuando se remueve la alfalfa de una cama, se calcula que el rendimiento es igual a una cosecha de 1/3 de 36.2 kg.

Alfalfa cosechada (Año 7) = 1/3 x (36.2 kg / cama x 6) = 72.5 kg.

Alfalfa cosechada (Año 8) = 36.2 kg / cama x 6 = 217.7 kg.

Alfalfa cosechada (Año 9) = 36.2 kg / cama x 6 = 217.7 kg.

Cantidad total de alfalfa cosechada = 72.5 + 217.7 + 217.7 = 508 kg

Promedio de alfalfa cosechada por año = 508 kg / 3 = **169.1 kg**<sup>277</sup>

Se producen 169.1 kg de alfalfa que son 90.5% materia seca a partir de (169.1 x 0.905 / 0.263)

**582.4 kg** de alfalfa (peso de la cosecha húmeda: 26.3% materia seca).

---

<sup>276</sup> John Jeavons, *Como cultivar más vegetales*, una publicación de Ecology Action 2021, pp. 166-167 y Frank B. Morrison, *Feeds & Feeding*, vigésimo primera edición, (Ithaca, NY: Morrison Publishing Co., 1949), p. 1086.

<sup>277</sup> Para tener alfalfa y poder agregarla a una pila de composta durante el año en el que no se produce composta, durante los dos años en los que se cosecha alfalfa se pueden usar dos tercios de cada cosecha para hacer composta y un tercio de cada cosecha debe ser secado al aire (para evitar que se llene de moho) y almacenado. Si se almacena un tercio de cada cosecha durante dos años, habrá disponible el equivalente a dos tercios de una cosecha de un año (igual a la cantidad de alfalfa que se usó para hacer composta en los dos años anteriores) para hacer composta durante el tercer año.

### *Paja de trigo cosechada anualmente*

13.6 kg de paja de trigo (aprox. 92.5% materia seca)<sup>278</sup> / cama x 6 camas = **81.6 kg**

### *Tallos de maíz cosechados anualmente*

Cuando se agrega la primera capa de estiércol en la primavera, no todas las secciones de las 6 camas recibirán estiércol humano. El número de secciones que reciben estiércol humano dependerá del número de meses del estiércol almacenado disponible y por lo tanto de la duración de la temporada de cultivo en el invierno. Abajo se asume que hay una temporada de cultivo de 7 meses en el invierno de modo que 7 de las 12 secciones recibirán estiércol y producirán maíz durante el primer verano. En los siguientes dos años, las 12 secciones producirán maíz. Por lo tanto, los rendimientos de tallos de maíz que se presentan abajo son un promedio de los rendimientos anuales durante este periodo de tres años.

#### AÑO 1

7/12 x 21.9 kg de tallos de maíz (después de cosechar las espigas, 100% materia seca)<sup>279</sup> / cama x 6 camas = **77.1 kg**

Se producen 77.1 kg de tallos de maíz que son 100% materia seca a partir de (170 x 1.00 / 0.906) **85.2 kg** de tallos de maíz que se cosechan cuando han madurado, pero no están completamente secos (90.6% materia seca).

#### AÑOS 2 y 3

21.9 kg de tallos de maíz (después de cosechar las espigas, 100% materia seca)<sup>280</sup> / cama x 6 camas = **131.9 kg**

Se producen 131.9 kg de tallos de maíz que son 100% materia seca a partir de (131.9 kg x 1.00 / 0.906) **145.6 kg** de tallos de maíz que se cosechan cuando han madurado, pero no están completamente secos (90.6% materia seca).

**Promedio** anual de rendimiento de tallos de maíz (peso de la cosecha: 90.6% materia seca) =

$$(85.2 \text{ kg} + 145.6 \text{ kg} + 145.6 \text{ kg}) / 3 = \mathbf{125.6 \text{ kg}}$$

### *Relación carbono-nitrógeno de la composta elaborada a partir de toda la alfalfa, paja de trigo y tallos de maíz generados*

Carbón en la Alfalfa = 1284 x 0.263 x 0.509 (vea el Apéndice A: Tabla 9) = 77.9 kg

Carbón en la Paja de Trigo = 180 x 0.925 x 0.509 = 38.4 kg

Carbón en los Tallos de Maíz = 277 x 0.523 = 65.7 kg

**Cantidad Total de Carbón** = 77.9 + 38.4 + 65.7 = **182.1 kg**

Nitrógeno en la Alfalfa = 1284 x 0.0070 = 4 kg

Nitrógeno en la Paja de Trigo = 180 x 0.925 x 0.0062 = 467 g

Nitrógeno en los Tallos de Maíz = 277 x 0.0094 = 1.1 kg

**Cantidad Total de Nitrógeno** = 4 + .467 + 1.1 = **5.7 kg**

---

<sup>278</sup> John Jeavons, *Cultivo Biointensivo de Alimentos* una publicación de Ecology Action 2021, pp. 164-165. y Frank B. Morrison, *Feeds & Feeding*, vigésimo primera edición, (Ithaca, NY: Morrison Publishing Co., 1949), p. 1096.

<sup>279</sup> Cálculo de J. Mogador Griffin, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #15: One Basic Mexican Diet*, "Supplement" (Willits, CA: Ecology Action, 1988). Debido a que el *Folleto #15* asume altos rendimientos Biointensivos, el rendimiento de biomasa del maíz de 43.9 kg de peso seco por cada 10 m<sup>2</sup> se dividió entre 2 para acercarse a los rendimientos Biointensivos intermedios.

<sup>280</sup> Cálculo de J. Mogador Griffin, *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #15: One Basic Mexican Diet*, "Supplement" (Willits, CA: Ecology Action, 1988). Debido a que el *Folleto #15* asume altos rendimientos Biointensivos, el rendimiento de biomasa del maíz de 43.9 kg de peso seco por cada 10 m<sup>2</sup> se dividió entre 2 para acercarse a los rendimientos Biointensivos intermedios.

**Relación carbono-nitrógeno** = cantidad total de carbón / cantidad total de nitrógeno =  $182.1 / 5.7 = 31.9$

Una pila con una proporción inicial carbón-nitrógeno de 30 o un poco más producirá relacionalmente más composta curada y humus en comparación con una pila de composta con una proporción inicial carbón-nitrógeno de menos de 30.

#### Composta elaborada con alfalfa, paja de trigo y tallos de maíz

El volumen calculado de la composta *elaborada* con materiales orgánicos se basa en el peso de los materiales de las cosechas: 582.4 kg de alfalfa, 81.6 kg de paja de trigo y 125.6 kg de tallos de maíz.

Cantidad total de material carbonoso (trigo y maíz) =  $81.6 + 125.6 = 207.2$  kg

Volumen del material carbonoso en una pila de composta =  $207.2 / (1.6 \text{ kg} / \text{pies cúbicos}) = 39 \text{ m}^3$

Cantidad total de material nitrogenado (alfalfa) = 582.4 kg

Volumen del material nitrogenado en una pila de composta =  $582.4 / (3.8 \text{ kg} / \text{pies cúbicos}) = 46 \text{ m}^3$

Volumen total de la pila de composta *elaborada* =  $39 \text{ m}^3 + 46.02 \text{ m}^3 = 85 \text{ m}^3$

#### Composta curada de alfalfa, paja de trigo y tallos de maíz

Volumen inicial del material carbonoso =  $38.7 \text{ m}^3$

Volumen *curado* del material carbonoso =  $38.7 \text{ m}^3 / 6.57 = 5.88 \text{ m}^3$

Volumen inicial del material nitrogenado =  $46.02 \text{ m}^3$

Volumen *curado* del material nitrogenado =  $46.02 \text{ m}^3 / 8.50 = 5.43 \text{ m}^3$

Volumen total de la composta *curada sin suelo* =  $19.3 + 17.8 = 0.3 \text{ m}^3$

Esta es suficiente composta *curada sin suelo* para aplicar  $1.22 \text{ m}^3$  (equivalente a  $2.44 \text{ m}^3$  de composta *curada* que es 50% suelo por volumen) a las 6 camas de alfalfa y aun así habrían  $(21.64 \text{ m}^3 - 7.32 \text{ m}^3) 0.94 \text{ m}^3$  de composta *curada sin suelo* de excedente.

#### Cálculo Detallado #18

*Cantidad de composta curada sin suelo generada por las 18 Camas en las que se usan granos y plantas perennes para reciclar estiércol humano en comunidades en donde el Ascaris está presente*

#### **De la página 120**

Después de 9 años de usar el método de los granos y las plantas perennes para reciclar el estiércol humano: las 18 camas están en uso: 12 camas se siembran con plantas perennes (para este ejemplo, alfalfa) y 6 camas reciben estiércol humano y se siembran con cultivos anuales de alimentos y materiales para composta (para este ejemplo, maíz en el verano y trigo en el invierno).

Suposición: Los rendimientos intermedios Biointensivos se producen a partir de los primeros y segundos cultivos que se sembraron en la capa de estiércol.

#### *Alfalfa Cosechada por Año*

En el año 10, las plantas perennes de las 6 camas (alfalfa) se remueven y estas mismas camas o un nuevo grupo de 6 camas se cavarán para recibir estiércol humano almacenado (vea la Ilustración 13, página 114). A partir de entonces, se repite un ciclo como el que se describe en la Ilustración 13 cada 3 años: durante el primer año la alfalfa de esas 6 camas se remueve (Camas 1-6 Año 10 en la Ilustración 13) y las 6 camas de alfalfa se cosechan

3 veces durante una temporada de cultivo de 5 meses. Durante los años 2 y 3, se pueden hacer 3 cortes de las 12 camas de alfalfa cada año.

En una temporada de cultivo de 5 meses, la alfalfa madura puede cosecharse 3 veces. Con rendimientos Biointensivos intermedios, 1 cama de alfalfa produce 36.2 kg (peso secado al aire: aproximadamente 90.5% de materia seca) por año.<sup>281</sup> En la primavera cuando se remueve la alfalfa de una cama, se calcula que el rendimiento es igual a una cosecha de 1/3 de 36.2 kg.

Alfalfa cosechada (Año 10) =  $1/3 \times (36.2 \text{ kg} / \text{cama} \times 6) + (36.2 \text{ kg} / \text{cama} \times 6) = 290.2 \text{ kg}$ .

Alfalfa cosechada (Año 11) =  $36.2 \text{ kg} / \text{cama} \times 12 = 435.4 \text{ kg}$ .

Alfalfa cosechada (Año 10) =  $1/3 \times (36.2 \text{ kg} / \text{cama} \times 6) + (36.2 \text{ kg} / \text{cama} \times 6) = 290.2 \text{ kg}$ .

Alfalfa cosechada (Año 11) =  $36.2 \text{ kg} / \text{cama} \times 12 = 435.4 \text{ kg}$ .

Alfalfa cosechada (Año 12) =  $36.2 \text{ kg} / \text{cama} \times 6 = 435.4 \text{ kg}$ .

Cantidad total de alfalfa cosechada =  $290.2 + 435.4 + 435.4 = 1161.1 \text{ kg}$

Promedio de alfalfa cosechada por año =  $1161.1 \text{ kg} / 3 = \mathbf{386.9 \text{ kg}}$ <sup>282</sup>

Se producen 386.9 kg de alfalfa que son 90.5% materia seca a partir de  $(386.9 \times 0.905 / 0.263) \mathbf{1331.2 \text{ kg}}$  de alfalfa (peso de la cosecha húmeda: 26.3% materia seca).

#### *Paja de trigo y tallos de maíz cosechados por año*

Al igual que cuando se usan 12 camas (vea Cálculo Detallado #17) son 81.6 kg (peso de la cosecha) de paja de trigo y 125.6 kg (peso de la cosecha) de tallos de maíz.

#### *Relación carbono-nitrógeno de la composta elaborada con toda la alfalfa, paja de trigo y tallos de maíz generados*

Carbón en la Alfalfa =  $1331.2 \times 0.263 \times 0.509 = 178.2 \text{ kg}$

Carbón en la Paja de Trigo =  $180 \times 0.925 \times 0.509 = 38.4 \text{ kg}$

Carbón en los Tallos de Maíz =  $277 \times 0.523 = 65.7 \text{ kg}$

**Cantidad Total de Carbón =  $178.2 + 38.4 + 65.7 = \mathbf{282.4 \text{ kg}}$**

Nitrógeno en la Alfalfa =  $1331.2 \times 0.0070 = 9.32 \text{ kg}$

Nitrógeno en la Paja de Trigo =  $180 \times 0.925 \times 0.0062 = 467 \text{ g}$

Nitrógeno en los Tallos de Maíz =  $277 \times 0.0094 = 1.1 \text{ kg}$

**Cantidad Total de Nitrógeno =  $9.32 + .467 + 1.1 = \mathbf{10.9 \text{ kg}}$**

**Relación carbono-nitrógeno = cantidad total de carbono / cantidad total de nitrógeno =  $282.4 / 10.9 = \mathbf{25.9}$**

Una pila de composta con una relación inicial carbono-nitrógeno de 25.9 (menos de 30) producirá un poco menos de composta curada y humus en comparación con una pila de composta que tiene un volumen inicial igual con una relación inicial carbono-nitrógeno de 30. Se podría agregar más carbón sembrando más cultivos carbonosos

---

<sup>281</sup> John Jeavons, *Cultivo Biointensivo de Alimentos* una publicación de Ecology Action 2021, pp. 166-167 y Frank B. Morrison, *Feeds & Feeding*, vigésimo primera edición, (Ithaca, NY: Morrison Publishing Co., 1949), p. 1086

<sup>282</sup> Para tener alfalfa y poder agregarla a una pila de composta durante el tiempo del año en el que no se produce composta, durante los dos años en los que se cosecha alfalfa se pueden usar dos tercios de cada cosecha para hacer composta durante esos dos años y un tercio de cada cosecha debe ser secado al aire (para evitar que se llene de moho) y almacenado. Si se almacena un tercio de cada cosecha durante dos años, habrá disponible el equivalente a dos tercios de una cosecha de un año, igual a la cantidad de alfalfa que se usó para hacer composta en los dos años anteriores para hacer composta durante el tercer año.



en camas distintas a las 18 que se usan en este sistema espaciando menos el maíz, por ejemplo, para producir más biomasa (aunque quizá se producirán menos espigas) y/o sembrar más cultivos carbonosos el lugar de parte de la alfalfa.

### Composta *elaborada* con alfalfa, paja de trigo y tallos de maíz

El volumen estimado de la composta *elaborada* con materiales orgánicos se basa en el peso de los materiales de las cosechas: 1331.2 kg de alfalfa, 81.6 kg de paja de trigo y 125.6 kg de tallos de maíz.

Cantidad total de material carbonoso (trigo y maíz) = 81.6 + 125.6 = 207.2 kg

Volumen del material carbonoso en una pila de composta = 207.2 / (1.6 kg / pies cúbicos) = 39 m<sup>3</sup>

Cantidad total de material nitrogenado (alfalfa) = 1331.2 kg

Volumen del material nitrogenado en una pila de composta = 1331.2 / (3.8 kg / pies cúbicos) = 105.1 m<sup>3</sup>

Volumen total de la pila de composta *elaborada* = 39 m<sup>3</sup> pies cúbicos + 105.16 m<sup>3</sup> = 143.8 m<sup>3</sup>

### Composta *curada* de alfalfa, paja de trigo y tallos de maíz

Volumen inicial del material carbonoso = 39 m<sup>3</sup>

Volumen *curado* del material carbonoso = 39 m<sup>3</sup> / 6.57 = **5.9 m<sup>3</sup>**

Volumen inicial del material nitrogenado = 105.16 m<sup>3</sup>

Volumen *curado* del material nitrogenado = 105.16 m<sup>3</sup> / 8.50 = **12.37 m<sup>3</sup>**

Volumen total de la composta *curada sin suelo* = 19.3 + 40.6 = **18.26 m<sup>3</sup>**

Esta es suficiente composta *curada sin suelo* para aplicar 1.22 m<sup>3</sup> (equivalente a 2.44 m<sup>3</sup> de composta *curada* que es 50% suelo por volumen) a las 12 camas de alfalfa y aun así habrían (18.26 m<sup>3</sup> – 14.63 m<sup>3</sup>) 3.63 m<sup>3</sup> de composta *curada sin suelo* de excedente.

## Cálculo Detallado #19

*Cantidad de composta curada y calorías generada por las 12 camas que están usando únicamente granos para reciclar estiércol humano (asumiendo una temporada de cultivo templada de 5 meses y una temporada de cultivo fría de 7 meses)*

### **De la página 121**

Suposiciones:

- 1) El rendimiento de biomasa no comestible del amaranto es (por peso y volumen) 1.5 veces mayor que el del trigo.
- 2) Se producen rendimientos intermedios Biointensivos de los primeros y segundos cultivos que se sembraron en la capa de estiércol.

12 camas producen avena, haba y algarroba interplantados en el invierno<sup>283</sup> y amaranto en el verano.

---

<sup>283</sup> La avena se siembra a un ritmo regular y las habas y las algarrobas a un ritmo regular de 12.5% y 25%. Esta es prácticamente la misma receta para interplantar que se muestra en John Jeavons, Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series, *Booklet #14: The Complete 21-Bed Biointensive Mini-Farm* (Willits, CA: Ecology Action, 1987), pp. 14-15 y que ha sido utilizada exitosamente durante muchos años en el campo.

## AÑO 1

*Temporada de Cultivo de Verano* – 7 de las 12 secciones (3.5 camas) en las Camas 1-6 (ya que solo 7 secciones recibirán estiércol en la primavera; (vea la Ilustración 12 en la página 111) y 12 de las 12 secciones en las Camas 7-12 producirán amaranto.

Paja producida = (3.5 camas + 6 camas) x (20.4 kg / cama) = 193.9 kg de paja

Calorías producidas = (3.5 camas + 6 camas) x (3.6 kg de semillas / cama) x (1775 calorías / kg) = 134,900

*Temporada de cultivo de invierno* – Todas las secciones de las 12 camas producen avena, habas y algarrobas interplantadas

Paja producida = 12 camas x (13.6 kg / cama) = 163.2 kg

Biomasa de las habas = 12 camas x (81.6 / cama x 0.125 cama) = 122.4 kg

Biomasa de la algarroba = 12 camas x (22.6 kg / cama x 0.25 cama) = 68 kg

Calorías producidas = 12 camas x (3.1 kg de semilla / cama) x (1769 calorías / kg) = 148,596

## AÑOS 2 y 3

*Temporada de Cultivo de Verano* – Todas las secciones de las 12 camas producen amaranto.

Paja producida = 12 camas x (20.4 / cama) = 244.9 kg

Calorías producidas = 12 camas x (3.6 kg de semillas / cama) x (1775 calorías / kg)  
= 170,400

*Temporada de cultivo de invierno* – Todas las secciones de las 12 camas producen avena, habas y algarrobas interplantadas

Paja producida = 12 camas x (13.6 kg / cama) = 163.2 kg

Biomasa de las habas = 12 camas x (81.6 / cama x 0.125 cama) = 122.4 kg

Biomasa de la algarroba = 12 camas x (22.6 kg / cama x 0.25 cama) = 68 kg

Calorías producidas = 12 camas x (3.1 kg de semilla / cama) x (1769 calorías / kg) = 148,596

Promedio anual de producción de paja en el *verano* durante tres años =  $(427.5 + 540 + 540) / 3 = 227.9$  kg

Volumen de composta *elaborada* generada a partir de la producción anual promedio de *verano* de paja =

$$227.9 \text{ kg} / (1.6 \text{ kg} / 0.3 \text{ m}^3) = 42.55 \text{ m}^3$$

Volumen de composta *curada* generada a partir de la producción anual promedio de *verano* de paja =

$$42.55 \text{ m}^3 / 6.57 = \mathbf{6.46 \text{ m}^3}$$

Volumen de composta *elaborada* generada a partir de la producción anual de *invierno* de paja =

$$163.2 \text{ kg} / (1.6 \text{ kg} / 0.3 \text{ m}^3) = 30.48 \text{ m}^3$$

Volumen de composta *curada* generada a partir de la producción anual de *invierno* de paja =

$$30.48 \text{ m}^3 / 6.57 = \mathbf{4.63 \text{ m}^3}$$

Volumen de composta *elaborada* generada a partir de la producción anual de *invierno* de habas y algarrobas =

$$(122.4 \text{ kg} + 68 \text{ kg}) / (3.8 \text{ kg} / 0.3 \text{ m}^3) = 15.06 \text{ m}^3$$

Volumen de composta *curada* generada a partir de la producción anual de *invierno* de habas y algarrobas =  
 $15.06 \text{ m}^3 / 8.5 = 1.77 \text{ m}^3$

Volumen total de composta *curada* generada a partir de avena, habas y algarrobas interplantadas =  
 $15.2 + 5.8 = 3.05 \text{ m}^3$

Volumen de la composta *curada* generada a partir del promedio anual de cultivos de *verano* y de *invierno* =  
 $6.5 \text{ m}^3 + 6.4 \text{ m}^3 = 12.9 \text{ m}^3$

Si se agrega equitativamente a las 12 camas en el sistema, **12.9 m<sup>3</sup>** de composta *curada sin suelo* es suficiente para que cada cama reciba (**12.9 m<sup>3</sup>** / 12 camas) **1.07 m<sup>3</sup>** anuales (equivalentes a 2.13 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen), por lo tanto, se logra la *Meta #2, producción de suficiente humus*.

Producción calórica promedio *de verano* durante tres años =  $(134,900 + 170,400 + 170,400) / 3 = 158,567$

Producción calórica total promedio (verano + invierno) por año =  $158,567 + 148,596 = 307,163$  o aproximadamente **35%** de las 876,000 calorías que una persona promedio necesita al año.

### **Cálculo Detallado #20**

*Cantidad de composta curada y calorías generadas por las 18 camas que solo usan granos para reciclar el estiércol humano (asumiendo una temporada de cultivo templada de 5 meses y una temporada de cultivo fría de 7 meses)*

#### **De la página 121**

Suposiciones: El rendimiento de biomasa no comestible del amaranto es (por peso y volumen) 1.5 veces mayor que el del trigo.

18 camas producen avena, haba y algarroba interplantados en el invierno<sup>284</sup> y amaranto en el verano.

### **AÑO 1**

*Temporada de Cultivo de Verano* – 7 de las 12 secciones (3.5 camas) en las Camas 1-6 (ya que solo

7 secciones recibirán estiércol en la primavera; vea la Ilustración 14 en la página 117) y todas las secciones en las Camas 7-18 producirán amaranto.

Paja producida =  $(3.5 \text{ camas} + 12 \text{ camas}) \times (20.4 \text{ kg / cama}) = 316.3 \text{ kg de paja}$

Calorías producidas =  $(3.5 \text{ camas} + 12 \text{ camas}) \times (3.6 \text{ kg de semillas / cama}) \times (1775 \text{ calorías / kg}) = 220,100$

---

<sup>284</sup> La avena se siembra a un ritmo regular y las habas y las algarrobas a un ritmo regular de 12.5% y 25%. Esta es prácticamente la misma receta para interplantar que se muestra en John Jeavons, Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series, *Booklet #14: The Complete 21-Bed Biointensive Mini-Farm* (Willits, CA: Ecology Action, 1987), pp. 14-15 y que ha sido utilizada exitosamente durante muchos años en el campo.

*Temporada de Cultivo de Invierno* – Todas las secciones de las 18 camas producen avena, habas y algarrobas interplantadas

Paja producida = 18 camas x (13.6 kg / cama) = 244.9 kg

Biomasa de las habas = 18 camas x (81.6 / cama x 0.125 cama) = 183.7 kg

Biomasa de la algarroba = 18 camas x (22.6 kg / cama x 0.25 cama) = 102 kg

Calorías producidas = 18 camas x (3.1 kg de semilla / cama) x (1769 calorías / kg) = 222,894

### AÑOS 2 y 3

*Temporada de Cultivo de Verano* – Todas las secciones de las 18 camas producen amaranto.

Paja producida = 18 camas x (20.4 / cama) = 367.4 kg

Calorías producidas = 18 camas x (3.6 kg de semillas / cama) x (1775 calorías / kg) = 255,600

*Temporada de Cultivo de Invierno* – Todas las secciones de las 18 camas producen avena, habas y algarrobas interplantadas

Paja producida = 18 camas x (13.6 kg / cama) = 244.9 kg

Biomasa de las habas = 18 camas x (81.6 / cama x 0.125 cama) = 183.7 kg

Biomasa de la algarroba = 18 camas x (22.6 kg / cama x 0.25 cama) = 102 kg

Calorías producidas = 18 camas x (3.1 kg de semilla / cama) x (1769 calorías / kg) = 222,894

Promedio anual de producción de paja en el *verano* durante tres años =  $(316.3 + 367.4 + 367.4) / 3$   
= 350.3 kg

Volumen de composta *elaborada* generada a partir de la producción anual promedio de *verano* de paja =

$$350.3 \text{ kg} / (1.6 \text{ kg} / \text{pies cúbicos}) = 65.41 \text{ m}^3$$

Volumen de composta *curada* generada a partir de la producción anual promedio de *verano* de paja =

$$65 \text{ m}^3 / 6.57 = \mathbf{9.94 \text{ m}^3}$$

Volumen de composta *elaborada* generada a partir de la producción anual de *invierno* de paja =

$$244.9 \text{ kg} / (1.6 \text{ kg} / \text{pies cúbicos}) = 46 \text{ m}^3$$

Volumen de composta *curada* generada a partir de la producción anual de *invierno* de paja =

$$46 \text{ m}^3 / 6.57 = \mathbf{7 \text{ m}^3}$$

Volumen de composta *elaborada* generada a partir de la producción anual de *invierno* de habas y algarrobas =

$$(183.7 \text{ kg} + 102 \text{ kg}) / (3.8 \text{ kg} / \text{pies cúbicos}) = 22.59 \text{ m}^3$$

Volumen de composta *curada* generada a partir de la producción anual de *invierno* de habas y algarrobas =

$$22.59 \text{ m}^3 / 8.5 = \mathbf{2.65 \text{ m}^3}$$

Volumen total de composta *curada* generada a partir de avena, habas y algarrobas interplantadas =

$$22.8 + 8.7 = \mathbf{9.6 \text{ m}^3}$$

Volumen de composta *curada* generada a partir del promedio anual de cultivos de *verano* y de *invierno* =

$$9.94 \text{ m}^3 + \mathbf{9.6 \text{ m}^3} = \mathbf{19.54 \text{ m}^3}$$

Si se agrega equitativamente a las 18 camas en el sistema,  $\mathbf{9.6 \text{ m}^3}$  de composta *curada sin suelo* es suficiente para que cada cama reciba  $(\mathbf{9.6 \text{ m}^3} / 18 \text{ camas}) \mathbf{1.1 \text{ m}^3}$  anuales (equivalentes a  $2.16 \text{ m}^3$

de composta *curada* que es 50% suelo por volumen). Por lo tanto, se logra la *Meta #2, producción de suficiente humus.*

Producción calórica promedio *de verano* durante tres años =  $(220,100 + 255,600 + 255,600) / 3$   
= 243,767

Producción calórica total promedio (verano + invierno) por año =  $243,767 + 222,894 = 466,661$  o aproximadamente **53%** de las 876,000 calorías que una persona promedio necesita al año.

### **Cálculo Detallado #21**

Cantidad de composta **elaborada** y **curada** generada por el ejemplo #1

#### **De la página 127**

*Nota: Todas las cifras de producción de composta serán convertidas a la cantidad equivalente de composta **curada** que es 50% suelo por volumen para poder comparar fácilmente la cantidad de composta **curada** que generan el Ejemplo #1 y el Ejemplo #2 y que está disponible para cada una de las camas.*

<u>Material para Composta</u>	<u>Cantidad promedio de kg producidos (peso de la cosecha / año)</u>
Paja (trigo, mijo, quinoa)	<b>436</b>
Tallos de maíz	<b>243</b>

De la Tabla 4 (página 126) y Cálculos Detallados #3 y #10

El **carbón** en 435.4 kg de paja y la producción anual de orina y de estiércol de una persona =  
 $(134.5 \text{ kg} + 32.1 \text{ kg} + 38.4 \text{ kg}) + 2.7 \text{ kg} + 9.5 \text{ kg} = \mathbf{217.3 \text{ kg}}$ .

El **nitrógeno** en 435.4 kg de paja y la producción anual de orina y estiércol de una persona =  
 $(1.6 \text{ kg} + 371 \text{ g} + 467 \text{ g}) + 3.4 \text{ kg} + 1.2 \text{ kg} = \mathbf{7.1 \text{ kg}}$

**Cantidad Total de Carbón / Cantidad Total de Nitrógeno =  $217.3 \text{ kg} / 7.1 \text{ kg} = \mathbf{13.7}$**

Por lo tanto, si se usa toda la paja para compostar la orina y el estiércol por separado, podemos crear pilas con relación inicial carbón-nitrógeno de 30.

Ahora, necesitamos determinar que cantidad de los 435.4 kg de paja surtida se debe usar para compostar la orina y qué cantidad se debe usar para compostar el estiércol. Si solo se usa paja de trigo,  $(332.4 \text{ kg} + 95.2 \text{ kg})$  se necesitarán 427.7 kg de paja de trigo y  $(332.4 \text{ kg} + 427.7 \text{ kg})$  78% se usa para compostar la orina y  $(95.2 \text{ kg} / 427.7 \text{ kg})$  se usa el 22% para compostar el estiércol. Entonces se necesitan  $(435.4 \text{ kg} \times 0.78)$  **339.6 kg** para compostar la orina y se necesitan  $(435.4 \text{ kg} \times 0.22)$  **95.7 kg** para compostar el estiércol.<sup>285</sup>

---

<sup>285</sup> Estas cifras difieren de las 332.48 kg. y las 95.25 kg. de paja de trigo que se calculó se necesitarían en los Cálculos Detallados #3 y #10 respectivamente porque los porcentajes de materia seca y carbón en la paja del mijo difieren de los porcentajes que se encuentran en la paja del trigo.

### Relación Carbono-Nitrógeno de la Composta Enriquecida con Orina Humana

El **carbón** en 339.6 kg de paja y la producción anual de orina de una persona=

$$[(134.5 \text{ kg} \times 0.78) + (32.1 \text{ kg} \times 0.78) + (38.4 \text{ kg} \times 0.78)] + 2.7 \text{ kg} = \mathbf{162.7 \text{ kg.}}$$

El **nitrógeno** en 339.6 kg de paja y la producción anual de orina de una persona=

$$[(1.6 \text{ kg} \times 0.78) + (371 \text{ g} \times 0.78) + (467 \text{ g} \times 0.78)] + 3.4 \text{ kg} = \mathbf{5.3 \text{ kg.}}$$

**Relación carbono-nitrógeno de la composta enriquecida con orina** =  $162.7 \text{ kg} / 5.3 \text{ kg} = \mathbf{13.7}$

### Relación carbono-nitrógeno de la composta enriquecida con estiércol humano

El **carbón** en 95.7 kg de paja y la producción anual de estiércol de una persona=

$$[(134.5 \text{ kg} \times 0.22) + (32.1 \text{ kg} \times 0.22) + (38.4 \text{ kg} \times 0.22)] + 9.5 \text{ kg} = \mathbf{54.6 \text{ kg.}}$$

El **nitrógeno** en 339.6 kg de paja y la producción anual de estiércol de una persona =

$$[(1.6 \text{ kg} \times 0.22) + (371 \text{ g} \times 0.22) + (467 \text{ g} \times 0.22)] + 1.2 \text{ kg} = \mathbf{1.8 \text{ kg}}$$

**Relación carbono-nitrógeno de la composta enriquecida con estiércol** =  $54.6 \text{ kg} / 1.8 \text{ kg} = \mathbf{13.6}$

### Composta *elaborada* y *curada* producida a partir del proceso de compostar la orina y estiércol por separado con paja

Se calcula que la composta *elaborada* y *curada* generada es la misma que se estimó en los Cálculos Detallados #4, #5, #13 y #14 ya que al principio las cantidades de carbón y de nitrógeno en las pilas son aproximadamente las mismas:

**El volumen de la composta *curada* generada a partir del proceso para compostar *orina* con paja es suficiente para mantener el nivel de humus de 7.8 a 23.0 camas.**

**El volumen de composta *curada* generada a partir del proceso para compostar *estiércol* con paja es suficiente para mantener el nivel de humus de 2.4 a 8.0 camas.**

Nota: La orina compostada genera más composta curada que el estiércol compostado porque debe agregarse más paja a la producción anual de orina de una persona para incrementar la relación carbono-nitrógeno de 30 a 1.

### Composta *Elaborada* Producida a partir de Caña de Maíz

Volumen de 242.6 kg de caña de maíz madura cosechada =  $242.6 \text{ kg} / (1.6 \text{ kg} / \text{pies}^3) = 45 \text{ m}^3$

Nota: Una pila de composta hecha únicamente de caña de maíz no se descompondrá de manera eficiente. Es mejor agregar materiales verdes y tierra de modo que la proporción de caña de maíz seca y material verde y tierra sea de aproximadamente 4 a 5 a 1 por volumen. El material verde puede ser generado en camas adicionales y/o interplantando el maíz con frijol, calabaza u otro cultivo para composta. Sin embargo, para hacer este cálculo estimaremos la cantidad de composta *elaborada* generada a partir de caña de maíz únicamente.

### Composta *Curada* Producida a partir de Caña de Maíz

Volumen de composta *curada sin suelo* generada a partir de caña de maíz =  $45.29 \text{ m}^3 / 6.57$  (ver Apéndice A)  
=  $6.9 \text{ m}^3$

Volumen de composta *curada* que es 50% suelo por volumen =  $6.9 \text{ m}^3 / (1 - 0.50) = \mathbf{13.78 \text{ m}^3}$

Aplicada a un ritmo de  $1.01 \text{ m}^3$  a  $2.44 \text{ m}^3$  / cama, esto representa suficiente composta *curada* para fertilizar  $[(45.2 / 8) \text{ a } (45.2 / 3.3)]$  **5.7 a 13.7 camas.**

### Cantidad total de Composta Curada Producida en el Ejemplo #1

La cantidad total de composta curada producida es suficiente para mantener la fertilidad de  $[(7.8 + 2.4 + 5.7) \text{ a } (23.0 \text{ camas} + 8.0 \text{ camas} + 13.7 \text{ camas})]$  **15.9 a 44.7 camas.**

Por lo tanto, se produce suficiente humus para mantener la fertilidad de las 24 camas utilizadas en el Ejemplo #1.

### Cálculo Detallado #22

*porcentajes de área para cultivos para materiales de composta, alimentos e ingresos en el ejemplo #1*

#### **De la página 127**

Consulte el Cálculo Detallado #2 para ver una explicación del procedimiento para el cálculo que se encuentra a continuación.

Asumiendo que la temporada de cultivo del verano es de 4 meses y la temporada de cultivo del invierno es de 8 meses:

**Número total de CMC para cultivos de composta** =  $[21 \text{ camas de trigo (invierno)} \times 8 \text{ meses}] + [4 \text{ camas de trigo (invierno)} \times 4 \text{ meses que no son productivos}] + [23 \text{ camas de maíz, mijo y quinoa (verano)} \times 4 \text{ meses}] =$   
**272 CMC**

**Número total de CMC para cultivos de alimentos** =  $[3 \text{ camas de papas (invierno)} \times 4 \text{ meses}] + [1 \text{ cama de vegetales (verano)} \times 4 \text{ meses}] =$  **16 CMC**

**Número total de CMC para cultivos para ingresos** =  $[0 \text{ camas (invierno)} \times 8 \text{ meses}] + [0 \text{ camas (verano)} \times 4 \text{ meses}] =$  **0 CMC**

**Número total de CMC** =  $272 + 16 + 0 =$  **288 CMC**

Porcentaje de cultivos de composta =  $272 / 288 =$  **94.4%**

Porcentaje de cultivos de alimentos =  $16 / 288 =$  **5.6%**

Porcentaje de cultivos para ingresos =  $0 / 288 =$  **0%**

### Cálculo Detallado #23

*Cantidad de composta elaborada y curada generada por el ejemplo #2*

**De la página 132**

Cantidad promedio de kg producidos (peso de la cosecha / año)

#### Material para composta

Paja (trigo, mijo, quinoa)	<b>390</b>
Tallos de maíz	<b>242.6</b>
Alfalfa	<b>1331</b> (vea el Cálculo Detallado #18)

#### Composta curada producida a partir de orina compostada con paja

**El volumen de la composta curada generada al compostar la orina con paja es suficiente para mantener el nivel de humus de 7.8 a 23.0 camas**

#### Composta curada producida a partir de la paja que no se necesitó para compostar la orina, tallos de maíz secos y el promedio anual de rendimiento seco de la cosecha de alfalfa

A partir del Cálculo Detallado #3, determinamos que se necesitan 332.4 kg (peso de la cosecha) de trigo con una relación inicial carbono-nitrógeno de 30 a 1 para compostar toda la orina que una persona produce. Sin embargo, si se usa paja de mijo y quinoa, así como de trigo, en el Cálculo Detallado #21 descubrimos que se necesitan 339.6 kg de una mezcla de paja de mijo, quinoa y trigo con una proporción inicial carbón-nitrógeno de 30 a 1 (la proporción por peso de cada elemento es relacional a la cantidad que se coseche) para compostar la orina.

Peso de la paja que no se necesitó para compostar la orina = 390 kg – 339.6 kg = 50.4 kg.

#### Relación carbono-nitrógeno de la composta elaborada a partir de la producción promedio anual de alfalfa, la paja que no se necesitó para compostar la orina y los tallos de maíz generados

Carbón en la Alfalfa = 1331.2 kg x 0.263 x 0.509 = 178.2 kg

Carbón en la Mezcla de Paja = 38.4 kg + 88.4 kg + 32.1 kg + 24.7 kg) x 111.2 / 860  
= 23.7 kg

Carbón en los Tallos de Maíz = 242.6 kg x 0.906 x 0.523 = 115 kg

**Cantidad Total de Carbón = 178.2 kg + 23.7 kg + 115 kg = 317 kg**

Nitrógeno en la Alfalfa = 1331.2 kg x 0.0070 = 9.3 kg

Nitrógeno en la Mezcla de Paja = (467 g + 1.07 kg + 371 g + 303 g) x 111.2 / 860 = 285 g

Nitrógeno en los Tallos de Maíz = 242.6 kg x 0.906 x 0.0094 = 2.06 kg

**Cantidad Total de Nitrógeno = 9.3 kg + 285 g + 2.06 kg = 11.6 kg**

**Relación Carbono-Nitrógeno = Cantidad Total de Carbón / Cantidad Total de Nitrógeno = 317 / 11.6 = 27.3**



Composta elaborada generada a partir de los rendimientos promedio anuales de cosechas de 61.7 kg de paja, 242.6 kg de tallos de maíz y 1331.2 kg de alfalfa

El volumen estimado de la composta *elaborada* con material orgánico se basa en el peso de las **cosechas** de los materiales: 1331.2 kg de alfalfa, 50.4 kg de la paja que no se necesitó para compostar la orina y 242.6 kg de tallos de maíz.

Cantidad total de material carbonoso (paja y tallos de maíz) =  $50.4 \text{ kg} + 242.6 = 293.5 \text{ kg}$

Volumen de material carbonoso en una pila de composta =  $293.5 \text{ kg} / (1.6 \text{ kg} / \text{pies cúbicos}) = 54.86 \text{ m}^3$

Cantidad total de material nitrogenado (alfalfa) = 1331.2 kg

Volumen de material nitrogenado en la pila de composta =  $1331.2 \text{ kg} / (3.8 \text{ kg} / \text{ft}^3) = 105.16 \text{ m}^3$

Volumen total de la pila de composta *elaborada* =  $54.86 \text{ m}^3 + 105.16 \text{ m}^3 = 160.02 \text{ m}^3$

Composta curada hecha a partir de alfalfa, paja extra y tallos de maíz

Volumen inicial del material carbonoso =  $54.86 \text{ m}^3$

Volumen *curado* del material carbonoso =  $54.86 \text{ m}^3 / 6.57 = 8.35 \text{ m}^3$

Volumen inicial del material nitrogenado =  $105.16 \text{ m}^3$

Volumen *curado* del material nitrogenado =  $105.16 \text{ m}^3 / 8.5 = 12.37 \text{ m}^3$

Volumen total de la composta curada sin suelo =  $27.4 + 40.6 = 20.73 \text{ m}^3$

Volumen total de la composta curada que es 50% suelo por volumen =  $20.73 \text{ m}^3 / (1 - 0.50) = 41.45 \text{ m}^3$

Aplicada a un ritmo de 1.01 a 2.44 m<sup>3</sup> / cama, 41.45 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen es suficiente para mantener el abastecimiento de humus de  $(41.45 \text{ m}^3 / [2.44 \text{ m}^3/\text{cama}] \text{ a } 41.45 \text{ m}^3 / [3.3/\text{cama}])$  **17.0 a 41.2 camas.**

El volumen total de la composta curada generada al compostar la orina anual producida por una persona y del material de composta en el Ejemplo #2 es suficiente para fertilizar (7.8 camas + 17.0 camas a 23 camas + 41.2 camas) **24.8 a 64.2 camas.** Ya que se necesitan 29 camas para recibir composta curada, esta es suficiente composta para lograr la Meta #2, producción de suficiente humus y por consiguiente probablemente también la Meta #3, regreso de los minerales para este modelo de mini-granja de 35 camas.

Cálculo Detallado #24

*Porcentajes de área para cultivos para materiales de composta, de alimentos y de ingresos en el ejemplo #2*

**De la página 132**

Consulte el Cálculo Detallado #2 para ver una explicación del procedimiento para el cálculo que se encuentra a continuación.

Asumiendo que la temporada de cultivo del verano es de 4 meses y la temporada de cultivo del invierno es de 8 meses:

**Número total de CMC para cultivos de composta** = [19.8 camas de trigo (invierno) x 8 meses] + [3.2 camas de trigo (invierno) x 4 meses que no son productivos] + [21 camas de maíz, mijo y quinoa (verano) x 4 meses] + [12 camas de alfalfa x 12 meses]

$$= 399.2 \text{ CMC}$$

**Número total de CMC para cultivos de alimentos** = [3.2 camas de papas (invierno) x 4 meses] + [2 camas de frijoles y vegetales (verano) x 4 meses]

$$= 20.8 \text{ CMC}$$

**Número total de CMC para cultivos para ingresos** = [0 camas (invierno) x 8 meses] + [0 camas (verano) x 4 meses]

$$= 0 \text{ CMC}$$

**Número total de CMC** = 399.2 + 20.8 + 0 = **420 CMC**

**Porcentaje de cultivos de composta** = 399.2 / 420 = **95%**

**Porcentaje de cultivos de alimentos** = 20.8 / 420 = **5.0%**

**Porcentaje de cultivos para ingresos** = 0 / 420 = **0%**

## Apéndice C

### Discusiones posteriores

#### Discusión posterior #1

*¿Cuánta composta curada debe agregarse para que el suelo reciba las cantidades apropiadas de carbón y nitrógeno curados para mantener y mejorar su fertilidad?*

De cierta manera una aplicación anual de nitrógeno es en general necesaria para mantener la fertilidad del suelo. El nitrógeno en el aire puede ser agregado al suelo a través de la acción de las bacterias que pueden transformarlo en una forma que las plantas puedan usar. El nitrógeno también puede ser agregado al suelo cuando los rayos convierten el nitrógeno atmosférico en nitrógeno soluble en agua y que llega al suelo a través de la lluvia. Debido a que el suelo pierde nitrógeno continuamente por diversas causas (amonificación, desnitrificación, filtración y mercadeo son algunos ejemplos), es esencial que se regrese al suelo el nitrógeno suficiente para que el suelo siga siendo fértil y productivo. En Ecology Action una de nuestras metas es aprender a balancear los nutrientes en el suelo y mejorar su estructura para que al final no sea necesario comprar fertilizantes para mantener su fertilidad. La materia orgánica y el humus que salen del suelo, regresan a él sembrando cultivos carbonosos para composta. El nitrógeno regresa al suelo creando un suelo sano que tenga una buena población de bacterias simbióticas de vida libre fijadoras de nitrógeno y legumbres. Finalmente, tanto el nitrógeno como los otros elementos que el suelo pierde cuando se cultivan plantas para consumo humano y animal pueden regresar si se procesan y regresan todos los desechos que resulten de los humanos, de los animales y de las plantas. Esta sería un tipo de agricultura y de vida verdaderamente sustentable.

Para mantener el suministro de nitrógeno y humus de manera sustentable, una superficie de 10 m<sup>2</sup> no debe recibir más del equivalente de aproximadamente 227 g de nitrógeno por año. Esta pauta se basa en: 1) la cantidad máxima de nitrógeno que un suelo debe recibir<sup>286</sup>; y 2) el nivel requerido de nitrógeno para el sano crecimiento de la mayoría de los cultivos.<sup>287</sup> La cantidad mínima de nitrógeno que debe ser agregada depende de los cultivos que se siembren, la estructura del suelo y el clima. Con rendimientos Biointensivos intermedios, una cama de 10 m<sup>2</sup> puede producir suficiente material de composta para generar una cantidad de composta *curada* que contenga 227 g de nitrógeno o más.<sup>288</sup>

La composta *curada* también contiene otros ingredientes esenciales para la salud del suelo, concretamente potasio, fósforo, azufre y otros nutrientes y sobre todo y lo más importante materia orgánica y humus. De acuerdo con datos de pilas de composta elaboradas sin desechos humanos en la Mini-Granja Common Ground de Ecology Action en Willits, CA y cálculos de pilas de composta enriquecidas con desechos humanos (vea el Apéndice B: Cálculo Detallado #1), aproximadamente **0.82 m<sup>3</sup>** de composta *curada* enriquecida con

---

<sup>286</sup> John Jeavons, *Cultivo Biointensivo de Alimentos* (Berkeley, CA: Ten Speed Press, 1991), p. 23. De las instrucciones para análisis de suelo de La Motte.

<sup>287</sup> Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 131 enumera las necesidades de nitrógeno de diversos cultivos de vegetales; 227 g por cada 10 m<sup>2</sup> es adecuado para todos con excepción posiblemente de la papa blanca. A partir de la experiencia de Ecology Action en Willits, CA, las papas blancas dan buenos rendimientos (comúnmente rinden 2 veces más que el promedio de los Estados Unidos) aplicando 227 g de nitrógeno o menos por cada 10 m<sup>2</sup>.

<sup>288</sup> Del Apéndice B: Cálculo Detallado #1, 1.01 M<sup>2</sup> (3.3 ft<sup>3</sup> de composta curada generada a partir de plantas y sin desechos humanos que es 50% suelo por volumen contiene 227 g de nitrógeno. Una cama en la que se sembró maíz en el verano y avena en el invierno produce aproximadamente 24.2 + 13.6 = 37.8 kg de material carbonoso 7.07 M<sup>2</sup>, (23.2 ft<sup>3</sup> de composta que se reduce a aproximadamente 1.07 M<sup>2</sup> (3.5 ft<sup>3</sup> de composta curada).

orina humana (producida como se describe en las páginas 31-38), **0.73 m<sup>3</sup>** de composta *curada* enriquecida con estiércol humano (producida como se describe en las páginas 70-81) y **1.01 m<sup>3</sup>** de composta *curada* generada sin desechos humanos (con una relación inicial carbono-nitrógeno de aproximadamente 30 a 1), eso es 50% suelo por volumen y tiene una proporción carbón-nitrógeno de 15 a 1<sup>289</sup>, contienen **227 g de nitrógeno curado**.

Sin embargo, cuando agregamos composta curada al suelo, también agregamos materia orgánica, la cual es esencial para la salud del suelo. Por lo tanto, otra meta relacionada con la cantidad de composta curada para aplicar a una cama es la cantidad necesaria para mejorar y mantener el nivel de materia orgánica del suelo de 4% a 6% en climas templados y alrededor de 3% en climas tropicales. La mayoría de los suelos agrícolas tienen un nivel de materia orgánica de 0.5% a 2% y el contenido de materia orgánica de los suelos de la región central de los Estados Unidos ha caído 50% durante los últimos años.<sup>290</sup> En general, si el nivel de materia orgánica del suelo cae debajo del 4%, no hay suficiente materia orgánica para retener minerales importantes para el suelo, y estos minerales podrían filtrarse afectando la salud del suelo y evitando que se pueda preservar su fertilidad. Es necesario investigar más antes de poder predecir las consecuencias de diversos rangos de aplicación de composta curada en diferentes tipos de suelo en diversos climas.

Cuando dependemos solo de la composta curada como única fuente de nitrógeno y materia orgánica, quizá no podamos aplicar la cantidad apropiada de cada una de estas fuentes de manera simultánea. Es decir, cuando agregamos composta curada, quizá no estemos agregando suficiente (o incluso demasiada) materia orgánica u otros nutrientes al suelo. Quizá también necesitemos agregar demasiado nitrógeno al suelo para así agregar suficiente materia orgánica o viceversa.

Desde el punto de vista histórico, aplicar 2.4 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen a 10 m<sup>2</sup> una vez al año en diversos climas templados ha dado excelentes resultados en términos de rendimientos de las cosechas y mejora de la fertilidad del suelo. Es debido a esta experiencia que esta cantidad de 2.4 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen se recomienda como la gama alta de los tres rangos de aplicación de 2.4, 2.7 o 3.3 (dependiendo de los materiales originales que se usaron para producir la composta curada; vea el Apéndice B: Cálculo Detallado #1) a 2.4 m<sup>3</sup> que se relacionan a lo largo de toda esta publicación. En un clima templado, se pueden generar 2.4 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen con las plantas cultivadas en 10 m<sup>2</sup> de suelo (con altos rendimientos *Biointensivos* con cultivos que producen cantidades importantes de biomasa y carbón). El suelo que produce *rendimientos intermedios Biointensivos* puede producir suficientes cultivos para composta para generar alrededor de 1.22 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen o más, dependiendo de los cultivos para composta que se siembren.<sup>291</sup>

---

<sup>289</sup> Vea la nota a pie de página #234.

<sup>290</sup> Dr. David Pimentel, et al., "Land Degradation: Effects on Food and Energy Resources", *Science*, octubre 8, 1976, p. 150; y Barry Commoner, "Nature Under Attack", *Columbia Forum*, primavera 1978, Vol. 11 No. 1. Hay excepciones – algunos suelos, llamados "suelos de barro o arcillosos" (muck soils), tienen niveles de materia orgánica de hasta 15% -- pero estos suelos en general no proveen la mayoría de las calorías.

<sup>291</sup> Se generan aproximadamente 1.2 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen a partir de los materiales producidos por una cama en la que se sembró maíz durante una temporada templada y una mezcla de trigo, centeno, habas y algarroba como lo describe John Jeavons, en *Ecology Action's Self-Teaching Mini-Series Booklet #14: The Complete 21-Bed Biointensive Mini-Farm* (Willits, CA: Ecology Action, 1987), pp. 14-15. No se da un cálculo detallado de la derivación de esta cifra pero se podría encontrar usando los datos de la biomasa relacionados por John Jeavons, *Cultivo Biointensivo de Alimentos* y el Apéndice A: Fórmula para Convertir el Peso Seco.

Con este rango de aplicación es posible que se agregue tres veces más la cantidad máxima recomendada de nitrógeno al suelo. Sin embargo, la pauta de 227 g de nitrógeno se basa en el supuesto de que el nitrógeno está siendo aplicado en forma de fertilizante químico de nitrógeno. El nitrógeno en la composta curada no está tan fácilmente disponible: solo del 15% al 50% del nitrógeno en la composta curada es liberado y está disponible para los cultivos al año.<sup>292</sup> La cantidad de nitrógeno que es liberada podría depender de la relación carbono-nitrógeno de la composta curada y de la relación carbono-nitrógeno de los materiales iniciales para composta entre otros posibles factores. La composta curada que al principio tiene una relación carbono-nitrógeno alta o que fue hecha con materiales para composta con alto contenido de carbón como astillas de madera o aserrín, libera su nitrógeno más lentamente. Por lo tanto, la cantidad precisa de composta curada que agregará la cantidad correcta de nitrógeno al suelo variará de composta a composta. Además, agregar 227 g de nitrógeno en forma de composta curada que es 50% suelo por volumen probablemente agregará menos del total disponible de nitrógeno que si agregamos 227 g de nitrógeno en forma de estiércol humano fresco como se hace en los métodos que se usan con Árboles y Granos y Plantas Perennes. Para leer un debate acerca de si agregar nitrógeno en exceso puede llevar a un aumento en la degradación del humus en el suelo, vea el Apéndice C: Debates Posteriores #3.

A pesar de que históricamente ha habido buenos resultados, 2.44 m<sup>3</sup> de composta curada no siempre producen los mejores rendimientos en comparación con aquellos producidos cuando se aplica menos composta curada. El **Dr. Ed Glenn del Laboratorio de Investigación medio ambiental de la Universidad de Arizona** descubrió que con un rango de aplicación de 0.43 m<sup>3</sup> de composta curada *sin suelo* (la cual contiene aproximadamente cantidades equivalentes de nitrógeno y de humus como los que hay en 0.85 M<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen) por cada 10 m<sup>2</sup> por año se produjeron los mejores rendimientos en los cultivos en comparación con rangos de aplicación de 1.2, 2.4 y 4.8 m<sup>3</sup> de composta curada *sin suelo* (el equivalente de 2.4, 4.8 y 11.34 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen) por cada 10 m<sup>2</sup> por año. De acuerdo con Glenn, los cultivos que crecieron en suelos que recibieron composta curada con los 3 rangos más elevados, “sufrieron de daño por sal y probablemente de un exceso de nitrógeno”. Glenn informó que incluso 0.25 m<sup>3</sup> de composta curada sin suelo (el equivalente a 0.49 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen) por cada 10 m<sup>2</sup> mantuvieron altos rendimientos.<sup>293</sup> *Es interesante mencionar que 0.43 m<sup>3</sup> de composta curada sin suelo generada a partir de plantas únicamente y sin desechos humanos es equivalente a 0.85 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen estableciendo una correlación cercana con la cantidad de 1.01 m<sup>3</sup> de composta curada que contiene 227 g de nitrógeno.*

De manera similar, **Hillel I. Shuval** recomienda que se apliquen de 0.43 a 0.86 m<sup>3</sup> de composta curada sin suelo (el equivalente a 0.86 a 1.72 m<sup>3</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen) por cada 10 m<sup>2</sup> por año dependiendo del nivel del agua del subsuelo, la calidad del suelo y los requisitos de cada cultivo.<sup>294</sup> Las conclusiones del Dr. Glenn y de H. I. Shuval se correlacionan de manera muy cercana con la cantidad de composta curada que calculamos contiene 227 g de nitrógeno.

---

<sup>292</sup> H. I. Shuval, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 10: Night-Soil Composting* (Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981), p. 78 y Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 58.

<sup>293</sup> Dr. Ed Glenn, comunicado personal, diciembre 12, 1989.

<sup>294</sup> H. I. Shuval, et al., *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Vol. 10: Night-Soil Composting* (Washington, D.C.: Banco Mundial, 1981), p. 78 y Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 58.

Si 0.73 a 1.01 m<sup>3</sup> o tan solo 0.46 m<sup>2</sup> de composta curada que es 50% suelo por volumen como sugiere Glenn contienen suficiente materia orgánica y humus para establecer y mantener un nivel de materia orgánica de 4% a 6% en los 10 m<sup>2</sup> de suelo (en regiones templadas; 3% en regiones tropicales); es la pregunta sin respuesta en este momento. Investigaciones en curso en la Mini Granja Common Ground de Ecology Action en Willits CA sugieren que este podría ser el caso, pero será esencial seguir investigando durante un periodo de 50 a 100 años con la ayuda de tantas personas como sea posible que estén interesadas y dispuestas a hacerlo en diferentes tipos de suelo alrededor del mundo para poder encontrar una respuesta para esta pregunta clave y vivir de manera sustentable.

*¿Se puede usar la orina humana para matar huevos de gusanos del género Ascaris que podrían estar presentes en el estiércol humano?*

Cuando la orina se almacena con el estiércol y no por separado o no se diluye, se dice que el amoníaco producido cuando la urea en la orina se descompone puede matar los huevos de los gusanos parásito que se encuentran en el estiércol, incluyendo los huevos de los gusanos del género *Ascaris*.<sup>295</sup> El problema con esta solución es que cuando la orina y el estiércol son almacenados juntos, mucho del nitrógeno que se encuentra en la orina se irá al aire en forma de amoníaco y es probable que el estiércol se descomponga de manera anaeróbica y no se caliente lo suficiente como para destruir los patógenos que contenga. El producto final, en lugar de que sea fácil de extender y de incorporar al suelo, será como un guiso húmedo y tóxico que será desagradable y difícil de manejar y que probablemente propagará enfermedades.

Sin embargo, E. I. Hamdy informó que los huevos del gusano *Ascaris* mueren en la orina humana sin diluir después de tan solo 16 horas.<sup>296</sup> A pesar de que parte de la urea en la orina se convertirá en amoníaco y esto resultará en una pérdida de nitrógeno, es poco probable que se presente una descomposición anaeróbica importante durante ese periodo de tiempo. Quizá exista una manera sencilla y creativa de exponer el estiércol a la orina durante solo 16 horas y luego separarlos para procesarlos aún más. Ya que es probable que la orina haya adquirido otros patógenos del estiércol humano, tanto la orina como el estiércol necesitarían ser procesados para cumplir con los requisitos que el estiércol humano debe cumplir para ser considerado seguro para manejar y aplicar al suelo en el que se están cultivando alimentos (especialmente cultivos de raíz y de hojas) para el consumo humano.

**Discusión posterior #3**

*¿Puede una aplicación excesiva de nitrógeno aumentar la velocidad a la cual se pierde humus del suelo?*

De acuerdo a **Lea Harrison, maestra de permacultura** durante los últimos 13 años, la respuesta es sí. En el lugar en dónde los microorganismos aeróbicos del suelo están más activos creando y consumiendo humus y oxígeno en el suelo, ahí forman burbujas con muy poco aire. Estas burbujas se pueblan con bacterias anaeróbicas (las cuales no necesitan aire para crecer) que empiezan a producir etileno el cual inhibe la actividad de las bacterias aeróbicas. Sin embargo, el nitrato evita que las bacterias anaeróbicas produzcan etileno. Por lo tanto, el exceso de nitrato que viene de una aplicación excesiva de fertilizante con nitrógeno puede permitir que las bacterias aeróbicas sigan descomponiendo el humus<sup>297</sup> (hasta que se quedan sin aire).

---

<sup>295</sup> H. T. Ch'on, et al., "Achievements in the fight against parasitic diseases in New China", *Chinese Medical Journal* 79, diciembre 1959, pp. 493-520.

<sup>296</sup> E. I. Hamdy, "Urine as an *Ascaris lumbricoides* Ovicide", *Journal of the Egyptian Medical Association* Vol. 53, 3-4, 1970, pp. 261-264.

<sup>297</sup> Lea Harrison, "Soil Fertility", *The Permaculture Activist*, mayo 1992, pp. 8-11.

Por diferentes razones, el **Dr. William Albrecht**, alguna vez **Presidente del Departamento de Suelos de la Universidad de Missouri**, estaría de acuerdo con el hecho de que si se aplica demasiado nitrógeno al suelo esto causará que el suelo pierda más humus. Sesenta y cinco años de experimentación y análisis del Campo Field en la Estación Experimental de Missouri llevaron al Dr. Albrecht a hacer pública una advertencia acerca de que los fertilizantes químicos de nitrógeno aumentan la pérdida de humus del suelo: “Es evidente que en los tres casos en los que se aplicaron fertilizantes químicos, particularmente en el caso del nitrógeno, se estaba destruyendo la materia orgánica del suelo rápidamente cuando la acción microbiana para balancear las sales requirió carbón como intermedio de energía para lograr y por consiguiente se ocasiona su rápida oxidación. Este proceso del suelo es muy parecido al de la orina del ganado, que cuando se mezcla con paja y se amontona, se calienta rápidamente en el proceso de descomposición de la paja (que) con su amplia relación carbono nitrógeno a la que se le aporta repentinamente nitrógeno adicional y otras sales para el equilibrio microbiano de la materia orgánica carbonosa menos activa, se preserva contra la descomposición en ausencia de nitrógeno.”<sup>298</sup> Sin embargo, en terrenos que han recibido cantidades comparables de nitrógeno en forma de estiércol animal, la cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó. Por lo tanto, podría ser la falta de carbón en el fertilizante químico de nitrógeno que causó, por lo menos en parte, este efecto ya que no se estaba reabasteciendo el humus que se perdió del suelo.

El **Dr. Robert Parnes**, operador de un servicio comercial de análisis de suelo durante los últimos diez años y poseedor de una maestría en física de la universidad del estado de Ohio, no cree que el nitrógeno pueda incrementar la pérdida de humus del suelo. Los microorganismos descomponedores consumen aproximadamente 30 partes de carbón por cada parte de nitrógeno, de ahí la directriz que dice que una pila de composta debe tener inicialmente 30 partes de carbón por 1 de nitrógeno para que haya una óptima descomposición y producción de humus. Cuando la composta curada está lista para ser utilizada, tiene una relación carbono nitrógeno de aproximadamente 15 partes de carbón por 1 de nitrógeno (vea la nota a pie de página #234). El autor calcula que esta es aproximadamente la relación carbono nitrógeno de la parte orgánica del suelo. Si este cálculo es correcto entonces la materia orgánica y el humus en el suelo tienen un “exceso” de nitrógeno ya que los microbios responsables de la descomposición solo consumen 1 parte de nitrógeno por cada 30 partes de carbón. Por lo tanto, hay suficiente nitrógeno para que los microbios sigan consumiendo el carbón y el humus en la materia orgánica del suelo. Agregar más nitrógeno al suelo no debería estimular a los microorganismos e incrementar la velocidad a la que se pierde humus ya que el nitrógeno no es el factor limitante.<sup>299</sup>

Aunque quizá haya 1 parte de nitrógeno por 15 de carbón, de acuerdo al **Dr. Paul D. Sachs**, quien ha investigado las dinámicas de los sistemas del suelo durante 10 años, la mayor parte del nitrógeno en la parte orgánica del suelo en forma de humus es muy resistente al uso biológico<sup>300</sup> y por lo tanto en gran parte no disponible. Por consiguiente, a diferencia de la interpretación de Parnes, el nitrógeno disponible en el suelo *es* un factor limitante para fomentar la actividad microbiana y la descomposición. De acuerdo a Sachs, en el suelo y en la pila de composta hay dos ambientes muy diferentes y la disponibilidad del nitrógeno en cualquiera de ellos no puede ser determinada por la relación carbono nitrógeno de dicho ambiente. La relación carbono nitrógeno de una pila de composta puede ser tres veces la del suelo, pero el nitrógeno en una pila de composta recién hecha está en general más fácilmente disponible para los organismos descomponedores.

---

<sup>298</sup> Dr. William A. Albrecht, *The Albrecht Papers*, Charles Walters, Jr., ed. (Raytown, Missouri: Acres U.S.A., 1975), p. 193.

<sup>299</sup> Dr. Robert Parnes, comunicado personal, septiembre 11, 1993.

<sup>300</sup> Este nitrógeno (que se acumula en la materia orgánica del suelo) con frecuencia es sujetado por compuestos fenólicos y es mucho más difícil mineralizarlo, a diferencia del que emana de organismos vivientes (E.A. Paul y F. E. Clark, *Soil Microbiology and Biochemistry* [New York: Academic Press, Inc., 1989], p. 134).

Sin embargo, incluso cuando se haya agregado exceso de nitrógeno inorgánico al suelo (fácilmente disponible), el humus estable en el suelo es relativamente resistente a la descomposición rápida. Es el humus recién producido



en el suelo que está en camino a ser humus estable que podría ser consumido y degradado por los organismos del suelo cuando se agregan cantidades excesivas de nitrógeno fácilmente disponible. Si se consume parte del humus recién sintetizado, al final una cantidad menor será estabilizada y la cantidad total de humus en el suelo disminuirá lentamente.<sup>301</sup>

Del libro de Paul D. Sachs, *Edaphos*, parece que el nitrógeno en el suelo puede existir en cuatro formas diferentes: 1) como un compuesto químico inorgánico como el amoníaco y el nitrato, la forma común del nitrógeno en los fertilizantes. En esta forma es consumido fácilmente por los microorganismos del suelo; 2) como nitrógeno orgánico en las proteínas y otras moléculas que se encuentran en plantas, animales y desechos humanos. En esta forma, primero debe transformarse en amoníaco o nitrato después de lo cual puede ser asimilado por los tejidos de los microbios o puede escapar del suelo en forma de gas o filtrarse. Si el nitrógeno sale del suelo su potencial para combinarse con el carbón en los tejidos de los microorganismos y crear humus desaparece también; 3) como nitrógeno en el humus (como el de la composta curada) que ha sido recién creado y es inestable. En esta forma, ya que el humus aún puede oxidarse y degradarse, el nitrógeno puede convertirse en amoníaco y nitrato y al igual que en la forma #2 puede ser consumido nuevamente por microorganismos o escapar del suelo; y 4) como nitrógeno en el humus que no puede degradarse y que contiene nitrógeno que es estable durante 10, 100 e incluso 1,000 años. Lo que es más, el carbón existe en el suelo en diferentes formas también que varían en lo que respecta a su disponibilidad para ser consumido por los microbios del suelo. El carbón en los vegetales verdes frescos está muy fácilmente disponible; el carbón en la paja está menos disponible, el carbón en el aserrín está aún menos disponible y *el carbón en el humus estable es el que está menos fácilmente disponible.*<sup>302</sup>

*Así que la pregunta “¿puede un exceso de nitrógeno en el suelo causar que el humus se pierda más rápidamente?” quizá no pueda responderse a menos que conozcamos las cantidades de carbón y nitrógeno disponible en el suelo. Si hay carbón que puede ser consumido por los microbios del suelo (que se encuentra en forma de humus inestable que estaría presente en el suelo que ha recibido composta curada recientemente, por ejemplo) y hay una cantidad insuficiente de nitrógeno disponible entonces la respuesta es sí: una aplicación excesiva de nitrógeno disponible tenderá a incrementar la velocidad a la cual se degrada el humus inestable. Sin embargo, si el carbón está relativamente no disponible (como es el caso del humus estable) entonces una aplicación excesiva de nitrógeno no afectará la velocidad a la cual se degrada. Aun así, para mantener el nivel de humus del suelo, se debe permitir que parte del humus inestable madure y se estabilice para reabastecer la cantidad de humus estable que al final se degradará. Las aplicaciones excesivas de nitrógeno impiden este proceso de estabilización, al final el nivel global de humus en el suelo disminuirá y pondrá en peligro la productividad y salud del suelo.*

Otra manera en que una aplicación excesiva de fertilizante de nitrógeno podría causar que el humus en el suelo se descomponga más rápidamente sucede cuando el fertilizante de nitrógeno tiene un efecto acidificante en el suelo. La materia orgánica en el suelo es menos estable en suelos ácidos y se descompone más rápidamente.<sup>303</sup> Se ha informado que los fertilizantes de nitrógeno que tienen un efecto acidificante en el suelo son: el nitrato de

---

<sup>301</sup> Paul D. Sachs, comunicado personal, diciembre 7, 1993.

<sup>302</sup> Con base en la experiencia personal y Paul D. Sachs, *Edaphos* (Newbury, VT: The Edaphic Press, 1993), p.45

<sup>303</sup> Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 76.

amoníaco, el amoníaco anhidro, el amoníaco líquido, el cloruro de amoníaco,<sup>304</sup> el sulfato de amoníaco,<sup>305</sup> el fosfato monoamónico, fosfato de amonio y la urea<sup>306</sup> (los dos últimos son fertilizantes químicos de nitrógeno

sintético). Otros fertilizantes acidificantes son: el cloruro de potasio, el azufre, la lluvia ácida, el superfosfato y el triple fosfato.<sup>307</sup>

En conclusión, la orina y el estiércol humanos procesados probablemente no deben ser agregados al suelo a un rango mayor al equivalente a 227 g de nitrógeno por cada 10 m<sup>2</sup> por año. Aunque un rango de aplicación mayor podría reducir el número de camas que se necesitan para reciclar la producción anual de orina y de excremento de una persona, quizá también reduzca el nivel de materia orgánica y de humus del suelo y su habilidad para producir alimentos.

---

<sup>304</sup> Nyle C. Brady, *The Nature and Properties of Soils*, 9ª edición, (New York: Macmillan Publishing Company, 1984), p.311.

<sup>305</sup> Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), p. 165.

<sup>306</sup> Garce Gershuny y Joseph Smillie, *The Soul of Soil*, 2ª edición (St. Johnsbury, VT: Gaia Services, 1986), p. 84.

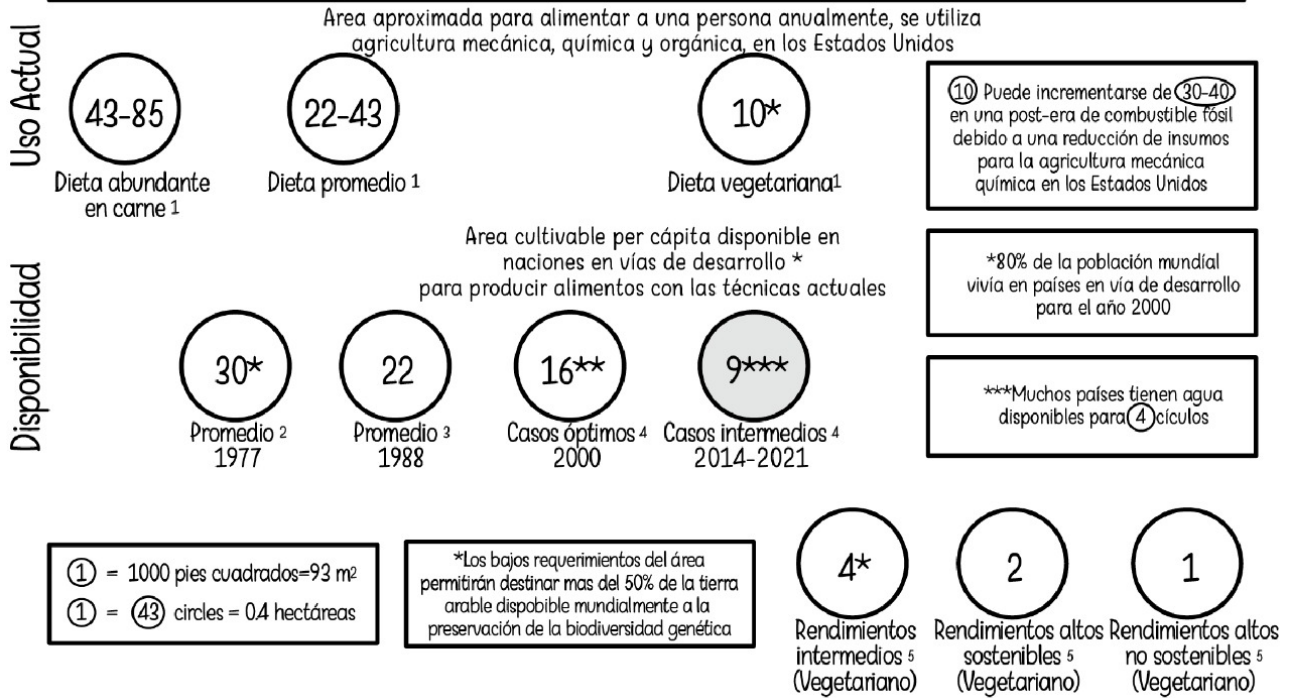
<sup>307</sup> Dr. Robert Parnes, *Fertile Soil* (Davis, CA: AgAccess, 1990), pp. 165-167.

## Apéndice D

# La Gráfica de los Círculos

## Los Círculos

### Áreas de cultivo para producir Alimentos con diferentes Técnicas Agrícolas



### Notas y Fuentes de Información para la Gráfica de los Círculos

1. Dr. Kenneth E.F. Watt, *The Titanic Effect*, 1974, Sinauer Associates, Inc., Stamford, Connecticut. p. 41. (43 círculos, 22 círculos y 10 círculos). Las cifras de las gamas del extremo superior han sido desarrolladas a partir de otros datos.
  2. La fuente aún debe ser identificada.
  3. Informe del Estado del Mundo de Las Naciones Unidas, 1977. Vea también *Backyard Homestead*, p. 19.
  4. *Proyección conservadora para naciones en desarrollo* de Ecology Action basada en:
    - a) P. Buringh, "Availability of Agricultural Land for Crop and Livestock Production", 1989, en D. Pimentel y C. W. Hall (editores), *Food and Natural Resources*, pp. 69-83, San Diego; Academic Press, como se observa en "Natural Resources and an Optimum Human Population", David Pimentel, et al., *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*, Vol. 15, No. 5, mayo, 1994;
    - b) Datos de la FAO/ONU, datos y otra información del Worldwatch Institute.
- Podría presentarse *una pérdida total de la producción agrícola mundial*:
- a) En el año 2044: *proyección acelerada* (pérdida de producción si se presenta el deterioro a un ritmo cada vez mayor y no a un ritmo lineal: 30% en promedio, en los primeros 25 años, ritmo duplicado, en promedio, en los siguientes 25 años);
  - b) En el año 2060: *proyección del peor de los casos de Pimentel/Buringh* (pérdida de producción a un ritmo de 30% cada 25 años). Muchos piensan que es probable que esta proyección se haga realidad.
  - c) O en el año 2118: *proyección del mejor de los casos de Pimentel/Buringh* (pérdida de producción a un ritmo de 15% cada 25 años).
5. Carta detallada de Peter Huessy, The Environmental Fund, Washington, D.C., enero 22, 1980.
  6. Desarrollado a partir de la investigación y publicaciones de Ecology Action.

## Apéndice E

### **Aplicación sustentable de materia vegetal compostada, estiércol de vaca compostado y fertilizantes orgánicos**

#### Aplicación sustentable de materia vegetal compostada

Ecology Action y otros han descubierto que 2.44 m<sup>3</sup> de composta *curada* (que es 50% suelo por volumen) es la cantidad máxima y probablemente la cantidad óptima de composta curada que debe agregarse a 10 m<sup>2</sup> de suelo por año. Solo bajo circunstancias muy poco usuales (como cuando se mejora un suelo que no tiene capa superior o subsuelo, pero solo tiene material en los horizontes C y R) se necesitan más 2.44 m<sup>3</sup> de composta curada (que es 50% suelo por volumen). Bajo tales circunstancias, no se deben agregar más de 16 pies cúbicos de composta curada (que es 50% suelo por volumen) y se debe aplicar *solo una vez*. La razón para esto son las metas de sustentabilidad y productividad del suelo y de la granja a largo plazo.

La meta del Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable es que la granja *produzca esencialmente toda la fertilidad del suelo de manera sustentable y que al final no se necesiten insumos externos*. Esto es posible una vez que los nutrientes del suelo están balanceados a través de análisis de suelo competentes seguidos de la aplicación de cantidades apropiadas de fertilizantes orgánicos. La sustentabilidad se puede lograr alcanzando dos metas: a) sembrando cultivos de composta para generar suficiente composta curada; y b) regresando todos los nutrientes del suelo que se encuentran en los cultivos al suelo a través de la composta y del reciclaje apropiado de los desechos humanos. Si se logran estas dos metas, tanto el nivel de humus como el de los nutrientes puede ser reabastecido de manera sustentable. Es decir, se puede mantener la fertilidad del suelo prácticamente de manera indefinida ya que estas prácticas no dependen directa o indirectamente de recursos no renovables (por ejemplo, de fertilizantes químicos que son hechos a partir del petróleo). Algunos ejemplos de prácticas que usan recursos no renovables de manera indirecta son: el uso de fertilizantes orgánicos que en general se producen a partir de cultivos que han sido cultivados con fertilizantes químicos o de animales cuyos alimentos fueron cultivados con químicos, y b) el uso de materia orgánica de otras áreas que no se mantienen de manera sustentable. Cuando los nutrientes y/o la materia orgánica llegan a la granja proveniente de otra área, los niveles de nutrientes y de humus de esa área disminuirán hasta que no tenga la capacidad de producir el fertilizante orgánico o las enmiendas.

El Mini-Cultivo Biointensivo Sustentable tiene un excelente potencial para intervención nutricional y provisión nutricional completa y al mismo tiempo *puede* ser sustentable. Sin embargo, para poder usar más de lo que se considera una cantidad sustentable de composta es necesario agotar otro suelo. La cantidad de suelo que será diezmado depende de la cantidad de composta curada que se aplique. Por ejemplo, en lugar del rango de aplicación óptimo máximo de 2.44 m<sup>3</sup> de composta *curada* que es 50% suelo por volumen por cada 10 m<sup>2</sup> de suelo, se aplican 8.23 m<sup>3</sup> de composta *curada* que es 50% suelo por volumen por cada 10 m<sup>2</sup> de suelo. Se necesitan aproximadamente 17.9 m<sup>2</sup> (*asumiendo altos rendimientos*) para producir 8.23 m<sup>3</sup> de composta *curada* (que es 50% suelo por volumen). Si se agregan los 8.23 m<sup>3</sup> a solo 10 m<sup>2</sup>, 8.6 metros m<sup>2</sup> se verán tan diezmados que serán incapaces de producir suficiente materia orgánica para mantener los otros 10 m<sup>2</sup> de suelo.

#### Rendimientos biointensivos avanzados (máximos)

Área que se necesita para producir 27 pies cúbicos de composta **curada** = 17.9 metros cuadrados

Área que recibirá 27 pies cúbicos de composta **curada** = 10 metros cuadrados

Área que no recibirá composta y al final perderá su fertilidad = 8.6 metros cuadrados

Con rendimientos **intermedios** *Biointensivos*, la cantidad *máxima* de composta curada (que es 50% suelo por volumen) que pueden generar 10 m<sup>2</sup> es aproximadamente 2.13 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, se necesitan aproximadamente 35.8 m<sup>2</sup> para generar 8.23 m<sup>3</sup> de composta curada para 10 m<sup>2</sup> y en el proceso se agotarían los otros 26.5 m<sup>2</sup> de suelo.

### Rendimientos *Biointensivos intermedios*

Área que se necesita para producir 8.23 m<sup>3</sup> de composta **curada** = 35.8 m<sup>2</sup>

Área que recibirá 8.23 m<sup>3</sup> de composta **curada** = 10 m<sup>2</sup>

Área que no recibirá composta y al final perderá su fertilidad = 26.5 m<sup>2</sup>

Es muy importante que los mini agricultores principiantes empiecen a cultivar su propia composta, que apliquen lo que tienen y que se esfuercen por producir suficiente composta *curada* (que es 50% suelo por volumen) para poder aplicar hasta 2.44 m<sup>3</sup> por cada 10 m<sup>2</sup> por temporada de cultivo de cuatro meses. Entonces la fertilidad del suelo quizá será sustentable con base en un “sistema cerrado” aproximado que en el proceso no agotará otros suelos.

Después de llevar a cabo cierto número de experimentos acerca de la sustentabilidad del Mini-Cultivo *Biointensivo* en el Laboratorio de Investigación medioambiental, el Dr. Glenn plantea: “A pesar de que no habían fondos disponibles para continuar con estos experimentos por el número necesario de años para poder llegar a conclusiones finales, los resultados sustentaron la hipótesis de que la producción sustentable de alimentos con pocos o con ningún insumo externo no solo continuará produciendo altos rendimientos sino que también mejorará los componentes orgánicos en el suelo en lugar de diezmarlos”.

### Aplicación sustentable de estiércol de vaca

Con frecuencia se recomienda aplicar una capa de 2.54 cm de estiércol animal compostado por cada 10 m<sup>2</sup>, además de los 2.44 m<sup>3</sup> (una capa de 2.54 centímetros) o más de composta *curada* (que es 50% suelo por volumen) que provenga de materia vegetal. Sin embargo, esto representa una sobre aplicación de nitrógeno que podría provocar una toxicidad por nitrato en los cultivos, que haya nitrato en el agua del subsuelo, cultivos asociados, acidificación del suelo y posiblemente pérdida de humus del suelo como se describe en las páginas 23-26.

Aún más importante, agregar esta cantidad de estiércol *compostado* (sin suelo) no es sustentable. La producción anual de forraje para la vaca usando el Mini-Cultivo *Biointensivo* con ninguna técnica de pastoreo, requiere (*con rendimientos *Biointensivos intermedios**) aproximadamente 696.7 m<sup>2</sup> de suelo (75 a 100 camas de 10 m<sup>2</sup>). La vaca produce alrededor de 67.06 m<sup>3</sup> de estiércol (seco) al año o alrededor de 33.5 m<sup>3</sup> una vez que el estiércol se ha descompuesto. 33.5 m<sup>3</sup> es suficiente composta *curada* (sin suelo) para aplicar en aproximadamente 130 m<sup>2</sup> (o 14 camas de 10 m<sup>2</sup>) de suelo al año con el rango de aplicación que se describe arriba. Por lo tanto, 566.7 m<sup>2</sup> (o 61 camas de 10 m<sup>2</sup>) no recibirán composta y sus minerales, así como el humus, no serán reabastecidos. Con el tiempo, esta práctica ocasionará que las 61 camas pierdan materia orgánica, minerales, fertilidad y productividad.

## Rendimientos Biointensivos intermedios<sup>308</sup>

Área que se necesita para alimentar a una vaca = 696.7 m<sup>2</sup>

Área que será fertilizada con el estiércol de una vaca = 130 m<sup>2</sup>

Área que perderá su fertilidad = 566.7 m<sup>2</sup>

### Uso apropiado de los fertilizantes orgánicos

A menos que el suelo sea analizado por un laboratorio competente o que el agricultor pueda deducir a partir de la presencia y características de crecimiento de ciertas plantas que minerales faltan en el suelo, no se deben aplicar fertilizantes orgánicos y solo se debe usar composta *curada* generada a partir de los residuos producidos por la granja. Usualmente agregar fertilizantes orgánicos indiscriminadamente hace más daño que bien. Lo óptimo sería identificar que minerales le hacen falta al suelo a través de un análisis de las plantas o a través de un análisis químico y agregarlo en forma de fertilizantes orgánicos hasta que haya suficientes minerales y estén balanceados. A partir de ahí, debido a que se están reciclando los nutrientes no será necesario agregar fertilizantes orgánicos.

### Procedimiento para aplicar la composta

A menos que sea necesario enmendar drásticamente un suelo que no tiene capa superior o subsuelo o un suelo con un nivel extremadamente bajo de materia orgánica, los 2.44 m<sup>3</sup> (o menos, si solo se necesita esa cantidad o si es todo lo que hay disponible) de composta *curada* (que es 50% suelo por volumen) deben ser aplicados solo **después** de que la cama ha sido doble excavada y no antes. La composta que se agrega antes del doble excavado tiende a enterrarse a demasiada profundidad en el suelo y por lo tanto no se puede acceder a ella de manera inmediata y no puede ser utilizada efectivamente por los almacigos cuando más lo necesitan. Si se coloca la composta abajo esto evita el movimiento hacia arriba del agua a las raíces.

## CONCLUSION

Tenemos la habilidad de responder al regalo de la vida que nos da el suelo cada día al regresarle por lo menos lo que tomamos de él. Cuando usamos nuestra capacidad de respuesta, descubrimos que somos más ricos solo por hacerlo. Podemos aprender a cuidarnos a nosotros mismos, a nuestras familias y al suelo que es tan generoso. Cuando le damos vida este responde también fortaleciéndose y produciendo cultivos que dan más vida y más fuerza a las personas y a otras criaturas del planeta.

Usar nuestra capacidad de respuesta depende de nosotros, así como elegimos usar nuestras mentes para pensar, nuestras voces para cantar y nuestras manos para unirnos.

---

<sup>308</sup> Se están investigando los datos para las gallinas y los caballos.

## Acerca del Autor

En 1991, después de obtener un título como licenciado en Microbiología en la Universidad de California en Santa Barbara, John Beeby empezó su investigación acerca de cómo reciclar los desechos humanos. De 1992 a 1995 fue aprendiz en la Mini-Granja Common Ground de Ecology Action en Willits, California y ahí aprendió los fundamentos del Mini-Cultivo Sustentable CULTIVE BIOINTENSIVAMENTE<sup>MR</sup> y siguió investigando acerca del reciclaje de los desechos humanos. Siguió trabajando en la Mini-Granja Common Ground hasta 1996 como miembro del personal, cultivando, enseñando, haciendo investigación y escribiendo. ¡También es autor del libro *Test Your Soil With Plants!* publicado por Ecology Action en el que explica cómo usar las plantas silvestres, nativas y cultivadas para determinar la textura y el contenido de materia orgánica y minerales de los suelos.

Actualmente John Beeby vive en Ithaca, Nueva York con su esposa Meghan y varios animales de compañía con necesidades especiales en su granja “Kindred Spirits”. Trabaja en la Universidad Cornell como Supervisor del Laboratorio de Diagnóstico Molecular que es parte del Laboratorio de Diagnóstico de Salud Animal del estado de Nueva York. Usted puede contactarlo enviando un correo electrónico a: [kindredspiritsfarm@ecoisp.com](mailto:kindredspiritsfarm@ecoisp.com)

## Acerca de la organización

Durante 30 años, Ecology Action ha estado investigando, analizando, documentando y enseñando cómo cultivar una dieta completa para una persona en el área más pequeña posible y al mismo tiempo mantener e incluso mejorar la fertilidad del suelo. Ecology Action empezó trabajando con un método de producción de alimentos llamado el Método Intensivo Biodinámico/Francés que llegó a los Estados Unidos gracias al experto en horticultura, Alan Chadwick. El resultado de tres décadas de trabajo de Ecology Action es el método de Mini-Cultivo Sustentable CULTIVE BIOINTENSIVAMENTE<sup>MR</sup> que produce de 2 a 6 veces el rendimiento por unidad de área y al mismo tiempo utiliza de 67% a 88% menos agua, de 50% a 100% menos fertilizantes orgánicos adquiridos y 99% menos energía en comparación con las técnicas tradicionales de agricultura. Sin embargo, para que cualquier método que produce alimentos sea sustentable, todos los nutrientes que salen del suelo deben regresar a él, incluyendo los nutrientes que consumimos y que se quedan en nuestros desechos. La meta del libro “*Fertilidad Futura*” de Ecology Action es promover el entendimiento de los procesos involucrados para hacerlo de manera segura y efectiva y alentar a las personas para que exploren y expandan las posibilidades aquí presentadas.

2/10/05

J: HD: John: John Beeby



