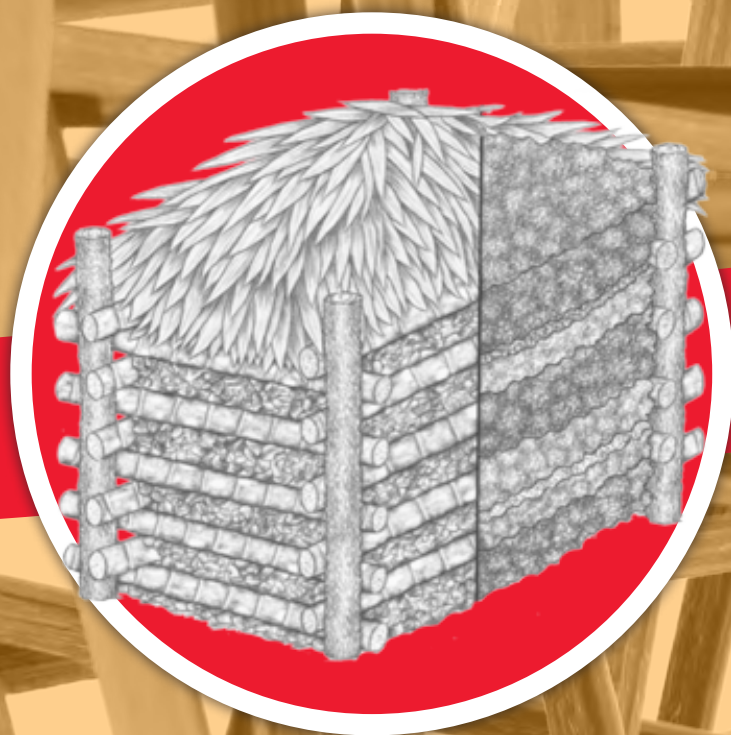


Mauricio García Arboleda
Jairo Gómez Z.

Manejo de la materia
orgánica en la Orinoquia







Manejo de la materia orgánica en la Orinoquia

Manejo de la materia orgánica en la Orinoquia

Autores

© *Mauricio García Arboleda*

© *Jairo Gómez Z.*

Ilustración

© Juan García Arboleda

Coordinación del proyecto

Luis Carlos Roncancio B

Equipo de trabajo Convenio SENA-Tropenbos

María Clara van der Hammen

Sandra Frieri

María Patricia Navarrete

Norma Zamora

Mauricio García

Javier Fernández

Daniela Pinilla

Asesores Tropenbos Internacional Colombia

Hans Vellema

Carlos A. Rodríguez

Coordinación del proyecto editorial

Catalina Vargas Tovar

Corrección de estilo

María del Pilar Hernández

Diseño

Luis Felipe Jáuregui Reyes  luijau@gmail.com

Impresión

Lorena Martínez

Bogotá D.C., 2012

Citación sugerida

García Arboleda, Mauricio; Gómez Z., Jairo. *Manejo de la materia orgánica en la Orinoquia*. Servicio Nacional de Aprendizaje, Tropenbos Internacional Colombia, NUFFIC-NPT. Bogotá, 2012.

Glosario

- » **Ácido acético:** líquido higroscópico, incoloro y de olor punzante a vinagre. Soluble en agua. $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$).
- » **Ácido butírico:** producto final de la fermentación de carbohidratos por los microorganismos del rumen. Responsable del olor a mantequilla. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$.
- » **Ácidos húmicos:** fracción del humus, soluble en álcali, con colores cercanos al negro.
- » **Ácidos fúlvicos:** fracción del humus, soluble en ácido, con colores de amarillo a ocre.
- » **Agentes meteorológicos:** agentes físicos presentes en la atmósfera, por ejemplo, el granizo, las lluvias, etc.
- » **Andisoles:** suelos con alto contenido de materiales amorfos.
- » **Biodiversidad:** variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.
- » **Bioma:** región particular o conjunto de regiones que tienen unas condiciones físicas y climáticas características y que soportan una fauna y una flora que muestran adaptación a estas condiciones.
- » **Biomasa:** masa de los seres vivos.
- » **Cercas vivas:** disposición de árboles que reemplaza a una cerca hecha con materiales no vivos, como postes de árboles y de cemento.
- » **Conductividad:** mide la cantidad de iones presentes en el agua, de modo disuelto. La disolución de estos iones tiene la propiedad de conducir corriente eléctrica. “Los iones que más afectan la conductividad son: calcio, magnesio, potasio, sodio, carbonatos, cloruros y sulfatos”. (Roldán, 1992).
- » **Conductividad hidráulica:** capacidad del suelo para permitir el flujo de agua.
- » **Ecosistema:** conjunto estable de un medio natural y de los organismos animales y vegetales que viven en él.
- » **Edáfico:** relativo al suelo.
- » **Erosión:** en geología y edafología, la pérdida de la capa superficial de la tierra por acción de factores climáticos, viento, gravedad y aguas corrientes.

- > **Etapa termofílica:** etapa del compostaje en la cual la temperatura se eleva por encima de 45 °C.
- > **Fitotoxinas:** sustancias capaces de causar toxicidad en los vegetales.
- > **Follaje:** conjunto de hojas de los árboles y de otras plantas.
- > **Gestión microbiológica:** participación de los microorganismos en algún proceso.
- > **Hábitat:** conjunto total de los factores físicos (o abióticos) y biológicos que caracterizan el espacio donde reside un individuo, una población de determinada especie, o una comunidad animal o vegetal.
- > **Hidrosolubles:** sustancias solubilizables en agua.
- > **Horizonte espódico:** horizonte aluvial con un espesor mínimo de 2.5 cm, que contiene materiales amorfos, formados por compuestos de materia orgánica y aluminio con o sin hierro; normalmente se encuentra bajo un horizonte arenoso de coloración blanca o bajo horizontes con nomenclatura O, E o Ap.
- > **Humus:** materia orgánica parcialmente descompuesta presente en el suelo, derivada de la vegetación que se desarrolla en ella; contribuye a la fertilidad del suelo.
- > **Intercambio catiónico:** movimiento de los cationes de un espacio a otro. En el suelo desde el borde de los coloides hacia la solución del suelo y viceversa.
- > **Lixiviado:** sustancia generalmente hidrosoluble que se escurre de una masa, por ejemplo, de una compostera.
- > **Lombrices epigeas:** son aquellas que trabajan en los detritos orgánicos que están encima del suelo.
- > **Masa orgánica:** masa compuesta por necromasa en el argot orgánico.
- > **Micorrizas:** unión íntima de la raíz de una planta con las hifas de determinados hongos.
- > **Patógenos:** agentes causales de una enfermedad.
- > **Perfil del suelo:** sucesión vertical de los horizontes –estratos o capas diferenciados durante los procesos de formación del suelo (pedogénesis)–. En conjunto, y considerados tridimensionalmente (en volumen), cada perfil se denomina pedón, que es la unidad que se utiliza para describir los suelos.
- > **pH:** potencial de iones de hidrógeno disueltos en el agua. Factor intensivo o limitante cuando es demasiado alto o bajo.
- > **Procesos de habilitación:** proceso que busca eliminar debilidades, potencias y fortalezas, por ejemplo, de los residuos orgánicos.
- > **Reciclado:** transformación de los residuos, dentro de un sistema de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración con recuperación de energía.
- > **Residuo:** se define como cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprende o tiene la intención u obligación de desprenderse.
- > **Reutilización:** el empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.

- > **Residuos silíceos:** residuos con alto contenido de especies químicas de silicio, por ejemplo, ceniza de madera, cascarilla de arroz, etc.
- > **Sedimentos (Kg/3):** material litológico o edafológico. “Materia sólida orgánica, con densidad usualmente superior a la del agua y que es transportada por esta o también depositada por ella. Puede originarse en la hoya de la corriente o en su propio lecho”. (Villegas, 1985).
- > **Subsidio de energía:** energía suministrada a un sistema desde el exterior, excepto las naturales (solar, eólica, etc.).
- > **Suelos aquepts:** Suborden de suelos inceptisoles, caracterizados por sus altos contenidos de arcillas y por consiguiente de humedad (sobre todo en zonas de alta pluviosidad), lo cual les confiere limitaciones por condiciones reductoras.
- > **Suelos aquox:** suborden de suelos oxisoles caracterizados por su alta humedad, lo que les genera altas condiciones reductoras.
- > **Suelos inceptisoles:** suelos inmaduros, de formación reciente o con horizontes diagnóstico que se forman rápidamente.
- > **Suelos histosoles:** suelos orgánicos.
- > **Suelos orthox:** los que tienen una saturación de bases mayor del 35% en el horizonte óxico.
- > **Suelos óxicos:** suelos tropicales, ricos en sesquióxidos de hierro y aluminio, muy intemperizados.
- > **Suelos sódicos:** suelos cuyo porcentaje de saturación de sodio intercambiable es mayor del 15%.
- > **Suelos ultisoles:** suelos forestales tropicales y subtropicales intemperizados, muy evolucionados con iluviación (proceso de acumulación en un horizonte del suelo de elementos procedentes de otro) de arcilla y pobres en bases.
- > **Volatilización:** proceso mediante el cual una sustancia pasa del estado sólido o líquido al gaseoso.

Dinámica de la materia orgánica en la Orinoquia

Esta región comprende el 20.2% del país y abarca cuatro grandes subregiones: el piedemonte llanero, la Orinoquia bien drenada, la Orinoquia mal drenada y el escudo Guayanés. Este último integra gran parte del andén Orinoqués. (Suelos de Colombia, 1995).

El clima dominante en la región se caracteriza por presentar precipitaciones superiores a los 3500 mm en el Piedemonte, hasta llegar en forma progresiva y continua a menos de los 1700 mm en Arauca. La temperatura, exceptuando la disminución gradual con la altura, en el piedemonte es superior a 25 °C, sin sobrepasar los 28 °C. (Suelos de Colombia, 1995).

La estacionalidad de la precipitación es muy marcada, acentuándose en los meses secos desde finales de diciembre a marzo o abril acorde con la precipitación total anual. (Suelos de Colombia, 1995).

La vegetación en la Orinoquia está estrechamente relacionada con las condiciones climáticas que, a su vez, se ve afectada por los efectos de mal drenaje causado por las zonas depresionales en la margen izquierda del río Meta (Casanare y Arauca) al hundirse el sector por fallamiento y rellenarse con sedimentos recientes (Suelos de Colombia, 1995).

En esta región las dinámicas de contenido, calidad y cantidad de los materiales orgánicos y su relación con las zonas de vida, muestran que a medida que se avanza desde el sur, en el límite con la región Amazónica (río Guaviare), hacia el norte en la frontera con Venezuela (río Arauca), se presentan tres zonas de vida en forma semicircular, que comienzan con la del bosque húmedo tropical seguida del húmedo-premontano (transición cálida) y terminando con el seco-tropical. De las tres la que cubre mayor extensión es la primera. En este sentido, la precipitación disminuye gradualmente desde cerca de 4000 mm al año a menos de 1000 en el mismo periodo (Suelos de Colombia, 1995).

Hacia el piedemonte se encuentra el bosque muy húmedo tropical y el muy húmedo premontano que se orientan en forma de dos fajas angostas paralelas a la región andina. Al contrastar estas zonas de vida con las restantes de la Orinoquia se observa que la precipitación se incrementa de oriente a occidente.

Por lo anterior, en esta región los contenidos de materia orgánica varían de medianos a extremadamente bajos y guardan estrecha relación con la posición geomorfológica de los suelos (Suelos de Colombia, 1995).

De esta forma, los suelos localizados en los valles de los ríos mayores se caracterizan por presentar contenidos medianos de carbón orgánico, mientras que en aquellos del piedemonte y en las terrazas aluviales, el elemento es muy bajo y, esporádicamente, bajo (Suelos de Colombia, 1995).

Los suelos en las planicies aluviales de desborde eólica se caracterizan por presentar contenidos bajos de carbón orgánico. En los sectores mal drenados el elemento oscila entre el 2.5 y el 6% por lo cual se cataloga como alto (Suelos de Colombia, 1995).

Los suelos en la altiplanicie (altillanura) difieren en el contenido de materia orgánica de acuerdo con el grado de disección del paisaje. En efecto, en las áreas donde el grado es reducido el contenido del material es bajo, mientras que en aquellas donde es alto, este es extremadamente bajo. En la extensa franja de este paisaje que limita con la región amazónica, los suelos se encuentran bajo cobertura del bosque y, como consecuencia, presentan la “capa de litter” o “perfil orgánico”. (Suelos de Colombia, 1995).



Importancia de la materia orgánica del suelo

El suelo es la parte superior de la corteza terrestre, fruto de la gestión de agentes meteorológicos sobre un material parental, a través del tiempo. Se compone de una fracción mineral y de una orgánica. La primera está constituida por arenas, limos y arcillas que tienen diferentes minerales y estructuras. La proporción relativa de las arenas, limos y arcillas se denomina textura del suelo, que naturalmente han cambiado muy poco en relación con los decenios de vida del hombre.

La segunda, es decir, la materia orgánica está constituida por residuos orgánicos frescos y en descomposición, por fracciones avanzadas como el humus y los hidrosolubles y por la biota. Esta puede variar en términos cortos de años por la acción de la intervención de la agricultura.

Las arcillas, limos, arenas y la materia orgánica se organizan en agregados para constituir la estructura del suelo, que genera nuevas propiedades físicas a las de la textura.

Influencia de la materia orgánica: las propiedades del suelo dependen de las fracciones mineral y orgánica. Veamos cómo influye la materia orgánica en la calidad del suelo.

- › Mejora la estructura del suelo y por tanto la circulación de agua y aire (aireación, infiltración, conductividad hidráulica, almacenamiento de agua, drenaje, etc.).
- › Aporta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y contribuye a la fertilidad.
- › Ayuda a regular el pH, por su capacidad tampón.
- › Reduce la toxicidad del aluminio intercambiable.
- › Libera nutrientes lentamente.
- › Sirve de sustrato alimenticio a la biota del suelo, diversificándola y regulándola.

En resumen, contribuye a la fertilidad física, a la fertilidad química y a la fertilidad biológica. Por ello es tan importante cuidar la materia orgánica del suelo y procurar su conservación y/o mejora.

La materia orgánica en los agroecosistemas

De la selva a los invernaderos

Un agroecosistema produce biomasa, anualmente y por hectárea, en concordancia con la calidad del suelo, con el clima, con la altitud, con el genoma, con el manejo y con su diversidad florística. Se tratará en adelante la relación de la productividad de biomasa y el acomplejamiento florístico.

Como principio agroecológico se plantea que toda superficie del suelo debe estar cubierta por vegetación, sea el cultivo o la vegetación acompañante. Así se logra la máxima conversión de energía solar a energía química almacenada en la biomasa.

El sistema más complejo es la selva, tanto por cubrimiento foliar como por diversidad. De la selva, el hombre hace extracciones: a partir de la selva o del bosque el hombre ha creído que la vía para obtener productos agrícolas es desacomplejar los agroecosistemas a expensas de pagar con subsidios de energía e insumos externos, tal desatino.

Persiste alguna complejidad en los cultivos permanentes acompañados de árboles como cacao con sombrío. Se pasa a cultivos permanentes como los frutales en monocultivo, a la ganadería extensiva soportada por posturas y a cultivos transitorios mecanizados como la soya, el maíz, el trigo, el sorgo, etc. Finalmente se llega a la máxima artificialización en el sistema invernadero llamada producción protegida, donde el reciclaje de carbono llega a cero (0).

Prácticas recomendables

Para que los agroecosistemas en su diverso grado de complejidad, favorezcan a la materia orgánica del suelo, se recomienda observar las siguientes prácticas.

- › Mantener la mayor complejidad florística posible.
- › Utilizar los diversos recursos orgánicos, de la manera más sabia y oportuna.
- › Preferir los cultivos permanentes sobre los transitorios.
- › En ganadería vacuna, establecer sistemas silvopastoriles.
- › Establecer cercas vivas para aminorar la velocidad de los vientos y favorecer la producción de biomasa.
- › Favorecer los drenajes naturales y/o construir drenajes artificiales.
- › Buscar unos cultivos agroecológicos eficientes, que generen mayor cantidad de residuos orgánicos.

Prácticas indeseables

Para el ambiente y para la calidad del suelo, se deben evitar ciertas prácticas.

- › La ganadería extensiva, principalmente en las zonas de ladera.
- › Las quemas en los lotes de cultivo y de los residuos orgánicos disponibles.
- › Mecanizar las labores de suelo. Ese movimiento acelera la mineralización de la materia orgánica.
- › El uso de herbicidas. Se sugiere hacer un control mecánico con machete o guadaña.

Consideraciones generales sobre los residuos

Para introducirnos en el mundo del compostaje es necesario, inicialmente, conceptualizar los diferentes elementos del tema. A continuación se definen algunos de ellos:

Residuo: es cualquier sustancia u objeto que se desprende o tiene la intención u obligación de desprenderse de un todo.

Los residuos urbanos o municipales son los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como los que no tengan las calificaciones de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades. Todos estos provienen de la limpieza de las vías públicas, de las zonas verdes, de las áreas recreativas y de las playas; de los animales domésticos muertos, así como de muebles, enseres y vehículos abandonados; residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

Los biodegradables son todos los residuos que, en condiciones de vertido, pueden descomponerse de forma aerobia y anaerobia, como restos de alimentos y de jardines, el papel o el cartón.

Reutilización: empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.

Reciclado: transformación de los residuos, dentro de un sistema de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración con recuperación de energía.

Valorización: todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios para el medio ambiente (Moral, R. y Moreno, J., 2008).



Origen de los residuos

Existen diversos tipos de residuos generados en los diferentes contextos de la sociedad como se aprecia a continuación:

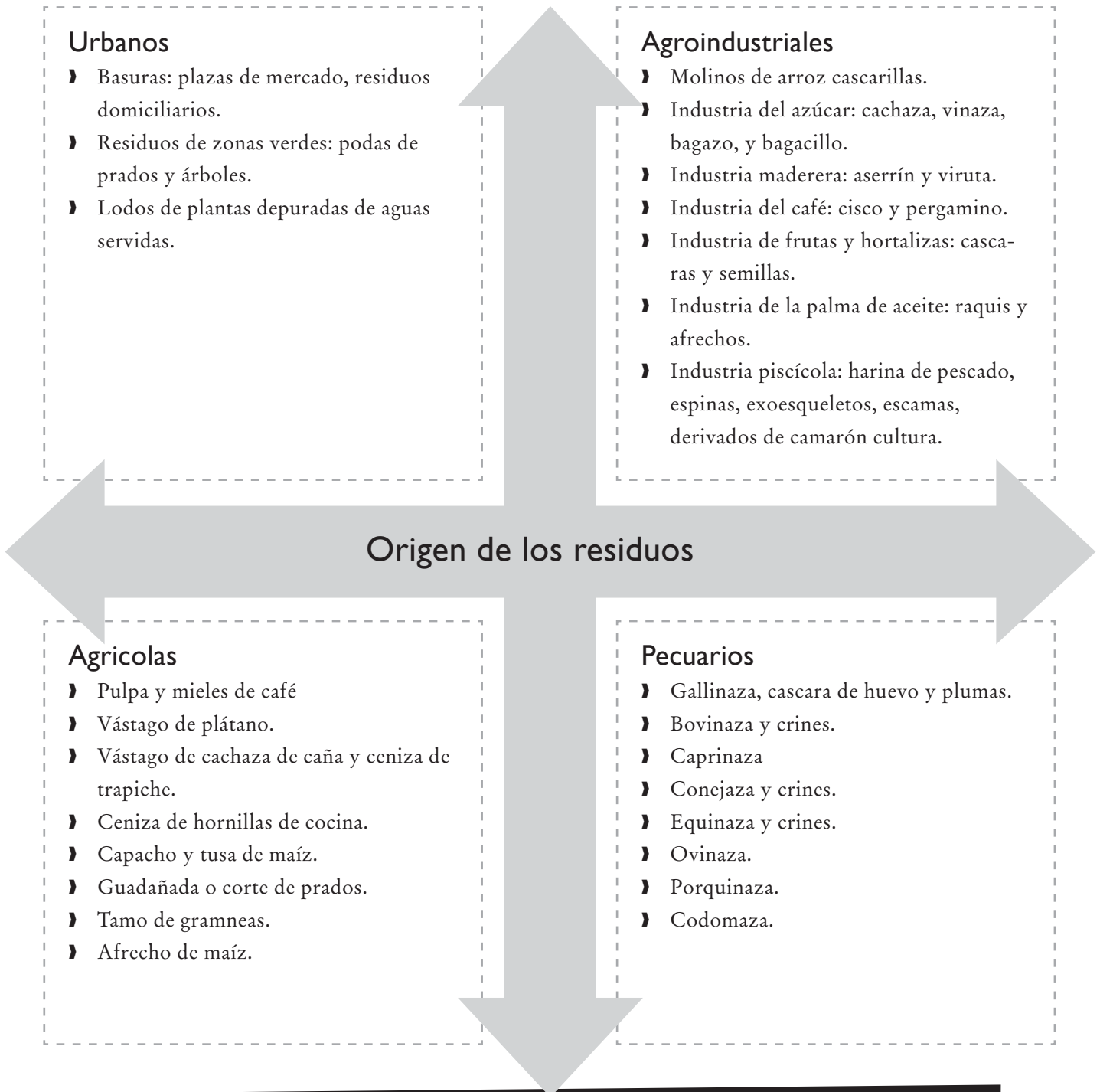


Figura 2. García, M. (2011). Origen de los residuos. Fuente: Convenio SENA- TROPENBOS.



Habilitación de los residuos orgánicos para la agricultura

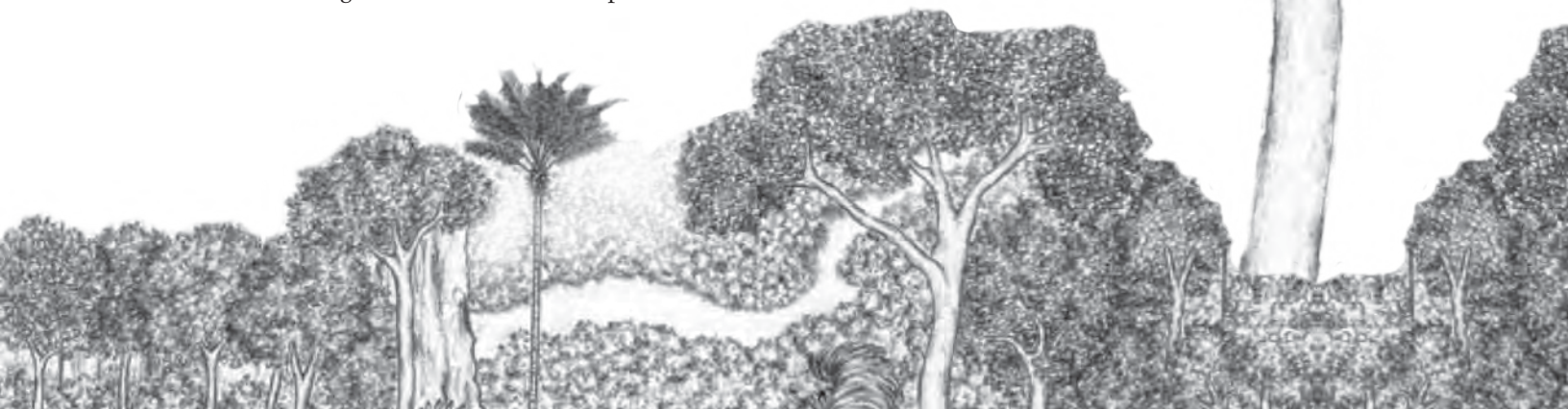
El uso directo para la agricultura de los residuos mencionados en la figura 2 está marcado por una serie de restricciones. En consecuencia, el hombre ha venido desarrollando procesos para habilitar su uso (Gómez, J., 2000). Como se puede apreciar en la siguiente figura, el compostaje es uno de los procesos para la habilitación de diferentes residuos en los sistemas productivos agropecuarios y en él se pueden asociar otros procesos como el reforzamiento mineral, el troceado y el molido, la imbibición (colocar o impregnar materiales fibrosos en soluciones nutritivas para que penetren en ellos y luego lo liberen lentamente), mezcla y maduración, entre otros. Nos concentraremos específicamente en el proceso de compostaje.

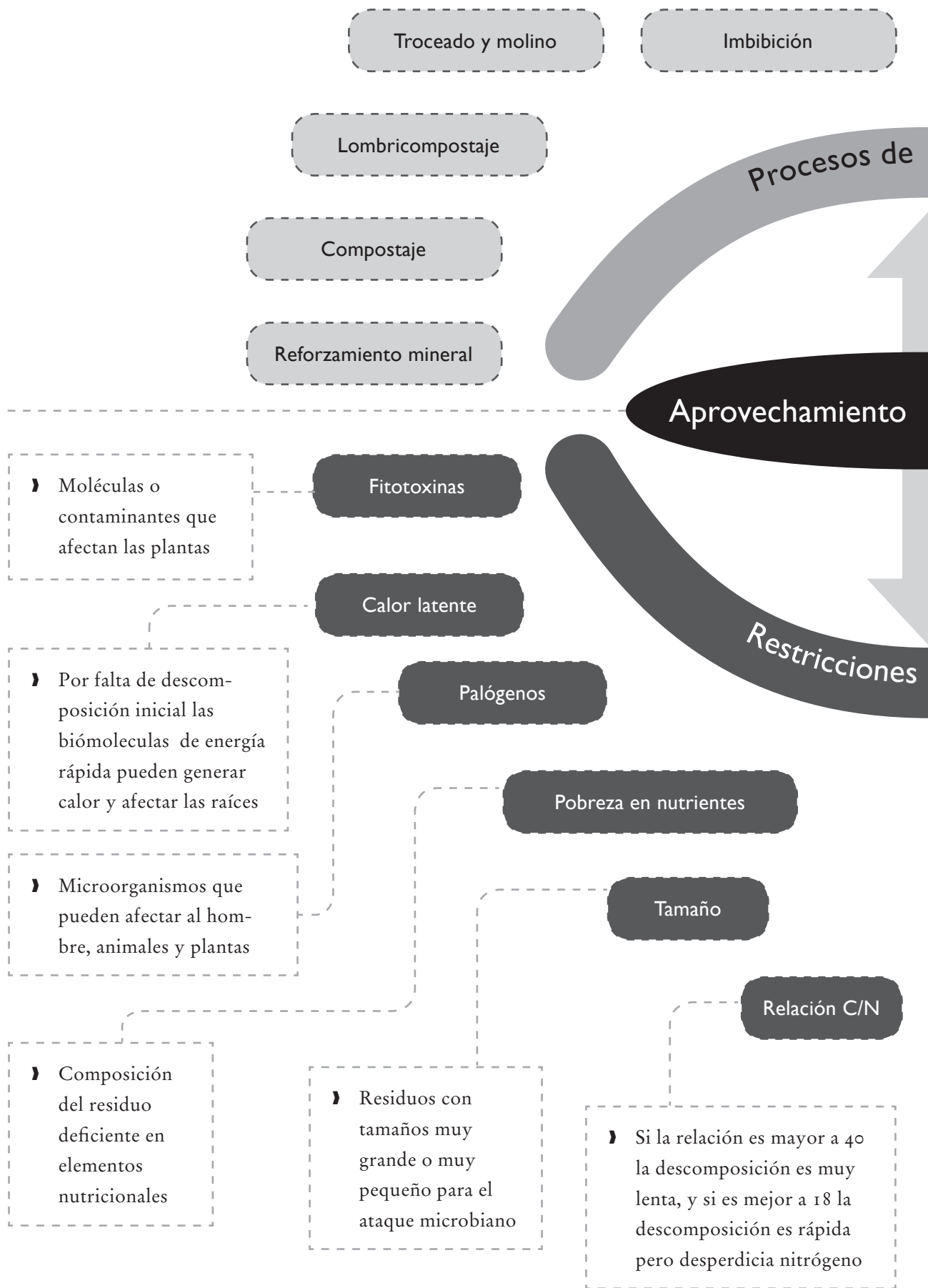
Los residuos orgánicos se pueden convertir en valiosos recursos orgánicos, mediante los procesos de habilitación. Pueden ser sólidos o líquidos. Los líquidos corresponden a los lixiviados de los sólidos o a los que se originan en procesos industriales.

Los residuos orgánicos sólidos están constituidos por fibra (celulosa, lignina y hemicelulosa) y por material no fibroso como los azúcares, almidones, proteínas y otras moléculas. La fibra es de muy lenta descomposición y los materiales no fibrosos son de rápida descomposición.

Los residuos orgánicos frescos tienen algunas desventajas para su uso directo en la agricultura: presencia de fitotoxinas (ácidos acético, butírico, propiónico y otras moléculas), semillas de malezas invasoras, patógenos, humedad, etc.

Para obviar estas desventajas y obtener ventajas adicionales los residuos orgánicos se someten a los procesos de habilitación.





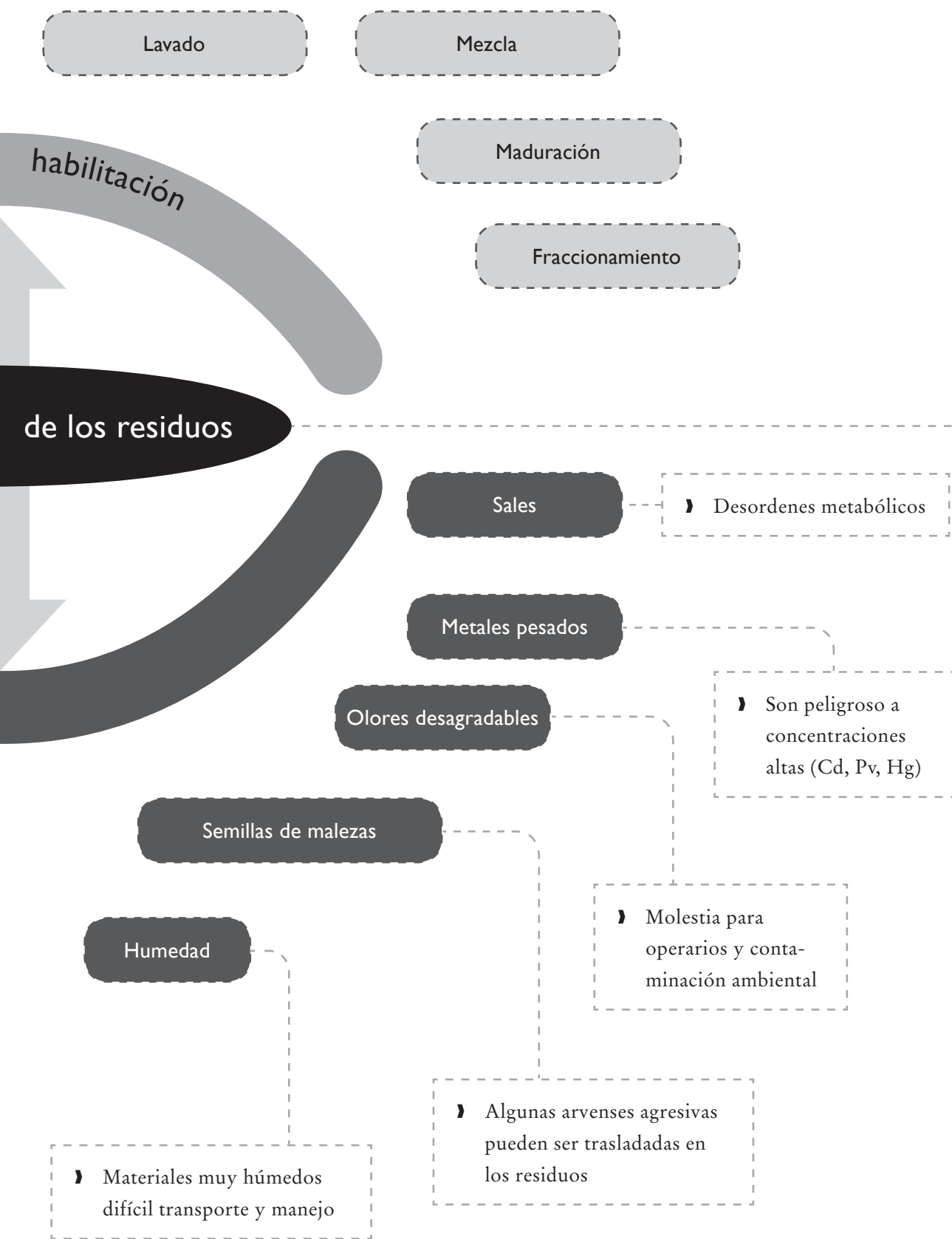


Figura 3. García, M. (2011). Restricciones y procesos de habilitación de los residuos.

Los procesos de habilitación reconocidos a la fecha son los siguientes:

Compostaje

Es el más importante porque permite las mayores transformaciones de los residuos e involucra otros procesos.

Es un proceso en el cual los microorganismos aeróbicos oxidan los residuos orgánicos, pasando necesariamente por una etapa termofílica (45 a 60 °C) con lo cual desaparecen las fitotoxinas y el calor latente, para dar finalmente un producto estabilizado llamado compost que puede ser utilizado en agricultura, con relativa seguridad.

El sitio: se elige un sitio que ofrezca garantías. Puede ser un tejado o una cubierta fija que proteja el proceso de la lluvia o hacerse al aire libre protegiendo la masa orgánica en evolución con un plástico que evite el paso incontrolado del agua de lluvia por la pila.

Los materiales: los residuos orgánicos que se van a compostar reciben el nombre de compostables. Son de diversa procedencia e índole, como residuos de cocina, malezas, hojarasca de árboles, aserrín, fibra de coco, residuos de pescadería, hojas y tallos de plátano y otras musáceas, etc. Pueden ser fibrosos, si dominan en sus tejidos la celulosa, la hemicelulosa y la lignina; o poco fibrosos si dominan las proteínas, los azúcares y los almidones. Para un buen proceso debe existir un buen balance entre los fibrosos y los pocos fibrosos. Es deseable una relación C/N entre 25 y 30.

Si hay mucha fibra como en una relación C/N de 50 o más, el proceso será lento y el compost resultante saldrá pobre en nutrientes. Si hay poca fibra, la relación C/N puede estar por debajo de 10 y se presentarán pérdidas de N por volatilización. Además, quedará poco material para el compost.



La pila: es uno de los métodos de compostaje más usados. Consiste en amontonar los compostables hasta lograr una altura de 1.30 a 1.50 m. Si a los tres o cinco días la pila tiene la humedad adecuada, se empieza a calentar. La temperatura no debe ser inferior a 45 °C ni superior a 60 °C.

La humedad de los compostables debe controlarse: si está muy alta el proceso se detiene; lo mismo ocurre si está muy baja.

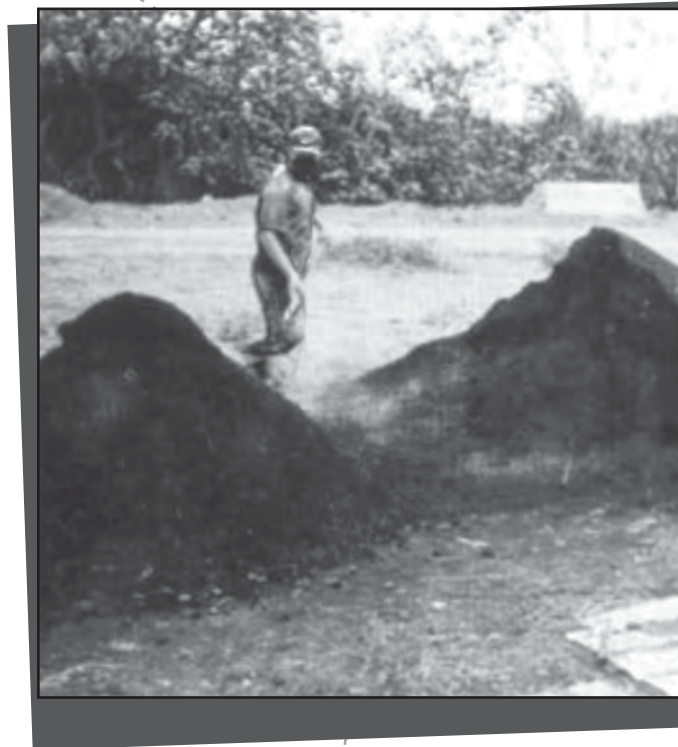
Para condiciones territoriales donde los suelos son ácidos, se añaden intercalados con los residuos, cales de diverso tipo como la agrícola, la dolomita, calfos, dolfos u otra o ceniza de la cocina en cantidades de 1 a 2 bultos para las cales y de medio a un bulto para la ceniza, por cada pila.

Las pilas pueden someterse a volteos, para homogenizar los compostables, mediante un proceso para airear y para inspeccionar la humedad. Se hace un primer volteo a las tres semanas y luego cada cuatro o seis semanas.

Después de varios volteos el material ha disminuido su volumen y ha bajado su temperatura y ya no se distinguen los materiales originales. Ahora parece un suelo orgánico. Entonces, se dice que se tiene un compost maduro que se deja secar a un 30% de humedad para su uso o para su almacenamiento.

Gestión microbiológica: de la masa de compostables los microorganismos obtienen agua, energía y nutrientes para su vida y multiplicación.

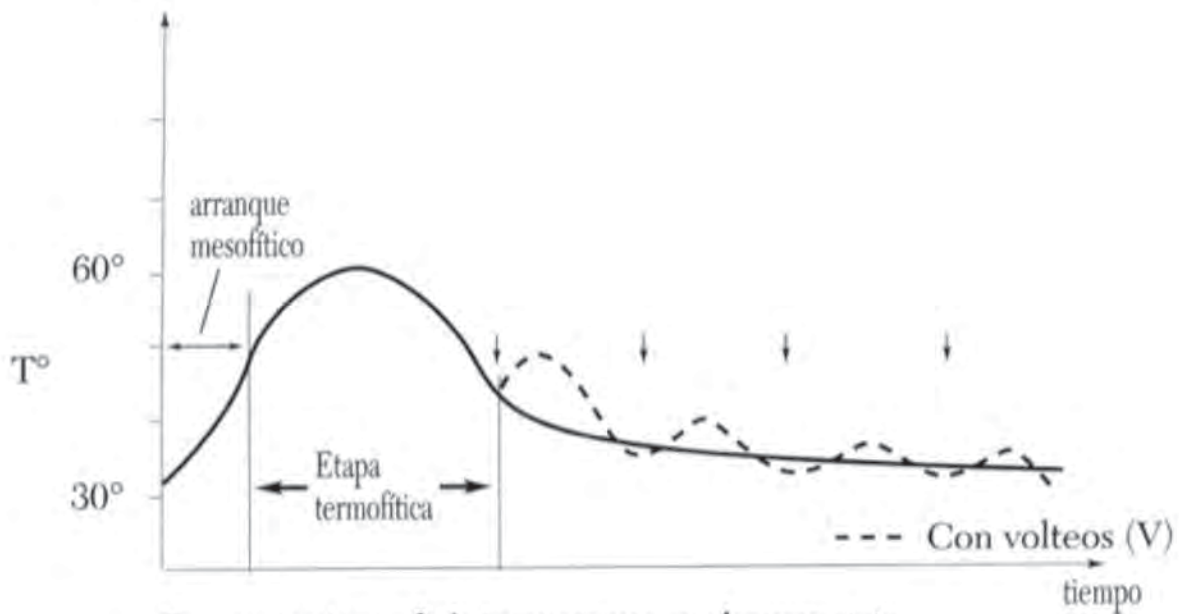
Los compostables son espontáneamente colonizados por diversos grupos de microorganismos. En condiciones óptimas de relación C/N en los primeros días tienen dominancia en el trabajo los hongos, por su facilidad para aprovechar los azúcares y almidones. A medida que avanza el proceso, van ganando en presencia las bacterias que se desempeñan mejor si el contenido relativo de N se ha elevado, aun cuando sigue presente algún trabajo de los hongos. No es necesaria la aplicación de caldos microbianos.



Relación C/N: si en los residuos orgánicos domina la fibra, esta relación puede ser de 50 o más y el proceso de compostaje irá muy lento si hay poca fibra. La relación puede estar por debajo de 10 y el proceso va rápido pero se presentan pérdidas de N por volatilización. Se considera adecuada una relación de 25 a 30.

Temperatura: el material compostable cambia su temperatura durante el proceso.

Lo más importante es alcanzar la etapa termofílica de al menos 45 °C para luego empezar a enfriarse hasta estar a 3 o 4 °C por encima del ambiente. La temperatura de una pila se monitorea un poco más arriba de la mitad del flanco y a 20 cm de profundidad.



Comportamiento de la temperatura en el compostaje.

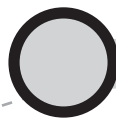
Humedad: se monitorea por métodos técnicos o empíricos. Se toma una muestra del tamaño del puño y se exprime. Si conserva la forma, la humedad es óptima; si se desbarata está muy seco y debe humedecerse; y si suelta líquido, está muy húmedo. Debe dejarse secar en las últimas semanas.

pH: La naturaleza de los materiales y las enmiendas añadidas, determina el pH final del compost, que en el laboratorio debe medirse de una mezcla 2:1 (agua - compost). No es cierto que debe tener un pH de 7 - 0.



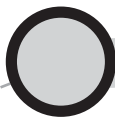
Lombricompostaje

Consiste en hacer camas bajas de los compostables y llevar lombrices epigeas, como la roja californiana, para que los consuman. Hay que cuidar las camas de pájaros, gallinas, planarias, etc. y estar pendiente de que no falte agua y nuevos residuos. La altura de la cama puede ser de 20 a 30 cm de tal forma que no se caliente. El lombricompostado resultante es de mejor calidad bioquímica que el compost del mismo residuo, por su mayor contenido en fitohormonas.



Troceado

Antes de llevar a compostaje o a lombricompostaje, los compostables de gran tamaño deben trocearse para favorecer el trabajo microbial y la homogeneidad. Para compostaje los trozos deben ser menores de 5 cm y para lombricompostaje, menores de 1 cm.



Molido

Materiales silíceos como la cascarilla de arroz y el pergamino de café, la cáscara de huevo y otros deben molerse finalmente para favorecer la disponibilidad del silicio, del calcio, del fósforo y de otros nutrientes presentes en tales compostables.



Mezcla

Se ha demostrado que la mezcla de compostable de diversa naturaleza tiene mayor calidad de recurso orgánico que el de una sola fuente. La mezcla puede hacerse de dos formas: antes y después del proceso de compostaje o lombricompostaje. Adicionalmente, por su calidad, influye en la cantidad y calidad de las cosechas y el tema ha dado lugar a favorecer la residuo-diversidad, como otra forma de denominar la mezcla de residuos.



Enmienda

Si el recurso orgánico va para suelos especiales como los ácidos y los sódicos, conviene añadir enmiendas en compostaje. Para el caso se recomiendan cales y cenizas, si su destino son suelos ácidos y azufre y suelos sódicos. Últimamente se están usando enmiendas silíceas por su efecto sanitario.

Imbibición

Es el empapamiento de los residuos frescos, secos y fibrosos por soluciones nutritivas minerales u orgánicas. En una pila de compostaje residuo-diversa ocurre la imbibición, pero este proceso se puede hacer independiente.

Refuerzo

Para suplir deficiencias minerales o para buscar un perfil nutricional se realiza el reforzamiento mineral de los materiales orgánicos, antes o después de otros procesos de habilitación, cuidando de mantener la prevalencia de lo orgánico sobre lo mineral.

Lavado

Algunos recursos orgánicos pueden resultar salinos y entonces se recomienda su limpieza para reducir esta situación desventajosa.

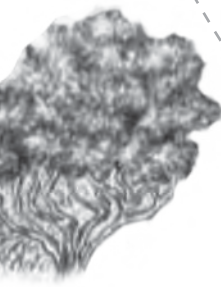


Incineración

Si no se someten a molienda, los residuos silíceos se pueden incinerar, ya que los cultivos pueden aprovechar mejor las cenizas de este mineral.

Sobremaduración

Después del proceso de compostaje, la pila puede dejarse en gestión por unas semanas más. El recurso resultante puede utilizarse como sustrato orgánico.



Fraccionamiento

Los compost y los lombricompostos se pueden fraccionar físicamente (por tamaño) o químicamente.

Si el recurso se diluye 1:10 (1 vol de recurso por 10 vol de agua) se obtienen los hidrosolubles. Si en vez de agua, se utiliza una solución ácida 0.1 M se obtienen los ácidos solubles. Y si la solución es alcalina (NaOH o KOH 0.5 M) se extraen las sustancias húmicas que son una mezcla de ácidos húmicos o humatos y ácidos fúlvicos o fulvatos, que se usan edáfica o foliarmente. Para extraer las sustancias húmicas también se puede utilizar urea u orina humana o de vacuno.

Recursos orgánicos

Como producto de los procesos de habilitación, los residuos orgánicos se convierten en valiosos recursos orgánicos para la agricultura, cuyo perfil de acción define su nombre.

Abonos orgánicos

Son recursos capaces de proporcionar cantidades sensibles de nutrientes esenciales principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, al suelo y al vegetal. El término sensible lleva a establecer un valor mínimo de la sumatoria $N + P_2O_5 + K_2O$ que, según el nivel tecnológico de la sociedad, se sitúa entre 4 y 6% en base seca. Además, se consideran fríos los abonos orgánicos con valores reducidos de N, como por ejemplo 1 a 1.5%. Por lo demás, estos tienen una pobre gestión sobre todo en climas fríos. Hay que recordar que los abonos orgánicos no solo tienen N, P y K sino también todos los demás elementos esenciales y no esenciales que últimamente han adquirido importancia.

Comparado con los abonos de síntesis química, los abonos orgánicos tienen menos efectividad, pero más eficiencia y representan un seguro para la sostenibilidad ante las extremas variaciones del cambio climático.

Se recomienda hacer aplicaciones edáficas de 100 cc a 1000 cc por planta, cada 2 a 4 meses. Ha mostrado efectividad la mezcla de abonos orgánicos con los de síntesis química, en agriculturas de transición de lo “químico” a lo orgánico.

Enmiendas orgánicas

Son recursos orgánicos con capacidad para modificar propiedades químicas del suelo que se consideren adversas para el desempeño de los cultivos, como pH, sodio intercambiable, aluminio intercambiable, exceso de calcio, exceso de manganeso disponible, excesos de metales pesados y salinidad.

También eleva la capacidad de intercambio catiónico. Por ello reemplaza a las enmiendas minerales como las cales, el yeso, el azufre y otras.

Un abono orgánico también hace la función de enmienda.

Acondicionador orgánico

Es un recurso orgánico con capacidad para renovar las propiedades físicas del suelo, empezando por la estructura que conduce a la mejora de la porosidad y por tanto al incremento de la capacidad de infiltración, de almacenamiento de agua y de aireación, si además se fortalece con cationes como calcio, magnesio y silicio. Un abono orgánico también puede hacer la función de acondicionador.

Sustrato orgánico

La horticultura moderna descubrió que las altas porosidades que se obtienen con recursos orgánicos como las turbas y los compost fibrosos sobremadurados, dan lugar a la mejor expresión genética del rendimiento de los cultivos.

Un sustrato se define como “todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico que colocado en un contenedor permite el anclaje del sistema radical y desempeña un papel de soporte para la planta”. La calidad de un sustrato descansa en las propiedades físicas, más que en las químicas. Así, al menos se exige una porosidad total del 80 al 95%.



Supresor orgánico

Es un recurso orgánico cuya gestión reduce los problemas sanitarios de los vegetales. Ya existen numerosas investigaciones en todo el mundo que lo demuestran, pero todavía no se conoce el hilo conector de esta función.

Bioestimulante orgánico

Es un recurso orgánico que promueve en forma notoria el crecimiento, desarrollo y diferenciación de los vegetales. En los compost, pero sobre todo en los lombricompostos, se encuentra un buen nivel de fitohormonas.

Hidrorretenedor

Materiales sintéticos (gel) o residuos orgánicos capaces de almacenar varias veces su peso en Agua. Si son muy fibrosos, los recursos orgánicos pueden retener grandes cantidades de agua. A una succión de 10 cm, los materiales bagacillo de caña de azúcar, aserrío de madera y astillitas de madera retuvieron 1121, 471 y 368% de agua respectivamente, en base gravimétrica.

Acolchados orgánicos

Un acolchado es todo material que se ubica encima del suelo como una cubierta.

Puede ser de síntesis, mineral u orgánica. El acolchado orgánico, corresponde a la palabra inglesa *Mulch*.

De preferencia, el acolchado orgánico debe ser fibroso, habilitado o no. Sus funciones son: proteger el suelo de la erosión, disminuir las pérdidas de agua por evaporación, reducir la aparición de malezas, regular la temperatura del suelo y el trapeo de sedimentos en zonas erosionables, entre otras.

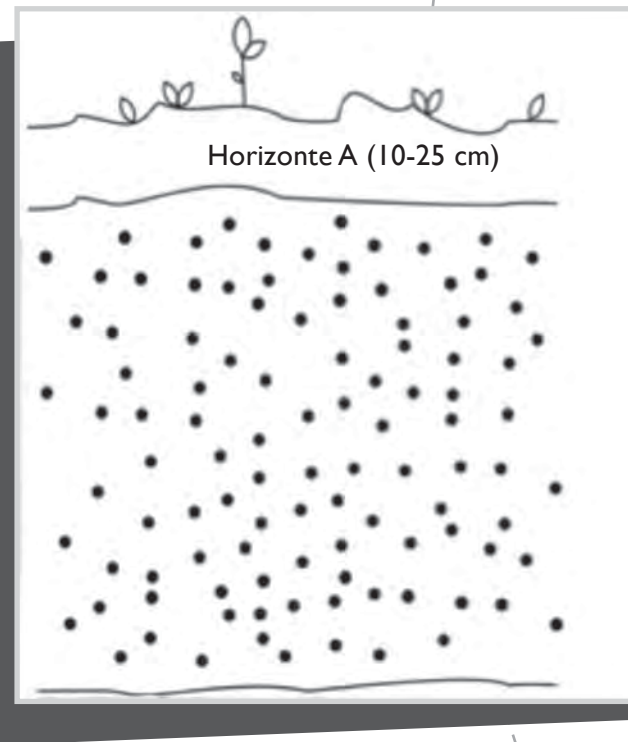
Suelos y recomendaciones

Suelos: los suelos muestran una gran variabilidad espacial en el plano horizontal, aun en un predio o finca. Por tanto, en una región tan vasta como la Orinoquia colombiana, hay muchos tipos de suelos. Sin embargo, podría describirse un perfil de suelo típico que reúna las condiciones medias de la mayoría de los paisajes.

Las llanuras bien drenadas corresponden a oxisoles ústicos, inceptisoles óxicos y ultisoles ústicos. Los suelos aquepts y aquox se presentan en las llanuras mal drenadas. Se formaron de los sedimentos provenientes de la cordillera oriental y del escudo guyanés.

Suelos de fertilidad química pobre, pH muy ácido, toxicidad de aluminio intercambiable, pobres en materia orgánica; sílice dominando en las arenas, caolinita e integrados en la fracción arcillosa; P, asimilable a menudo por debajo de 1 ppm.

La Orinoquia colombiana abarca una extensión de 158.855 km² y comprende los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada, en donde las sabanas constituyen el bioma característico. De acuerdo con Beard (1953)¹ el concepto de sabana aceptado en América es: “Un ecosistema natural y estable que se encuentra en el trópico bajo, de carácter marcadamente estacional que presenta un estrato continuo de gramíneas y ciperáceas y a menudo con un estrato discontinuo de árboles bajos o arbustos”. Su sistema de consumo está dominado por herbívoros y por pequeños consumidores, particularmente insectos; su sistema descomponedor está constituido por la meso y micro fauna del suelo y la acción del fuego como agente mineralizador de la materia orgánica². Se incluyen sectores del Meta (sabanas del Refugio), Guaviare (sabanas de la Fuga) y Caquetá (sabanas del Yará) que aunque están rodeadas por bosques de tipo amazónico, muestran afinidad florística con la región llanera.



¹Sarmiento y Monasterio, (1975), citado por Paisajes Fisiográficos de Orinoquia-Amazonia (ORAM). Bogotá, Colombia: IGAC. 1999.

²Sarmiento, D. (1994). Citado por Paisajes Fisiográficos de Orinoquia-Amazonia (ORAM). Bogotá, Colombia: IGAC, 1999.



Sabanas de altillanura

Las sabanas son biomas con todo derecho. Mientras la selva ofrece una continuidad de copas y doseles arbóreos, la sabana ofrece continuidad en su tapete de pastos y otras plantas del suelo, para diferenciarla de la vegetación subdesértica y desértica que presenta suelo desnudo. Las sabanas son el bioma que le sigue en superficies a la selva en el mundo tropical, con cerca de diez millones de kilómetros cuadrados, de los cuales Centro y Suramérica pueden tener tres millones. Se distinguen de las estepas del Asia Central o de las praderas estadounidenses, porque son tropicales, y porque el entramado de gramíneas que forma la alfombra aparece salpicado de formaciones arbustivas, de vez en cuando palmares o atravesado por selvas de galería, según lo determine el tipo de suelos y la disponibilidad de agua, que contrasta con la gran homogeneidad de las praderas.

La sabana no es simplemente un potrero. Resistir un largo periodo de escasez de lluvias, además del azote del viento, requiere de todo un ecosistema muy especializado. Entre las gramíneas se esconden plantas de varias familias que en otros ecosistemas son arboles, y aquí se han reducido a vivir en el tapete formando parte estructural del mismo, a la vez que complementan de manera orgánica las funciones del ecosistema: por ejemplo las leguminosas, que fijan nitrógeno; las melastomatáceas que albergan hormigas y que se han vuelto rastreras; ciperáceas parientes del papiro; xirdáceas y otras familias propias. Un mundo tan diverso conforma un solo plano de vegetación, como tapete oriental.

Las termitas, ese grupo de insectos tan vilipendiado por quienes aprecian las obras en madera, aquí juegan un papel central, al reconvertir, de nuevo, la paja seca, en suelo. Por ello decimos que la sabana es un ecosistema y no un potrero: cuando esto no se entiende así, se implantan modelos de ganaderías o de agricultura que pueden conducir al deterioro irreversible de los suelos.



Ilustración: Juan García Arboleda

Sabanas inundables

Corresponden a un conjunto de ecosistemas que equivocadamente han sido llamados “la Orinoquia mal drenada” añadiéndole con el término “mal” un cierto desprecio por el más vital de los recursos: el agua. Como dos movimientos en la sinfonía del llano, hay una estación seca y muy húmeda. Numerosas plantas acuáticas cubren con velocidad los espacios anegados durante las lluvias, para absorber los preciosos nutrientes y conservarlos en formas de biomasa vegetal, que alimenta chigüiros, aves e incluso el ganado. Bajan las aguas y esta cubierta vegetal ahora abona el suelo, lo viste y protege y le devuelve los nutrientes que le filtró el agua, cuidando el suelo en la etapa más dura que se avecina: el verano. Los peces han sincronizado sus ciclos de reproducción a ritmo anual, y tras ellos las migraciones de aves acuáticas, los desplazamientos de la fauna y el ganado.

Surales

En la zona inundable se forman ecosistemas únicos llamados surales, cuya célula viva o unidad es el suro o mogote. Son pequeños amontonamientos de suelo, islotes, hasta de uno, dos a cuatro metros de diámetro, delimitados por un conjunto de especies que los amarran: pastos, helechos, leguminosas, y que durante las aguas altas son islas. Los nativos prehispánicos los utilizaron como punto de cultivo, sembrando en el centro del mogote yuca y hortalizas, con lo cual sus labores no necesitaban riego. El agua penetraba lateralmente. Hoy, por desconocimiento de su papel ecológico, algunos finqueros los allanaron con tractor sin saber el potencial de este ecosistema tan particular.

Saladillales

En las zonas planas y anegables prosperan árboles aislados resistentes a esquemas, como el chaparro y el saladillo. Especialmente este último forma bosques homogéneos muy abiertos por donde abunda fauna de sabana, como el puma y los venados, y está totalmente ausente el estrato de arbustos o “sotobosque”. La especie dominante es el saladillo *Caraiipa llanorum*.

Selvas de galería

Como cinturones verdes, al lado y lado de los ríos prospera una selva con especies arbóreas muy grandes, la mayoría compartidas con las selvas húmedas de la Amazonia, pero también posee especies que son propias de las selvas de galería, una franja vital de los ríos que debería ser respetada como algo sagrado, pues allí se refugia más de la mitad de la biodiversidad de la Orinoquia. Infortunadamente, el abuso de las quemas, o la tala directa, en muchos casos, hace que año por año el ancho de las selvas de galería retroceda. Deben destacarse los modelos de agricultura que impliquen el uso de estas selvas. Metafóricamente, quitarle sus selvas de galería a un río, es como quitarle el tejido a una arteria humana que forma las paredes del tubo mismo, un aneurisma mortal.



Formaciones rocosas y sus ecosistemas

El afloramiento rocoso de Parguaza es un batolito, una gran masa de roca bajo el suelo, magma endurecido, compuesto de rocas ígneas como granitos. Es el cimiento mismo de edad muy antigua (era primaria) sobre el cual se acomodan las capas sedimentarias del llano como páginas de un libro. De cuando en cuando la erosión ha destapado las rocas de este basamento, que forma domos y montañas constituidas por una sola masa rocosa, como el cerro Puinawai, en el departamento del Guainía; el Amanavén y el Cocuy, en el Vichada, en la triple frontera con Venezuela y Brasil. Estas islas rocosas, junto con los tepuyes como Macarena y Chiribiquete, forman un bioma de islas entre la selva y el llano con una flora muy especializada que vive sobre la roca.

Ilustración: Juan García Arboleda



J. Garcia

Sabana de Yarí

Pertenece a la cuenca amazónica. Sin embargo, esta región del Caquetá posee ecosistemas de sabana y “un hueco” de llano entre la selva. Así como casi medio Arauca era una isla de selva entre el llano, hoy menguada por la deforestación. También en las mesetas de los Tepuyes, pese a estar rodeadas de selva, se encuentran parches de vegetación de sabana muy especializada en plantas, capaces de vivir sobre suelos pobres o sobre la roca misma.

El piedemonte

El piedemonte acumula la lluviosidad que se forma cuando la cordillera intercepta las nubes que vienen del oriente. Aquí no falta nunca el agua y se forman tres cinturones nubosos a diferentes alturas. La lluviosidad aumenta desde el sur hasta el norte, y es mayor en Arauca que en el Meta, por lo cual en el costado norte había originalmente más selvas. El piedemonte es como un emisario de aguas hacia el oriente y un bosque madre que emite delgados brazos de la diversidad, las selvas de galería, para buscar el Orinoco, corredores de conectividad que alcanzan, incluso en ocasiones, el macizo guyanés y la gran sabana de Venezuela. Esta conectividad permite a las especies migrar entre pisos térmicos diferentes, como todavía puede observarse en las estribaciones de parques como los Picachos al sur o el Cocuy al norte.



En los biomas de la Orinoquia se interrelacionan principalmente las sabanas con una emergencia cultural producto del mestizaje entre los indígenas nativos y los colonos generando una cultura que es comúnmente llamada “los llaneros”. Las interrelaciones hombre-naturaleza en gran parte de estas sabanas se dan de una manera más intensa en torno a la ganadería y a la agricultura que en los biomas de la Amazonia. El componente antrópico de muchos de estos biomas se caracteriza por el manejo de prácticas sutiles para el manejo de gusanos en el ganado, hemorragias, pesca a través de rezos y ritos propios de su cultura.

En esta zona existen áreas con bajos niveles nutricionales, alta acidez y alto aluminio intercambiable en donde, debido a su topografía, se ha venido incrementando la mecanización de vastas zonas de este territorio y la habilitación de restricciones de fertilidad por medio del uso de enmiendas y acondicionadores de suelos. En este momento existen directrices del Gobierno nacional y desarrollos productivos de inversionistas que apuntan hacia una despensa agrícola en el corto y en el mediano plazos.

Recomendaciones de manejo

Para intervenir sosteniblemente el recurso orgánico es importante tener en cuenta los biomas y su estructura, porque de acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en las condiciones climáticas de los paisajes actuales los bosques están avanzando sobre las sabanas, tal como ha venido sucediendo desde hace más de 4.000 años. Entonces, la tendencia “natural” no es la sabanización de la Amazonia sino la “selvatización” de la Orinoquia. La propensión entrópica es lo opuesto, pero no se ha hecho un balance sobre esto. Por lo tanto pareciera que la naturaleza fuera un aliado cuando se trata de recuperar los estratos arbóreos en áreas que han sido sabanizadas.

En este sentido, los cultivos comerciales como arroz, palma africana y otros son posibles con tecnologías avanzadas y agresivas con el medio ambiente. La ganadería extensiva, que es una despensa de carne para Colombia, en general, degrada los suelos y convendría la propuesta de sistemas silvopastoriles. Para la agricultura de subsistencia de los aborígenes y de la población “blanca” pobre resulta urgente la habilitación y el uso de residuos orgánicos, para mejorar la cantidad y calidad de la oferta alimentaria y sin necesidad de abrir la frontera agropecuaria. Introducir estas poblaciones al mundo orgánico les permitiría seguir siendo sostenibles y resistir los embates de la agricultura comercial que se pretende impulsar en esas regiones.



Para realizar unas recomendaciones en torno al manejo de la materia orgánica en el sistema de producción de la Orinoquia es fundamental tener en cuenta los siguientes aspectos:

Bioma: si se conoce el bioma, se tienen claros los diferentes procesos y funciones ecosistémicas a la hora de planear una intervención territorial en materia de manejo.

Matriz de intervención: de acuerdo con la intensificación de la intervención antrópica se puede evaluar el estado de deterioro del agroecosistema y su gradiente en torno al equilibrio dinámico del bioma en estudio, en su estado inicial. En este aspecto se debe recurrir a herramientas tanto de inventarios florísticos y faunísticos, como a indicadores de biodiversidad y a herramientas de cartografía social.

Plan de intervención: se diseña un plan de intervención en donde se incluyen las estrategias que se deben tener en cuenta para llevar el sistema productivo a rangos adecuados en materia de sostenibilidad ecosistémica. Para el caso, se recurre a externalidades como la reintroducción de especies vegetales para diferentes estratos de la estructura del agroecosistema, lo cual traerá en el mediano y en el largo plazos la recuperación de la biodiversidad asociada.



En cuanto a la ganadería, como se mencionó anteriormente, la estrategia debe apuntar al silvopastoreo, pues este trae consigo una serie de beneficios y servicios ecosistémicos como la fijación de nitrógeno por los árboles leguminosos incluidos en el diseño, mayor captura de carbono, mayor volumen de biomasa arbórea en la estructura ecosistémica, mayor aporte de carbono al perfil de suelo, mejor calidad de vida de los animales por el efecto atemperante de los diseños biodiversos, así como una dieta más compleja en su nutrición, entre otros.

Recurrir a externalidades en materia de fertilidad de suelos, que incluyan la producción de abonos orgánicos para suplir muy parcialmente el ciclaje de nutrientes naturales, producto de la generación de biomasa de los diferentes estratos.

Tener en cuenta enmiendas que, de acuerdo con la viabilidad económica, principalmente fletes o transporte se puedan utilizar para mejorar la fertilidad del suelo en materia de pH, como es el caso de la cal dolomita.

Debido a que el fósforo es un elemento escaso en los suelos de la Orinoquia si la matriz que se va a trabajar es de un agroecosistema diverso, es muy importante la presencia de este elemento en las diferentes funciones fisiológicas de los cultivos y de la vegetación acompañante. Por tanto, se recomienda tener en cuenta las siguientes estrategias:

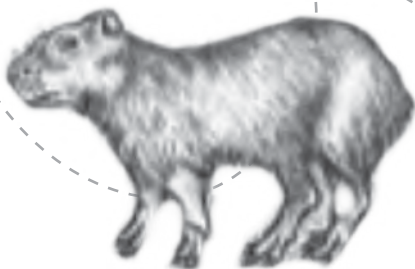
- ▶ Trabajar con micorrizas: aislar micorrizas nativas; cultivarlas en maíz y frijol; inocularlas en los suelos del agroecosistema.
- ▶ Trabajar con solubilizadores de fósforo: en este sentido es importante recurrir a información secundaria en torno a microorganismos del suelo amazónico que sean solubilizadores de este elemento (algunas cepas de *Bacillus subtilis* y *Penicillium janthinellum*), que pueden influir en las arcillas y en el suelo en general, para llevar a estados solubles elementos que se pueden encontrar fijados o incluidos.
- ▶ En cuanto a los demás elementos es importante que dentro de la estrategia de diagnóstico se haga un análisis de suelos con el fin de tener elementos para la gestión de los abonos orgánicos.

A propósito de los residuos orgánicos regionales se hacen las siguientes recomendaciones:

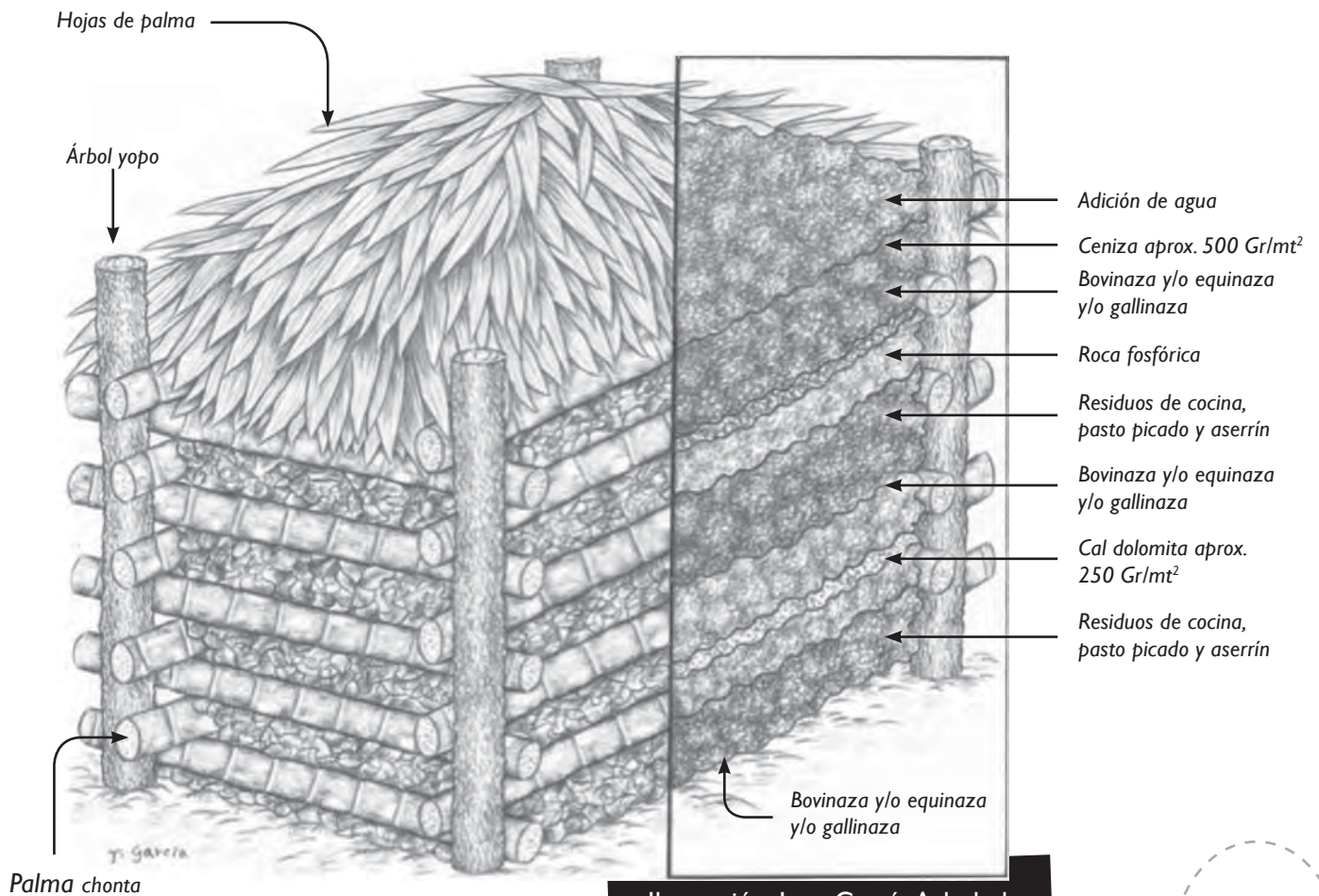
- ▶ Aprovechar la cascarilla de arroz, pero molíendola finamente, antes de incorporarla al proceso de compostaje. No debe ser más del 10% de los compostables.
- ▶ Convenir con las municipalidades el aprovechamiento de los residuos de mantenimiento de prados y de las galerías y supermercados para que los agricultores los usen.

- ▶ Acordar con los ganaderos el aprovechamiento de las bovinazas con destino a los agricultores, para su habilitación.
- ▶ Insistirles a los agricultores que todos los residuos orgánicos que proporcionen sus cultivos y sus cocinas, deben ir a la compostera.
- ▶ Los aserrines y virutas de aserríos y carpinterías, no deben exceder el 5% de los compostables.
- ▶ Se puede reforzar el volumen de compostables con parte de las malezas cortadas en los cultivos.

- ▶ Una alternativa interesante para la habilitación del residuo de la ganadería es la utilización de la bovinaza (cuando hay prácticas periódicas en establo) como insumo para la lombricultura, que constituye un recurso importantísimo por su calidad y economía en la productividad, además de ser un insumo con un alto potencial para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos.



Pila de compost



La pila de compost es una técnica de habilitación de los residuos que imita su proceso de descomposición en la naturaleza. De esta forma los residuos se van acumulando en la compostera, ya sea de manera ordenada por capas, o en la medida de su disponibilidad. Pero lo más importante es guardar las proporciones adecuadas de relación C/N de tal manera que al inicio de la mezcla total, este factor esté por el orden de 25 a 30. Para el caso de la Orinoquia de acuerdo con la disponibilidad de los residuos, las siguientes son algunas opciones de proporciones de mezcla, para guardar tal relación:

Mezclas opcionales para la obtención de una relación Carbono / Hidrogeno 30:1

Residuo	Relación C/N	% N	% Humedad
Boñiga (1)	18	0.7	65
Fango digerido de río (2)	15	1.88	70
Paja de pastos (3)	45	0.2	45
Aserrín (4)	95.27	0.36	21.7

Mezclas opcionales

Mezcla	Cantidad
(1)+(3)	1 Kg (1) 1.7 Kg (3)
(2)+(3)	1 Kg (2) 5 Kg (3)
(2)+(3)+(4)	1 Kg (2) 1 Kg (3) 0.2 Kg (4)

Los otros insumos que aparecen en la gráfica de compostaje son fundamentales para suministrar elementos como calcio y magnesio (cal dolomita) necesarios en suelos con pH ácidos como los de la Orinoquia; fósforo en el caso de la roca fosfórica y derivados de la piscicultura que, como ya se indicó, es sumamente bajo en estos suelos; el potasio y las trazas de otros elementos se suministran en el compostaje, por medio de la adición de residuos como la ceniza.



Bibliografía

- ▶ Burbano, H. y Silva, F. (ed.). (2010). Ciencia del suelo. Principios básicos. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 594 pág.
- ▶ Castillo Brieva, A. (ed.) (2010). Expedición Colombia fauna flora y áreas protegidas de nuestro país. En: *El Tiempo*. Bogotá: Fundación Alas de Cristal.
- ▶ Estévez, T. (2008). Colombia salvaje. Un paraíso de fauna y flora. Pacífico, Amazonia y Orinoquia. Bogotá, Colombia: Círculo de Lectores.
- ▶ García, M. (2011). El compostaje. Bogotá: Convenio SENA-TROPENBOS.
- ▶ García, M. (2004). “Guía para el manejo de tecnologías de producción limpia”. En: Colombia 2004. (ed.): Convenio Andrés Bello ISBN: 958-698-161-4 v. o. 56 p.
- ▶ Gómez Z., J. (2000). La materia orgánica en los agroecosistemas. Cali: Feriva. 70 páginas.
- ▶ Gómez Z., J. (2000). Abonos orgánicos. Cali: Feriva. 107 páginas.
- ▶ Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1999). Paisajes fisiográficos de Orinoquia-Amazonas (ORAM). Bogotá, Colombia: IGAC.
- ▶ Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1995). Suelos de Colombia. Bogotá, Colombia: IGAC.
- ▶ Moral, R. y Moreno, J. (2008). Compostaje. Madrid: Aula Magna. 570 p.
- ▶ Rivera Ospina, D. (2008). La Amazonia de Colombia. Bogotá: Libros de la Colección Ecológica, Banco de Occidente.





Compartir saberes para tejer soluciones

Convenio SENA-Tropenbos

Formación en gestión ambiental
y cadenas productivas sostenibles

