

Generación de opciones tecnológicas para la producción agropecuaria en San Andrés isla

Introducción

La Universidad Nacional de Colombia sede Caribe considera imprescindible para facilitar la construcción de conocimiento y la conservación de la diversidad biótica y cultural de la nación colombiana fijarse metas. La conformación de una sociedad de agricultores en el departamento archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina tiene como objetivo garantizar la seguridad alimentaria y mejorar las condiciones de vida de sus comunidades. El proyecto “Generación de Opciones Tecnológicas para el Sector Agropecuario de la Reserva de la Biosfera Sea Flower, San Andrés, Islas”, que ha sido financiado por COLCIENCIAS y la Universidad Nacional de Colombia bajo el código 20301001361 se reseña aquí y pretende generar opciones tecnológicas que permitan al sector agropecuario funcionar como sistema, mejorando el reciclaje de materia, y haciendo más eficiente el uso de la energía. Con ello no solo se obtienen mejores productos en calidad y cantidad, sino que se disminuye la posibilidad de impactar de manera negativa el ambiente.

El equipo de investigación, inscrito en el grupo de Estudios Ambientales, está liderado por José Javier Toro Calderón (Zootecnista, M.Sc, Profesor asociado de la UN sede Caribe); Jaime Polanía (*Dr. rer. nat.*, Profesor asociado de la sede Medellín); Diana Lucia Correo Moreno (Ing. Agrónoma, MSC) y Tomás Guerrero (Ing. Ambiental) y fundamenta su trabajo en completar la caracterización de los suelos de uso agrícola. Se propone generar recomendaciones relacionadas con los factores mejorables por medio de enmiendas orgánicas; evaluar los impactos de la actividad pecuaria, validar algunas tecnologías para el tratamiento de residuos de la producción pecuaria en el contexto ambiental de la Isla, y determinar la eficiencia de los productos obtenidos en algunos cultivos de mayor uso, y consumo por parte de los agricultores y la comunidad.

Las acciones investigativas están transversalizadas por el paradigma de la Investigación-Acción, por lo tanto la comunidad actúa como actor, y no solo como un receptor, o blanco de la misma. Los resultados que se presentan aquí son preliminares, debido a que el proyecto se encuentra en un 50 % de lo previsto en el cronograma de actividades, sin retrasos considerables.

Por : Javier Toro Calderón, Zoot., M.Sc, Profesor asociado; Tomás Guerrero Jiménez, Ing. Ambiental UN; Erika Tatiana Castro, Estudiante, Ing. Amb.

Descripción

Los principales problemas del sector pecuario, incluyen prácticas de manejo inadecuadas, limitaciones nutricionales (Polanía et al. 2004), precarios protocolos de sanidad, construcciones improvisadas, ineficiente sistema de administración y generación continua de impactos ambientales negativos por la disposición final de los residuos en las áreas contiguas a los espacios de estabulación, especialmente en las actividades porcícola y avícola. Ante esta problemática, CORALINA, la entidad ambiental del departamento archipiélago, exige la implementación de sistemas compatibles con la producción limpia y el respeto a gozar de un ambiente sano, más aún, cuando a partir de noviembre del 2000 fue declarado Reserva de Biosfera 'por la UNESCO y forma parte de la Red Mundial, que vela por la preservación de los recursos naturales en un marco de desarrollo sustentable.

La contaminación, generada por el inadecuado manejo de los residuos de la producción porcina, afecta principalmente la atmósfera, la hidrosfera y la comunidad, al producirse amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y bióxido de carbono que representan riesgos directos a la salud de los operarios y de los animales de la explotación, por ejemplo Drummond et al. (1980) constataron un decremento del 12 al 30% en la ganancia diaria de peso de cerdos alojados en lugares con concentraciones crecientes de amoníaco (50, 100 y 150 ppm), y Sutton et al. (1999) comprobaron que la materia orgánica, depositada sin tratamiento previo puede contaminar los recursos hídricos superficiales o subterráneos, al elevar las concentraciones de DBO, DQO y sólidos. Además, el agua utilizada para el aseo diario, sin evacuación adecuada, se constituye en potencial incubadora de insectos vectores y libadero de vertebrados plagas.

Puesto que aproximadamente el 37% de los residuos que llegan al sitio de disposición final son de carácter orgánico, incluyendo los de poda (Gobernación 1996), y que sumado a los contabilizados derivados de la producción pecuaria –porquinaza, gallinaza, bovinaza-, los lodos provenientes del vaciado de los pozos sépticos y potabilización de agua del sector hotelero, entre otros, que podrían aumentar este porcentaje, se justifica la búsqueda y el planteamiento de alternativas viables para el tratamiento. Algunas propiedades intrínsecas de estos residuos, como el alto contenido de nitrógeno, potasio y fósforo, permiten que, con técnicas de compostaje, lombricultura y biodigestión, se aprovechen como fuente disponible de materia orgánica, generación de gases combustibles (Chará, 1999), enmiendas y acondicionadores físicos que permitan mejorar la fertilidad de los suelos de la Isla.

No obstante, las oportunidades que, desde el punto de vista tecnológico, representa el uso de residuos para producción de nutrientes de uso agrícola y fuentes de poder energético, si la comunidad no los termina aceptando como opción, de nada sirve el proyecto de investigación. Por ese motivo se propone emplear técnicas de fácil aplicación que son bien conocidas actualmente, como la compostación, lombricultivos y sistemas de biorremediación que han sido utilizados con éxito por los agricultores, y están reportados en varias fuentes (ACP et al., 1997; <http://fc.uni.edu.pe/loptica/compostación.html>).

Resultados parciales

El mejoramiento de fertilidad de los suelos estudiados y su conservación dependerá significativamente de la implementación de un sistema de manejo que tenga en cuenta los factores limitantes principales, como la disponibilidad de agua superficial y subterránea, y la necesidad de incorporación de materia orgánica, de origen animal y vegetal, de fácil acceso social, debido a la baja capacidad adquisitiva de la mayor parte de los agricultores. En esta sentido los residuos generados en la producción animal, principalmente en la porcicultura, la ganadería y, en menor grado, la avicultura, por el bajo número de animales y los generados en los cultivos de caña de azúcar, yuca y plátano, previamente procesados, para aumentar su

potencial nutricional y físico, representan una de las alternativas viables para garantizar en el corto y mediano plazo, la seguridad alimentaria. Esta es una meta principal si se desea el desarrollo a escala humana de las comunidades que construyen sus proyectos de vida en el Departamento Archipiélago.

Estas observaciones, justifican el desarrollo de ensayos investigativos, para evaluar el comportamiento de tecnologías validadas en otros contextos ambientales, que tienen como objetivo la producción de enmiendas y nutrientes para los tipos de suelo encontrados en los sitios de estudio, a partir de residuos de cosechas y explotaciones animales.

Manejo ambiental de sistemas de producción pecuaria y montaje de tecnologías de transformación de residuos

El manejo ambiental en los sistemas productivos se relaciona con una pérdida de oportunidad para el mejoramiento de las condiciones edáficas, propiciatorias de una mayor fertilidad y rendimiento. Esta pérdida está representada en la no utilización de los subproductos “residuos orgánicos” generados en la producción porcina y avícola para el sector pecuario, y los generados en la producción de caña de azúcar para el sector agrícola. Estos residuos podrían ser valorados como insumos para fertilización de cultivos.

Además de este impacto económico y social negativo se presentan otros locales en la atmósfera, la hidrosfera y la salud pública. El montaje de tecnologías de transformación de residuos se encuentra representado en ensayos de compostación y lombricultura. Se ha adecuado de manera experimental una planta piloto de compostaje y lombricompost, en la cual se está evaluando la utilización de residuos orgánicos producidos por el sector agropecuario, para la fabricación de compost y vermicompost. También se encuentra en etapa de construcción un biodigestor demostrativo en la granja de la Institución Educativa CEMED “Antonia Santos” para el tratamiento de las aguas residuales porcícolas, ensayos que están encaminados a validar los resultados obtenidos en otros contextos sociales y ecosistémicos. Se pretende validar estas tecnologías desde el punto de vista tecnológico y social en el contexto de la reserva de biosfera “Sea Flower” (San Andrés Islas).

Los sistemas de producción a pequeña escala de San Andrés Isla, representan la mayor parte del sistema agropecuario, y el más adecuado a las características ambientales de la isla, (Polanía et al. 2004); no obstante se considera como una de las actividades económicas de mayor marginalidad, desconociéndose su positivo impacto social, debido a que representa un componente fundamental de la cultura tradicional (Borrero et al. 1994).

Es común inferir, sin soportes previos, que las actividades agrícolas de tradición, no causan impactos negativos sobre el ambiente de la isla (cuerpos de agua, el hombre, la fauna y la flora), debido a que las principales prácticas en las cuales se apoya la actividad son de carácter pasivo (no apoyados en la aplicación de fertilizantes químicos ni mecanización de las actividades de labranza y riego) y se fundamentan en los conocimientos construidos durante años. Sin embargo en la práctica, los resultados productivos no son los esperados, y los impactos ambientales se sienten principalmente en las áreas de influencia de las parcelas productivas pecuarias.

A este respecto, el sector pecuario de la isla representa el 30% de la actividad agropecuaria, siendo la porcicultura el más representativo con 2.403 animales, distribuidos en 247 porquerizas (Censo porcícola, ICA 2005), establecidas a lo largo y ancho de la isla, incluso sobre ecosistemas estratégicos como manglares y playas. Este sector por la forma en la cual se ha venido manejando, genera impactos negativos al ambiente, principalmente por la ineficiente recolección y disposición final de los residuos líquidos y sólidos, los cuales paradójicamente, son una excelente materia prima potencial, para la elaboración de fertilizantes y enmiendas orgánicas,

necesarios para el mejoramiento de las características físico-químicas y microbiológicas de los suelos dedicados a la producción agrícola.

Cama profunda

La porcicultura es una de las actividades pecuarias de mayor importancia en San Andrés, tanto en términos productivos como sociales. En los últimos años se ha incrementado y se concentra principalmente en San Luis, la Loma y el Cove, donde representa una actividad económica significativa. La forma tradicional como se desarrolla esta actividad goza de gran potencial ambiental debido a que incorpora como fuente alimentaria los residuos vegetales tanto domiciliarios como hoteleros, así como algunos residuos agrícolas. Esto permite una opción eficiente de reciclaje.

Independientemente de la ventaja productiva y ambiental que ha representado la alimentación con lavazas, la porcicultura tiene un sinnúmero de debilidades, relacionadas principalmente con el inadecuado manejo integral de sus residuos, una limitada arquitectura de las porquerizas, que no permite en la mayoría de los casos, la implementación de tecnologías para el tratamiento de los residuos orgánicos, y necesidad de complementación de conceptos, habilidades y destrezas de los productores agropecuarios.

Las características de los suelos para la producción agrícola, el nivel socioeconómico de los agricultores, las particularidades ambientales de la isla y las materias primas disponibles obligan a la adopción de tecnologías con mínima inversión económica y que estén al alcance técnico no especializado. Los sistemas de cama profunda, la compostación, la lombricultura, y la biodigestión anaeróbica, reúnen estos requisitos, incrementan el ahorro de agua, previenen la contaminación, y generan insumos utilizados para la producción agrícola.

El sistema de Cama Profunda (SCP) utiliza como cama, o sustrato de cubrimiento de piso residuos como bagazo de caña, hojarasca, pastos secos, arena o papel periódico picado, o cualquier otro material con características absorbentes. El SCP, además de facilitar el manejo de los residuos orgánicos, disminuye el estrés en los animales, lo que se constituye en un factor de aumento de la producción (Jong et al. 1998). Este tipo de sistemas ha demostrado ganancia diaria, eficiencias de conversión alimenticia y salud en cerdos, en mejor proporción que los sistemas convencionales y disminuye costos de producción (Gonyou y Stricklin, 1998; Wolter et al. 2001). Sin desconocer las ventajas socioeconómicas que representa para los productores de la isla este tipo de tecnología, el valor agregado de mayor significancia es la contingencia ambiental que representan, relacionada especialmente con:

- Utilización de materiales de cama, por lo regular producidos en la misma granja,
- Facilitar el manejo de residuos orgánicos de la granja.
- No se necesitan infraestructuras sofisticadas para hacer un manejo con el SCP, por lo cual no está en contraposición de la arquitectura tradicional de las porquerizas de la isla.
- Reducción de agua de consumo para limpieza de corrales.
- Reducción de buen porcentaje de olores producidos en los corrales.
- Obtención de fertilizantes orgánicos a partir del compostaje de la cama utilizada.
- Reducción en buen porcentaje de moscas y roedores.

Para evaluar la pertinencia y efectividad de este tipo de tecnología en términos ambientales como productivos, se llevará cabo un estudio preliminar en dos corrales pilotos de experimentación en el galpón avícola de la granja agropecuaria de la Institución Educativa CEMED “Antonia Santos”, que actualmente se encuentra sin uso. La cama será bagazo de caña de azúcar picado. Aunque estas instalaciones no son representativas de la arquitectura tradicional de los galpones de cerdos de San Andrés, servirán para hacer las evaluaciones preliminares propuestas en la investigación. Dentro de los parámetros productivos se evaluará

el número de cerdos de ingreso y salida, peso de ingreso y salida, la ganancia de peso diaria promedio, el bienestar y la salud de los animales; entre los ambientales los olores, la producción de aguas residuales, la proliferación de moscas, insectos, roedores, el consumo de agua para mantenimiento y el valor de cama como enmienda orgánica.

Uso de biodigestores

Se puede considerar que el manejo de los residuos sólidos en la porcicultura es de un nivel moderado de complejidad, que debería ser el primer componente ambiental totalmente resuelto en las granjas. Sin embargo diagnósticos preliminares de las granjas porcícolas de la isla demuestran que, a pesar de las facilidades, gran parte de los productores pequeños y medianos no se han familiarizado con el tema o implementan los tipos de tecnologías existentes. La mayoría de los sistemas porcícolas gozan de una particular infraestructura que hace posible la implementación de tecnologías para el tratamiento de sus residuos líquidos. La principal limitante es la carencia de un sistema adecuado de drenaje, condición mejorable, si se adelantan adaptaciones que implican una inversión moderada de recursos.

Los biodigestores representan una alternativa para ser implementados porque, además de ser una estrategia para disminuir el potencial contaminante, llevan consigo un valor agregado, que es la producción de gas combustible y fertilizantes. Se trata de compartimientos herméticos, en los cuales se fermenta la materia orgánica en ausencia de oxígeno por la acción de microorganismos anaerobios. Como resultado de este proceso se generan gases, compuestos aproximadamente de 66% de metano y 33% de bióxido de carbono. El material resultante de la biodigestión o efluente, puede ser directamente usado como fertilizante y acondicionador de suelo, debido a la presencia de nitrógeno, fósforo y potasio, de fácil disponibilidad para las plantas.

La Fundación CIPAV ha venido implementando en Colombia biodigestores plásticos de flujo continuo para la producción de biogás, y para la descontaminación de aguas servidas de uso agropecuario, siendo una opción de bajo costo, fácil manejo y operación y adaptable a las condiciones tropicales desde las zonas más bajas hasta las zonas andinas (Chará et al. 1999). En este sentido se busca estudiar la posibilidad de implementar la tecnología de biodigestión, mediante la construcción y seguimiento de un biodigestor tipo Taiwán en el galpón porcícola de la granja agropecuaria del CEMED, con ventajas tales como:

- Disminución del potencial contaminante de residuos orgánicos, como las excretas de origen animal.
- Previene la formación de olores ofensivos generados en la producción porcícola.
- Previene la tala de árboles, que son utilizados como combustible en las labores de cocción de residuos vegetales, para alimentación de cerdos, al sustituirse por el biogás producido en el biodigestor.
- El lodo generado en el biodigestor puede ser utilizado como fertilizante para cultivos, debido a los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio o como sustrato para lombricultivos.
- El agua de efluente del biodigestor puede ser utilizado directamente para labores de riego de cultivos, o el lavado de porquerizas, disminuyendo de esta manera el consumo de agua.

Para evaluar la pertinencia y efectividad en la implementación de este tipo de tecnología se llevará a cabo un estudio preliminar en el galpón porcícola de la granja agropecuaria del CEMED. El montaje de este sistema tendrá la participación activa de los porcicultores, para lo cual se ha diseñado un taller inductivo, dirigido por funcionarios del CIPAV. Cabe agregar que los recursos necesarios para el montaje de este ensayo serán proporcionados por CORALINA, así como la donación de 10 cerdos por parte de la fundación *San Andrés Pig Producer's*. Entre los parámetros

productivos se evaluará la producción de gas, el potencial fertilizante de los lodos y el de fertilización del efluente; y entre los ambientales los olores, DBO, DQO en afluente y efluente de biodigestor, la proliferación de moscas, insectos, roedores y SST.

Residuos orgánicos y lodos de tratamiento de aguas para compost

La cantidad de residuos orgánicos generados por la población de San Andrés se encuentra en aumento. A medida que crece, esta situación agrava el problema de la reducida capacidad del botadero a cielo abierto “Magic Garden”, y la inexistencia de sistemas de tratamientos de aguas residuales, las cuales son vertidas sin tratamiento previo al mar.

Esta situación demanda una investigación aplicada sobre procesos de tratamiento de residuos, mediante el uso de tecnologías de compostación. El compost es un producto obtenido mediante procesos de descomposición microbiológica y química, de materiales orgánicos, cuyas características, lo hacen apto para ser empleado como fertilizante de plantas y mejorador de suelos.

Existen varios tipos de técnicas para la elaboración de compost. En este trabajo se investiga la fabricación de compost en pilas, el sistema de compostaje más utilizado y recomendado para los agricultores por la poca cantidad de insumos necesarios y la facilidad de su aprendizaje. Las probables ventajas de la implementación de este tipo de sistema para el manejo de los residuos orgánicos de diferentes fuentes, y su posterior utilización como abono orgánico para cultivos son:

- Permite el reciclaje de materia en el sistema productivo.
- Reduce la necesidad de vertederos de residuos orgánicos potencialmente contaminantes.
- Previene la posible contaminación de aguas superficiales y subterráneas por nitratos, derivada de la mala disposición de residuos orgánicos de origen agrícola y pecuario.
- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica contribuye favorablemente a la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo.
- Reduce la densidad aparente, aumentando la porosidad y permeabilidad, así como, la retención de agua en el suelo.
- Mejora las propiedades químicas.
- Aumenta el contenido de N, K, y micronutrientes.
- Mejora la actividad biológica del suelo.
- Actúa como soporte y alimento para los microorganismos.
- Genera rendimientos de producción en cultivos cuando es aplicado al suelo.

Para evaluar la pertinencia y efectividad en la implementación de este tipo de tecnología, y reconociendo la necesidad de estudiar todas las fases involucradas en este proceso, se procedió a la construcción de una planta experimental de compostaje para granjas pequeñas, que permitirá hacer un estudio más detallado en una capacidad de tratamiento de seis pilas rotativas de 6 m³, para una capacidad anual de 144 m³.

Los lodos el bagazo y la hojarasca necesitan un tratamiento previo a los respectivos montajes de compostación. En el caso de los lodos han pasado por un periodo de secado de un mes antes de su recolección, el bagazo fue picado mecánicamente y a la hojarasca se le hizo una separación manual de materiales gruesos. Posteriormente se realiza el montaje de bases para las pilas de compostación y se impermeabiliza el suelo con plástico negro. Una vez adecuado el sitio se hace un mezclado de los diferentes materiales y se montan las diferentes pilas. Esta mezcla se hace manualmente con pala y rastrillo. En total se han montado tres pilas de compostaje con diferentes mezclas, y está proyectado el montaje de dos más, y el de un compostero vertical. A estas pilas se les seguimiento diario de indicadores de temperatura y humedad, así como los respectivos volteos dependiendo el comportamiento de cada pila.

Las materias primas se seleccionan según los siguientes criterios:

- Facilidad de obtención.
- Problemas derivados por su mal manejo (sanitario, estético).
- Ser reconocidos como residuos.
- Potencial nutritivo y/o estructurante.

Los materiales seleccionados incluyen hojarasca, bagazo de caña de azúcar, porquinaza, gallinaza y lodos de pozos sépticos (cuadro 1)

Cuadro 1. Parámetros físico-químicos de materiales escogidos a partir de literatura nacional e internacional.

MATERIAL	Parámetro (%)		
	N	C	Humedad
Hojarasca	0,9	48,6	38
Bagazo de caña de azúcar	1,4	19,5	50
Porquinaza	3,1	43	80
Gallinaza	0,9	48,6	65
Lodos de pozos sépticos	1,9	30,4	70

La hojarasca fue recogida de las zonas verdes de las instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia sede Caribe y de los alrededores de la planta, el bagazo de caña de azúcar fue recolectado de predios del trapiche del señor Vicente Nelson, y el transporte estuvo a cargo de la empresa de aseo Trash Búster. En total se transportaron aproximadamente 10 m³ de material; la porquinaza se recolectó de las marraneras de la granja de la Corporación Universitaria Cristiana y de la finca de Roberto Hudson. En total se recolectaron 25 sacos de este material. La gallinaza fue donada por la empresa avícola Huevos San Andrés. Los lodos serán proporcionados por el hotel Sol Caribe Campo, provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Además de la importancia de manejar los parámetros esenciales para el buen funcionamiento del proceso de compostaje (relación C/N y humedad), se tuvo como criterio para la selección de las mezclas, los tipos de materiales que direccionarán a la obtención de un compost con buen potencial fertilizante y estructurante. Las mezclas a estudiar se resumen en el cuadro 2.

Apilamiento y mezclas. Se realizan tres tipos de mezclas, obteniéndose los siguientes tratamientos A, B, C.

Cuadro 2. Mezclas objeto de estudio.

Tipo	Proporción de materia prima				
	Hojarasca	Bagazo	Porquinaza	Gallinaza	Lodos
A	2,0	1,00	1,500	0	0
B	1,25	2,10	0	1,00	0
C	0	1,00	0	2,50	1,30

El compost Tipo A es una mezcla de hojarasca, bagazo y porquinaza (2:1:1,5, equivalente a 37,2 Kg:22,2 Kg:39,8 Kg), donde la hojarasca es triturada manualmente, el bagazo mecánicamente, el apilamiento se mezcló manual y hasta conseguir la altura, en 2 m de anchura, 2 m de longitud y 1,5 m de altura con sección trapezoidal a partir del 7 de septiembre/2005.

El compost tipo B es una mezcla de hojarasca, bagazo y gallinaza (1,25:2,1:1, equivalente a 28,3 Kg:49 Kg:22,7 Kg), donde la hojarasca es triturada manualmente, el bagazo mecánicamente, el apilamiento se mezcló manual y hasta conseguir la altura, en 2 m de anchura, 2 m de longitud y 1,5 m de altura con sección trapezoidal a partir del 7 de septiembre/2005.

El volteo y la fermentación se hará en tres meses, pues las pilas se encuentran situadas en una misma era, con una distancia entre ellas de 0,6 metros. El volteo se hace manualmente con la ayuda de carretillas y palas. Con objeto de controlar el proceso de fermentación, se muestrea diariamente la temperatura a la profundidad media de la pila (figuras 1 y 2).

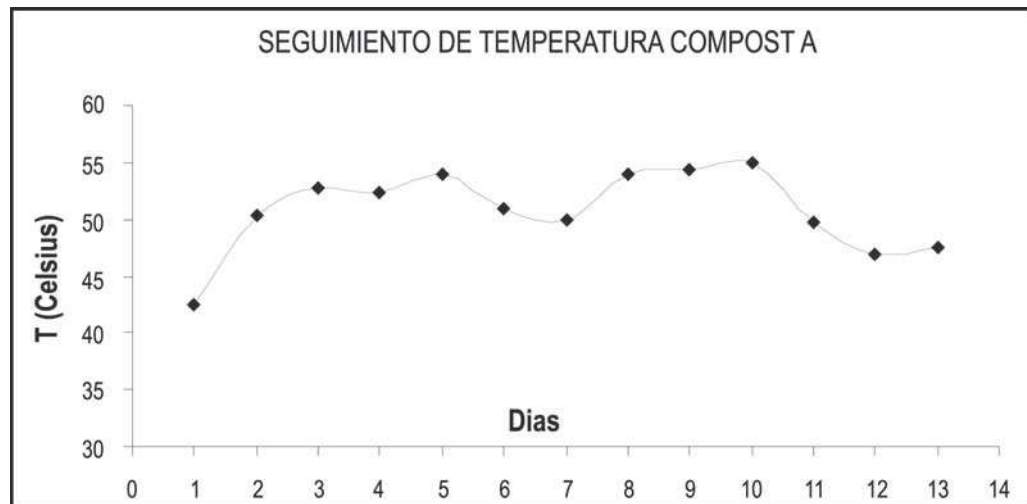


Figura 1. Comportamiento de la temperatura, ensayo de compostación, tratamiento A.

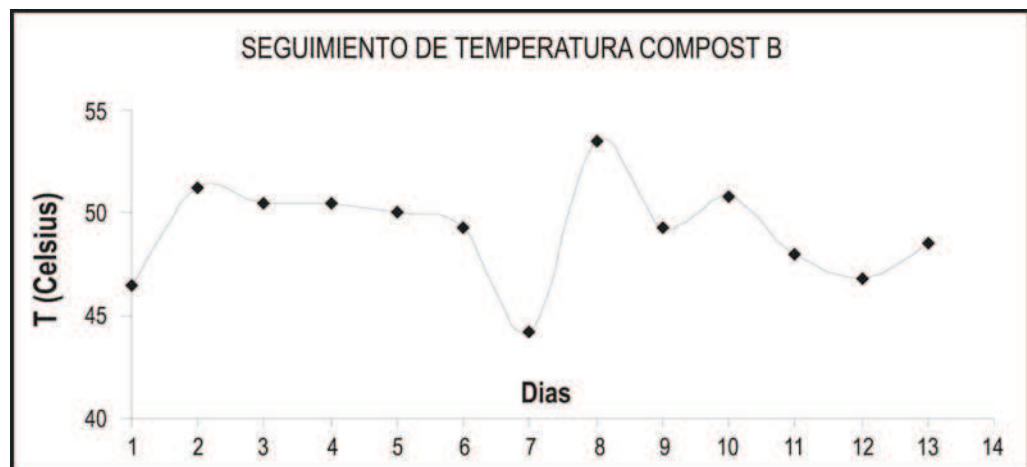


Figura 2. Comportamiento de la temperatura, ensayo de compostación, tratamiento B.

La temperatura de las pilas concuerda con los parámetros recomendados, que sugieren como deseable un aumento seguido por un decrecimiento lento de la temperatura, estadios termófilo o mesófilo, con el fin de reducir en gran porcentaje los patógenos presentes en las excretas frescas o sin tratamiento.

Para las evaluaciones de eficiencias, de los compost obtenidos, en los diferentes tratamientos se realizarán ensayos con algunos cultivos de periodos cortos. El diseño experimental se hará a partir de un modelo estadístico de bloques completos al azar, con cinco tratamientos (testigo, compost A, B, C y vermicompost), seis repeticiones y dos niveles de inclusión (dosis alta y baja), con un arreglo factorial de $5 \times 6 \times 2$. Se medirá supervivencia; altura de la planta; número de flores, racimos y frutos; tamaño de los frutos.