

Evaluación económica de un sistema de vermicomposta para la industria cafetalera de Puerto Rico.

por

Milton F. Estupiñán

Tesis sometida en cumplimiento parcial para el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

en

ECONOMÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO

RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2008

Aprobada por:

Jorge A. González, Ph.D.

Miembro, Comité Graduado y Director del Departamento

Fecha

Francisco M. Monroig, Ph.D.

Miembro, Comité Graduado

Fecha

Gladys M. González Martínez, Ph.D.

Presidenta, Comité Graduado

Fecha

Héctor O. López Méndez, M.E.M.

Representante de Escuela Graduada

Fecha

© Derechos de autor reservados por
Milton F. Estupiñán
2008

ABSTRACT

An economical feasibility study was performed for a vermicomposting system using coffee pulp in Puerto Rico. The continuous flow reactor, plastic recipient and bed systems were evaluated at different coffee processing scales assuming that the vermicompost will be sold from the farm by tons. The commercialization of vermicompost in a 20 pounds presentation using the bed system was analyzed and an economic analysis was performed to consider the substitution of inorganic fertilizers with vermicompost.

Although none of the systems were feasible using prices of similar products in the market, the bed system shows the best economics results. To be considered feasible, a vermicompost produced in bed systems must be sold at a minimum of \$1.86, \$1.06, \$0.85, \$0.78 y \$0.74 per pound for the processing scales under study. Fertilize with vermicompost resulted 18 times more expensive than using inorganic fertilizers.

RESUMEN

Se realizó un estudio económico de viabilidad para un sistema de vermicomposta usando pulpa de café en Puerto Rico. Se evaluaron reactores de flujo continuo, recipientes plásticos y canales a diferentes escalas de procesamiento de café asumiendo que la composta se vendería desde la finca por tonelada. Se analizó la comercialización de un producto de vermicomposta en presentación de 20 libras utilizando el sistema de camas y se realizó un análisis económico de la sustitución de abonos inorgánicos con vermicomposta.

Aunque ninguna de las tecnologías fue viable utilizando precios de productos semejantes en el mercado, el sistema de camas mostró los mejores resultados. Para que la comercialización de la vermicomposta producida en el sistema de canales sea viable, se necesitan precios mínimos de venta por libra de \$1.86, \$1.06, \$0.85, \$0.78 y \$0.74 para las escalas consideradas. Fertilizar con vermicomposta resultó 18 veces más costoso que utilizar abonos inorgánicos.

DEDICATORIA:

A las dos personas más importantes en mi vida, Milton y Ana, mi padre y madre que por medio de su apoyo y de dedicación me han ayudado a convertirme en el ser humano que soy el día de hoy.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por todo el amor, confianza y la ayuda económica brindada a lo largo de mi vida y de mi educación.

Al Dr. Francisco Monroig por todo el esfuerzo y ayuda académica brindada a lo largo de mi proceso de investigación. Sin él esta investigación no se hubiera podido llevar a cabo.

Al Dr. Jorge González y la Dra. Gladys González por encaminarme y haberme brindado una buena educación durante mi bachillerato y maestría.

A las secretarias del departamento, Damaris Rivera y Margarita Olivencia quienes me ayudaron con las gestiones administrativas y fueron consejeras desde mi llegada a Puerto Rico.

A Gildreth González, Iliá Vélez y Myrna Ayala, por su amistad, cariño y preocupación hacia mi ser desde el primer día que me conocieron.

A mis compañeros de la maestría quienes me dieron apoyo moral y por las experiencias compartidas en el departamento.

A Puerto Rico por haberme brindado momentos inolvidables y una de las mejores etapas de mi vida.

A USDA/CRSEES Concesión Núm. 109 en Investigación de la Agricultura Tropical / Subtropical por haber financiado esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE GRÁFICAS.....	x
LISTA DE APÉNDICES.....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	4
1.2 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Composta y vermicomposta.....	5
2.2 Sistemas de vermicomposteo.....	7
2.3 Estudio de viabilidad económica.....	8
2.3.1 Conceptos económicos y financieros básicos envueltos en el estudio de viabilidad.....	8
2.3.1.1 Valor del dinero en el tiempo.....	8
2.3.1.2 Interés compuesto.....	9
2.3.1.3 Anualidad.....	9
2.3.1.4 Tasa de descuento.....	10
2.4 Análisis económicos previos.....	10
2.5 Rendimientos en la producción de vermicomposta.....	13
2.6 Disponibilidad de los nutrientes de la vermicomposta.....	13
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	15
3.1 Supuestos y metodología generales para objetivos 1 y 2.....	15
3.1.1 Mano de obra.....	15
3.1.2 Localización.....	15
3.1.3 Área definida.....	15
3.1.4 Tipo de lombriz.....	15
3.1.5 Permisos necesarios.....	16
3.1.6 Tasa de descuento.....	16
3.1.7 Tasa de conversión de pulpa a composta.....	17
3.1.8 Vida del proyecto.....	17
3.1.9 Humedad de la vermicomposta de venta.....	17
3.1.10 Aspectos financieros.....	17
3.1.10.1 Criterio de valor actual neto (VAN).....	17
3.1.10.2 Tasa interna de retorno (TIR).....	18
3.1.10.3 Razón beneficio-costos.....	19
3.1.10.4 Periodo de recuperación de la inversión “Payback Period”.....	19
3.1.10.5 Análisis de sensibilidad.....	20
3.2 Objetivo 1.....	20
3.2.1 Reactores de flujo continuo.....	21
3.2.3 Recipiente de plástico.....	23
3.2.4 Sistema de camas.....	24
3.3 Objetivo 2.....	25
3.3.1 Producto.....	25

3.3.2 Precio	25
3.3.3 Distribución y canal de mercadeo.....	26
3.4 Objetivo 3.....	26
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	28
4.1 Objetivo 1 - Resultados.....	28
4.1.1 Escala A: 10,000 libras de café oro	28
4.1.2 Escala B: 40,000 libras de café oro.....	28
4.1.3 Escala C: 100,000 libras de café oro.....	29
4.1.4 Escala D: 200,000 libras de café oro	30
4.1.5 Escala E: 400,000 libras de café oro.....	30
4.1.6 Análisis de sensibilidad para el objetivo 1.....	31
4.2 Objetivo 2 - Resultados.....	33
4.2.1 Resultados de los análisis de sensibilidad para el objetivo #2.....	33
4.3 Objetivo 3 - Resultados.....	35
4.3.1 Fertilización con 12-5-15.....	35
4.3.2 Fertilización con vermicompota	36
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	38
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍAS	42

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Permisos necesarios para el establecimiento de una planta de vermicompostaje	16
Cuadro 2. Escalas de procesamiento de café oro	20
Cuadro 3. Descripción de los reactores.....	22
Cuadro 4. Precios de venta de la vermicomposta de la empresa	26
Cuadro 5. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala A	28
Cuadro 6. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala B.....	29
Cuadro 7. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala C.....	29
Cuadro 8. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala D	30
Cuadro 9. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala E.....	30
Cuadro 10. Precio de venta por tonelada bajo una de descuento del 6%.....	31
Cuadro 11. Resumen de viabilidad de los resultados estudiados a diferentes precios y su respectiva TIR	32
Cuadro 12. Resumen de viabilidad de los resultados estudiados a diferentes precios y con sus respectivas razones mínimas de conversión	32
Cuadro 13. Viabilidad de la comercialización de la vermicomposta.....	33
Cuadro 14. Precio de venta mínimo por libra bajo una de descuento del 6%	34
Cuadro 15. Comparación entre el precio de venta por libra, la TIR y la razón de conversión.....	34

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Precio de fertilizantes por empresa en toneladas	3
Gráfica 2. Recipientes plásticos para vermicomposta	22
Gráfica 3. Recipientes plásticos para vermicompostar	23
Gráfica 4. Canales para vermicompostar	24

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1: Ventas de fertilizantes por empresa.....	46
Apéndice 2: Venta de abonos por empresa agrícola.....	47
Apéndice 3: Análisis de vermicomposta de pulpa de café (5 kg de lombrices por metro cuadrado).....	48
Apéndice 4: Análisis de sensibilidad para la escala A del objetivo 1.....	49
Apéndice 5: Análisis de sensibilidad para la escala B del objetivo 1.....	51
Apéndice 6: Análisis de sensibilidad para la escala C del objetivo 1.....	53
Apéndice 7: Análisis de sensibilidad para la escala D del objetivo 1.....	55
Apéndice 8: Análisis de sensibilidad para la escala E del objetivo 1.....	57
Apéndice 9: Análisis de sensibilidad para la escala A del objetivo 2.....	59
Apéndice 10: Análisis de sensibilidad para la escala B del objetivo 2.....	60
Apéndice 11: Análisis de sensibilidad para la escala C del objetivo 2.....	61
Apéndice 12: Análisis de sensibilidad para la escala D del objetivo 2.....	62
Apéndice 13: Análisis de sensibilidad para la escala E del objetivo 2.....	63

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Desde hace tres décadas la economía puertorriqueña ha experimentado cambios que sin duda alguna son resultado de fluctuaciones de la economía local y global. Estos cambios han llevado a esta nación a dejar de ser una economía basada en la agricultura como lo había sido durante los pasados siglos. Actualmente la contribución de la agricultura a su Producto Interno Bruto (PIB) es menor del uno por ciento (Informe Económico al Gobernador, 2003).

Pese a esta reducción del sector agrícola, aún existen industrias de gran importancia económica en Puerto Rico, ya que son una fuente constante de empleo y generan una gran variedad de agro negocios antes y después de los procesos de producción que se llevan en la finca. Por ejemplo, la empresa cafetalera, en la cual se enfoca esta investigación, cuenta aproximadamente con 11,000 agricultores, 150 procesadores de café y emplea alrededor de 10,000 trabajadores, (Anuario Estadísticas Agrícolas 2003).

El café es una de las principales agrícolas de Puerto Rico. Este posee varios problemas a los cuales se le han buscado alternativas para solucionarlos. Actualmente, uno de los problemas, que requiere de urgente intervención está relacionado al proceso tradicional del beneficiado del café. Este consiste en una serie de pasos o etapas a las que se somete el café para eliminar todas sus capas o cubiertas de la forma más eficiente, sin afectar su calidad y rendimiento. El aspecto negativo es que para realizar estos procedimientos se requiere de grandes cantidades de agua, la cual no es reciclada, desperdiciándose así este recurso que tan importante y escaso es.

Debido a estas razones, el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de EE.UU (en adelante, NRCS), el Departamento de Agricultura de Puerto Rico y la Universidad de Puerto Rico formaron el grupo de

Adaptación de Tecnología de Beneficiado Ecológico (en adelante, ATBECOL). Este grupo promueve la adaptación y aplicación de tecnología de origen colombiana en el proceso de beneficiado ecológico de café en Puerto Rico, motivando a los beneficiados a cambiar sus sistemas tradicionales de procesamiento a través de incentivos económicos durante los años 2004 al 2008.

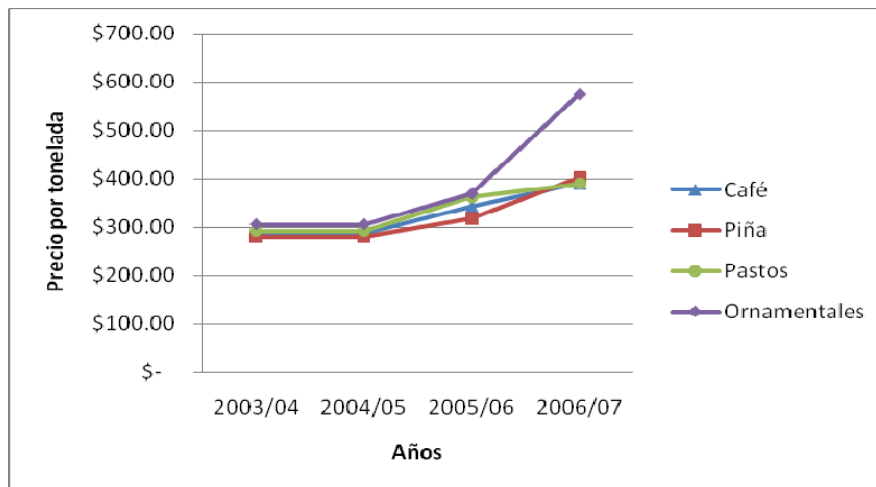
Otro problema y en el cual se va a enfocar esta investigación es el manejo de los residuos; el proceso de beneficiado de café genera grandes cantidades de desperdicios, constituidos principalmente del mucílago, la pulpa de café y residuos líquidos. Los volúmenes de sólidos (pulpa y cascara) son considerables, ya que representan del 40 al 50 por ciento del peso del fruto del café (Monroig, 1998). En el pasado, estos residuos no recibían ningún tipo de uso o manejo y eran descartados en quebradas o ríos cercanos, contaminando la flora y fauna.

En países de América Latina como Guatemala, la industria cafetalera en conjunto con investigadores, realizaron estudios para darle algún tipo de manejo a este desperdicio, y concluyeron que una buena alternativa es su utilización para generar gas natural (Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industria, 1982). En Colombia, El Centro Nacional de Investigación de Café (Cenicafé), recomienda a los caficultores la elaboración de vermicomposta a través de la pulpa de café. De esta manera los caficultores podrían reincorporar abono orgánico en sus fincas o desarrollar un producto para comercializarlo.

En la actualidad en Puerto Rico, La Junta de Calidad Ambiental, con el objetivo de disminuir la contaminación por la empresa de café, exige a los beneficiados utilizar sistemas de manejo para la disposición de estos desperdicios. Esto afecta a los elaboradores reduciéndole el margen de ganancia de la empresa, debido a que estos sistemas de manejo aumentan los costos sin aumentar el ingreso del agricultor. El manejo consiste en almacenar los desperdicios sólidos en estructuras techadas con pisos de concreto por un periodo de tiempo para luego poder ser descartados. Por el otro lado,

los desperdicios líquidos son eliminados por medio de evaporación, disminuyendo su impacto negativo sobre el medio ambiente. Parte de estos desperdicios sólidos luego de haber sido almacenados son reincorporados a las fincas sin recibir ningún tipo de tratamiento sea químico o no, lo que incrementa la probabilidad de proliferación de plagas y enfermedades en los cultivos de café.

La gráfica 1 muestra las fluctuaciones de los precios de los fertilizantes para ciertas empresas agrícolas y su tendencia a seguir incrementando. Precios de fertilizantes más altos resulta en mayores costos de producción para los agricultores. Esta tendencia de incremento puede dar lugar a un aumento en la demanda por otro tipo de fertilizantes si la relación costo beneficio del nuevo fertilizantes es positiva para el agricultor. Una opción que ha surgido es que la composta puede sustituir o complementar el uso de fertilizante tradicional a nivel de las fincas.



Gráfica 1. Precio de fertilizantes por empresa en toneladas

Fuente: Estadísticas Agrícolas

Una posible alternativa para el manejo de los desperdicios sólidos, es construir sistemas de vermicompostaje a lo largo de isla. Por esta razón, la Estación Experimental Agrícola ubicada en Adjuntas ya está realizando estudios sobre el uso de la pulpa de café para la elaboración de composta. Igualmente, el Zoológico de Mayagüez, gracias a una

propuesta presentada por uno de sus funcionarios, esta entidad adquirió los fondos necesarios para la compra de un reactor de flujo continuo con el propósito de darle algún tipo de manejo a aproximadamente 600 lbs. de excretas que se generan diariamente. Una finca en Mayagüez, enfocada en la cría y reproducción de conejos, también se encuentra realizando vermicomposta como parte de su plan de manejo de desperdicios.

Este estudio pretende realizar un análisis económico sobre la implantación de sistemas de vermicompostaje utilizando los desperdicios sólidos obtenidos del proceso de beneficiado de café, con el objetivo de generar una fuente de ingreso adicional para el agricultor y una solución ambiental para el problema de manejo de desperdicios de la empresa cafetalera.

1.1 Objetivo general

Analizar la viabilidad económica de un posible sistema de vermicomposta como un subproducto de la nueva tecnología de elaboración ecológico de café.

1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos de esta investigación son:

- Analizar la viabilidad económica de un sistema vermicomposta utilizando diferentes tipos de tecnología para el proceso de vermicompostaje de la pulpa de café a diferentes escalas de producción.
- Evaluar la viabilidad económica de la comercialización de un producto de vermicomposta de pulpa de café.
- Determinar si es conveniente en términos económicos para el agricultor sustituir o complementar el fertilizante por vermicomposta de pulpa de café.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Composta y vermicomposta

Aunque las palabras compostar y vermicompostar son muy parecidos no es lo mismo. Compostar se refiere a la bioxidación acelerada de materia orgánica a través de un proceso termofílico, en donde microorganismos (bacterias y hongos) liberan calor, dióxido de carbono y agua. La materia orgánica es transformada en humus homogéneo y estabilizado por medio de aeración o rotación. Vermicompostar también es un proceso de estabilización y bioxidación de materia orgánica, pero a diferencia del proceso de compostar, esta técnica envuelve el uso de lombrices y microorganismos. Vermicompostar no es un proceso termofílico, las lombrices son las encargadas de voltear, fragmentar y airear la materia orgánica (Domínguez et al. 1997).

Composta es un tipo de suelo rico en nutrientes, creado por la descomposición biológica de materia orgánica de tejidos vegetativos y estiércol de ganado. Las compostas si se usan como fertilizantes mejoran la fertilidad de suelo, evitan desperdicios de agua, reduce enfermedades de las plantas y aumenta el cultivo de la tierra. Compostar mejora el manejo de los desperdicios y reduce su impacto ambiental (Moon, 1997).

A pesar de que el arte de compostar y vermicompostar existe desde hace muchos años, varios sistemas de producción están rehusando esta práctica debido a que los gobiernos están exigiendo por medio de leyes mejores prácticas de manejo de desperdicios, para promover mayor compromiso y respeto hacia el medio ambiente. Estas nuevas prácticas de manejo conllevan costos más altos a los usuales, lo que ha llevado a los productores a repensar y buscar alternativas para generar algún tipo de ingreso con estos desperdicios.

La vermicultura radica en la producción haciendo uso de lombrices de tierras. El objetivo es incrementar continuamente el número de lombrices para obtener una cosecha sustentable. Las lombrices pueden ser usadas para expandir las operaciones de vermicomposteo o ser vendidas a consumidores para el mismo uso, como carnada para pesca y en algunos casos como alimento (Munroe, 2007).

El vermicomposteo es una técnica que permite la estabilización de los desperdicios orgánicos convirtiéndolos en excretas (vermicomposta) y también la obtención de proteínas de las lombrices para la alimentación (Wong y Griffiths). El uso de la vermicomposta se ha popularizado por esta tener la capacidad de transformar residuos vegetales en materia orgánica proveyendo un producto estable y de buena calidad (Marsh, 2004).

Investigaciones preliminares han mostrado que al vermicompostar se reduce la población de microorganismos patógenos debido a que las lombrices se alimentan de ellos. Esta propiedad también se adquiere en el proceso de composta tradicional por medio de la etapa termofílica. El proceso de humificación que se alcanza en la etapa de maduración en la composta tradicional es mayor y más rápido con la técnica de vermicompostaje. El vermicompostaje también reduce la presencia y disponibilidad de metales pesados en el producto final en comparación a la composta obtenida del proceso tradicional (Dominguez et al. 1997).

La técnica de vermicomposteo ofrece una composta de mejor calidad que la composta tradicional debido a que es mejor inoculante en la producción de te de composta, las lombrices pueden tener otros usos alternativos constituyendo una fuente de ingreso adicional para el agricultor. Por el otro lado, sus desventajas son las siguientes: muy vulnerable a cambios ambientales, altos costos de inversión, mucho espacio para su funcionamiento, falta de existencia de un mercado de composta y productos que compitan (Munroe, 2007).

2.2 Sistemas de vermicomposteo

Muchos son los sistemas que pueden ser utilizados para procesar desperdicios orgánicos a través de lombrices. Las tecnologías utilizadas han evolucionado desde hileras destinadas a la producción de lombrices para carnada de pesca en la década de los 1970s y 1980s hasta sistemas avanzados de reactores de flujo continuo capaces de procesar hasta 1,000 toneladas de desperdicio al año (Edwards and Steele, 1997).

Los sistemas de camas contienen cuatro paredes de cualquier material y un piso regularmente de concreto. Una de las ventajas de este sistema es que la alimentación no tiene que ser diaria y si la temperatura aumenta mucho las lombrices migran a mayores profundidades donde la temperatura permanece a 75 grados Fahrenheit. Por el otro lado, una de la desventajas es que la separación de las lombrices y el material procesado tiene que ser realizado manualmente (Huntoon-Sherman, 2000).

Otro sistema que se podría utilizar es el de recipientes. Los recipientes pueden ser de cualquier material que no sea muy pesado y permita que se pueda levantar fácilmente. Una de las desventajas de este sistema es que requiere de grandes áreas techadas concurrendo en inversión inicial alta (Munroe, 2007).

Los sistemas de vermicompostaje de hileras son pilas estáticas de mezcla de materiales orgánicos y lombrices. No requieren de piso de concreto, por ende, mucho cuidado se debe tener al escoger el material de alimento para las lombrices y el control de factores como la humedad, temperatura, pH, entre otras para evitar posibles migraciones de las lombrices (Munroe, 2007).

Según el Diccionario de la Real Academia Española, reactor es una instalación preparada para que en su interior se produzcan reacciones químicas o biológicas. Los sistemas de reactores consisten de sistema de cama levantados con mayas metálicas en el

fondo donde el alimento es agregado diariamente en capas. Estos sistemas pueden ser manualmente o mecánicamente manejados y puede llegar a incluir control de temperatura y humedad (Huntoon-Sherman, 2000).

2.3 Estudio de viabilidad económica

Un estudio de viabilidad para empresas agrícolas consiste en la recopilación, análisis y evaluación de información con el propósito de determinar si se debe establecer el negocio o no. Es una herramienta analítica utilizada para conocer como un negocio funcionaría bajo ciertos supuestos, es decir, la tecnología utilizada, instalaciones, el proceso de producción, entre otras. Los estudios de viabilidad generalmente contienen una parte técnica estándar y una financiera. La apariencia puede variar dependiendo de la industria que se está evaluando, el método escogido para el estudio y limitaciones económicas (Rural Business- Cooperative Service, 2002).

2.3.1 Conceptos económicos y financieros básicos envueltos en el estudio de viabilidad

2.3.1.1 Valor del dinero en el tiempo

Según Ross, Westerfield y Jordan el término valor de dinero en el tiempo se refiere al hecho de que un dólar el día de hoy vale más que tener un dólar en algún momento del futuro. Una forma de explicar esto es que un dólar en el presente puede ganar intereses durante un periodo de tiempo determinando, mientras que el dólar en el futuro se ha depreciado por inflación o puede tener un costo de oportunidad muy alto.

Los conceptos de valor presente y valor futuro están basados en el valor de dinero en el tiempo. El primero, es el valor actual de una determinada cantidad que se recibirá en un futuro luego de haber sido descontada. Por el otro lado, el segundo es el valor en el

futuro de una cantidad invertida en el presente a cierta tasa de interés (Ross, Westerfield y Jordan, 2006).

2.3.1.2 Interés compuesto

Es el interés agregado sobre el principal y sobre el interés también. Mientras más alta la tasa de interés mayor el valor futuro (Battles y Thompson). Su fórmula es la siguiente

$$Interés_{compuesto} = VP * (1 + i)^t$$

donde:

VP = Valor presente

i = interés

t = periodo de tiempo

2.3.1.3 Anualidad

Una anualidad es una sucesión de pagos, depósitos o retiros, generalmente iguales, que se realizan en períodos regulares de tiempo, con interés compuesto. El nombre de anualidad no implica que las rentas tengan que ser anuales, sino que se da a cualquier secuencia de pagos, iguales o diferentes, a intervalos regulares de tiempo, independientemente que tales pagos sean anuales, semestrales, trimestrales o mensuales. Existen dos tipos de anualidades: ordinarias y vencidas. Una anualidad ordinaria el flujo de efectivo ocurre al final de cada periodo, mientras que una anualidad vencida el flujo en efectivo ocurre al inicio de cada año (Battles y Thompson).

2.3.1.4 Tasa de descuento

Es la tasa (i) utilizada para calcular los valores presentes de los flujos en efectivo esperados en el negocio tomando en cuenta el riesgo, la inflación y el costo de oportunidad. Con un periodo de tiempo constante, mientras más alta la tasa de descuento menor va a ser el valor presente (Ross, Westerfield and Jordan, 2006).

$$VP = \frac{VF}{(1 + i)^t}$$

donde:

VF = valor futuro o la cantidad esperada

i = tasa de descuento

t = periodo de tiempo que se va a descontar la cantidad esperada

2.4 Análisis económicos previos

En Puerto Rico no se ha encontrado o realizado ningún estudio económico previo relacionado la implantación y financiamiento de un sistema de vermicompostaje. Sin embargo, en esta sección se utilizaron estudios realizados en otras partes del mundo como base.

Un estudio previo realizado por investigadores de la Universidad de Wisconsin calcularon los costos de varios sistemas de composta que usan maquinaria especializada versus equipos comunes no especializados. El análisis sugirió que era viable compostar, si el agricultor utilizaba equipo ya existente en su finca y si rentaba la maquinaria. Los puntos de mayor interés y relevancia consisten en como implementar un sistema de composta eficiente sin generar grandes cambios en la infraestructura inicial de la finca (Connolly, 1996).

En un reporte final entregado a EPM Inc. sobre la evaluación del proyecto de reducción de desperdicios utilizando sistemas de vermicompostaje, en una cafetería en Oregón, se encontró que haciendo uso de dos reactores modelo 5-6 se podía alcanzar reducciones de desperdicios hasta de 27 toneladas al año (aproximadamente 150 lbs. de desperdicio al día). Esta evaluación no mostró ganancia ni pérdida alguna, pero si solucionó el problema de manejo de los desperdicios para la cafetería evaluada (EPM, Inc. 1999).

El estudio “Feasibility of a vermicomposting operation for food waste at the Clearfield County Prison”, consistió en la evaluación económica de tres tipos de maquinas utilizando los desperdicios generados por la cafetería de la prisión. Las maquinarias a evaluarse fueron la Worm Wigman, el modelo industrial 5x8 y el Oregon Soil Reactor. Bajo las circunstancias de este caso, los resultados de la evaluación económica demostraron que la mejor opción era la compra de dos unidades Worm Wigman, con unos probables costos de implementación de \$14,100 (Flemming, 2002).

Una empresa británica realizó una evaluación financiera sobre un sistema de vermicompostaje a gran escala en el Reino Unido. En este caso, se construyó un sistema de compostaje de camas, el que se enfocó principalmente en maximizar la tasa de procesamiento de desperdicios y no en maximizar la rentabilidad del negocio. El estudio objetivo principal de este estudio era estimar el precio por tonelada de desperdicio procesado. Los resultados indicaron que el costo por procesar una tonelada de desperdicios a través de este sistema estuvo en un rango de 23 a 45 libras esterlinas (Urban Mites Ltd, 2000).

En la Florida, se analizó la viabilidad de la creación de un sistema de vermicomposta con la finalidad de manejar los desperdicios de alimento y papel para el Condado Sumter. El proyecto utilizó tecnología avanzada conocida en el mercado como “worm win”, la cual consiste de un sistema de camas inclinada con una correa que se mueve por gravedad permitiendo un flujo continuo de carga y descarga de materia

orgánica y material procesado, respectivamente. Mediante la implementación de este tipo de tecnología para un sistema de vermicompostaje este estudio encontró que no era viable. Además, el proyecto tuvo problemas de alta mortalidad de lombrices y no los pudo controlar (El Departamento de Protección del Medio Ambiente de Florida, 1999).

Un estudio previo realizado en Argentina, evaluó la viabilidad de la producción de fertilizante orgánico para su exportación desde Argentina. La forma de producir este fertilizante orgánico era a través de la técnica de vermicomposteo. Por medio de una simulación Monte Carlo se interpretó la variable riesgo. El estudio evaluó tres tipos de escenarios. Bajo un escenario neutral se encontró que la probabilidad de tener un VAN mayor que cero era muy baja, alrededor de 3 por ciento. Para el escenario pesimista aproximadamente un 86 por ciento tuvieron VAN menor que cero. Por último, bajo el escenario optimista solo el 0.2 por ciento tuvieron valores de VAN menores que cero (Nantes et al. 2003).

La técnica de vermicomposteo se practica ampliamente en el Reino Unido, pero existe muy poca información disponible sobre las características de la industria de vermicomposta. Investigaciones recientes sobre sistemas de vermicompostaje a gran escala realizados por The Open University y el Centro de Investigación de lombrices afirmaron que existen cientos de establecimientos operando a gran escala. Existen al menos seis compañías comprometidas en la venta y establecimiento de sistemas de vermicompostaje a gran escala y de sistemas abiertos. El tamaño típico de las unidades modulares vendidas es de 1000 metros cuadrados y cuesta aproximadamente 15,000 libras comprarla e instalarla (Edwards et al, 1997).

2.5 Rendimientos en la producción de vermicomposta

Los rendimientos en la producción de vermicomposta a partir de pulpa de café son aproximadamente del 35 al 40 por ciento. Con una cantidad de 25 toneladas de pulpa al año se puede obtener una producción de 9 toneladas de vermicomposta húmeda (80%) al año (Cenicafé, 1999).

2.6 Disponibilidad de los nutrientes de la vermicomposta

Aunque no se encontró información acerca de la disponibilidad de los nutrientes de la vermicomposta generada con pulpa de café, si existe de literatura de composta de otro tipo de materiales.

En una investigación realizada (Rosen et al. 2005), se determinó que generalmente un 70 a 80 % del fósforo y 80 a 90 % de potasio esta disponible el primer año después de haberse aplicado con estiércol. El estudio explica que el calcular la cantidad de nitrógeno disponible es más complejo que determinar la disponibilidad de P y K. La mayoría del nitrógeno en el estiércol y la totalidad del nitrógeno en la composta esta presente en forma orgánica, la cual no esta disponible para la planta en forma inmediata. Usualmente, entre un 25 a 50% del nitrógeno esta disponible el primer año cuando se aplica con estiércol, mientras que si la aplicación se realiza con composta este porcentaje será más pequeño.

El nitrógeno orgánico antes de estar disponible para la planta tiene que convertirse en NH_4^+ a través de un proceso de mineralización. El proceso de mineralización no solo depende de las características del suelo y ambientales, sino también proporción carbono-nitrógeno. Razones altas de carbono nitrógeno dificultan el proceso de disponibilidad del nitrógeno. Estudios previos recomienda como una buena aproximación asumir un 25% del nitrógeno esta disponible el primer año después de haber sido aplicado estiércol o

composta. De igual forma se recomienda asumir un 60% de P y 80% K de liberación de P el primer año luego de haber aplicado (Baxter et Al, 2006).

En una investigación realizada (Biala, 2000), se encontró que al aplicar composta entre un 10-15 % del nitrógeno esta disponible el primero año, llegando a un máximo de disponibilidad el cuarto año del 40%. Un 30-40% del fósforo estará disponible el primer año, alcanzando el 100% de disponibilidad el cuarto año. Del total de fósforo aplicado entre un 65-80% estará disponible el primer año y de igual manera alcanzara el 100% de disponibilidad el cuarto año.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Supuestos y metodología generales para objetivos 1 y 2.

3.1.1 Mano de obra

Para calcular el inciso del costo de mano de obra, se utilizó el valor de 5.25 dólares por hora de trabajo, este es el salario mínimo federal agrícola de Puerto Rico. Se presumió que solo se trabajara 300 días al año, principalmente porque la pulpa de café solo está disponible para los meses de agosto a diciembre que es cuando se lleva a cabo el proceso de beneficiado.

3.1.2 Localización

El proyecto se establecerá en Adjuntas debido a que gran parte de la pulpa que se utiliza para vermicompostar proviene del área montañosa.

3.1.3 Área definida

El área superficial definida varía con la cantidad de pulpa que se desee compostar. Se adjudicó un valor de \$200 al año por cuerda por concepto de costo del terreno (Autoridad de Tierras de Puerto Rico, 2008).

3.1.4 Tipo de lombriz

Varios tipos de lombrices pueden ser utilizados para la producción de vermicomposta. Pero debido a que esta investigación es paralela y muy relacionada al

estudio realizado por Marreno, la lombriz seleccionada fue la especie *Eisenia foetida*. Se estimó que el costo aproximado por libra de lombriz puesta en Puerto Rico es de \$18.

3.1.5 Permisos necesarios

Para el funcionamiento de un sistema de vermicompostaje es necesario obtener permisos de la Administración de Reglamento y Permisos (ARPE), Departamento de Salud, Cuerpo de Bomberos y del Departamento de Recursos Naturales (DRNA). Un anteproyecto tiene que ser sometido a ARPE para determinar si el proyecto es viable, en caso del proyecto se viable se puede proceder con la solicitud de los permisos de construcción y de uso. Toda esta información se recolectó vía telefónica con cada una de las oficinas. El cuadro 1 muestra un aproximado de los costos en permisos necesarios.

Cuadro 1. Permisos necesarios para el establecimiento de una planta de vermicompostaje

Tipo de permiso	Frecuencia	Costo inicial
ARPE	Una sola vez	\$ 2,000.00*
DRNA	Anual	\$ 50.00
Cuerpo de Bomberos	Anual	\$ 100.00
Departamento de Salud	Anual	\$ 100.00

*Se utilizó este valor por concepto del estudio, pero puede variar dependiendo del tamaño de las estructuras y del proyecto

3.1.6 Tasa de descuento

La tasa de descuento (i) seleccionada fue del 6 por ciento. Esta es la tasa a la cual adquieren los préstamos los agricultores del Banco de Desarrollo de Puerto Rico.

3.1.7 Tasa de conversión de pulpa a composta

Se asumió una razón de conversión de pulpa a composta del 35 por ciento al 80% de humedad, según el dato proporcionado por Cenicafe.

3.1.8 Vida del proyecto

Debido a que es un proyecto con un trasfondo social, es decir, que aparte de buscar una ganancia económica también busca un beneficio para la sociedad, se escogió un largo de vida del proyecto de 15 años.

3.1.9 Humedad de la vermicomposta de venta

Se presumió un porcentaje del 40% de humedad de la vermicomposta al momento de la venta. Se seleccionó este valor porque los microorganismos que se encuentran en la composta requieren de esta humedad.

3.1.10 Aspectos financieros

El estudio de viabilidad financiera mide la rentabilidad que retorna de la inversión. Los criterios utilizados para determinar si vale la pena o no la inversión fueron: El valor actual neto (en adelante, VAN), la tasa interna de retorno (en adelante, TIR), el análisis beneficio-costos y el periodo de recuperación de la inversión.

3.1.10.1 Criterio de valor actual neto (VAN)

El valor actual neto (VAN) es una técnica utilizada por profesionales o en la industria para conocer si viable realizar una inversión. Se define como el valor presente

de todas las entradas en efectivo menos el valor presentes de todas las salidas en efectivo como resultado de la inversión.

$$VAN = \sum PV_{ent.efec} - \sum PV_{sali.efec}$$

Valores positivos del VAN como por ejemplo \$1,000 indican que la inversión tiene un retorno que excede la tasa de descuento por mil dólares. Valores negativos del VAN indican que no se debe realizar la inversión.

La ecuación del VAN presentada anteriormente es una fórmula general, la fórmula de a continuación nos permite calcular el VAN tomando en cuenta el valor contable de los activos al final de vida del proyecto.

$$P_0 = \sum_{t=0}^N \left(\frac{Y_t}{(1+i)^t} + \frac{S}{(1+i)^N} \right)$$

donde:

P_0 = El valor actual neto

Y_t = Flujo de caja neto al final de cada periodo t

i = Tasa de descuento

N = La vida útil del activo

S = El valor del activo al final de su vida útil

3.1.10.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) esta relacionado con el concepto del VAN, en otras palabras, es la tasa de descuento en la cual el VAN alcanza un valor de cero. La TIR considera todas las entradas de dinero en efectivo y todas las salidas de dinero en efectivo durante la vida del proyecto. La desventaja de su uso es que para su calculación

es necesario un proceso de prueba y error, el cual puede ser un poco tedioso, pero con la aparición de nuevos software de computación se ha ahorrado mucho tiempo en su calculación.

3.1.10.3 Razón beneficio-costo

Utiliza los mismos elementos que la técnica del VAN, es decir, el valor presente de los flujos positivos en efectivo (beneficios) y el valor presente de los flujos negativos en efectivo (Costos). Su fórmula se presenta a continuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum VP_{beneficios}}{\sum VP_{costos}}$$

Razones Beneficio-Costo mayores que uno es igual a tener valores del VAN positivos indicando que el proyecto es viable. Por el otro lado, razones menores que uno indican que el proyecto no es económicamente viable.

3.1.10.4 Periodo de recuperación de la inversión “Payback Period”.

Se define como el periodo de tiempo en el que se consigue recuperar la inversión inicial a partir de los flujos de dinero esperados como resultado de la inversión realizada. La fórmula utilizada para calcular el periodo de recuperación de la inversión es la siguiente:

$$\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t} = Y_0$$

donde:

Y_0 = Es la inversión inicial realizada

$Y_t/(1+i)^t$ = Son los flujos de efectivos descontados en los tiempos $t= 1, 2, 3, \dots, n$.

3.1.10.5 Análisis de sensibilidad

Un análisis de sensibilidad se realizó para determinar las variables a las cuales más atención se debe prestar. La idea de este análisis es cambiar una o dos variable a la vez manteniendo el resto constante y ver el efecto sobre el VAN.

Para este estudio las variables a la cuales se le aplicaron un análisis de sensibilidad fueron el precio de venta de la composta, la tasa de descuento y la razón de conversión de pulpa a vermicomposta. Se escogieron estas variables porque son las más propensas a cambiar durante la vida útil de los sistemas estudiados.

3.2 Objetivo 1

- Analizar la viabilidad económica de un sistema vermicomposta utilizando diferentes tipos de tecnología para el proceso de vermicompostaje de la pulpa de café a diferentes escalas de producción.

Este estudio evaluó la viabilidad económica de diferentes sistemas de compostaje para diferentes escalas de elaboración de café en los beneficiados. Las escalas fueron determinadas en libras de café oro y establecidas por el Departamento de Agricultura de Puerto Rico para las cosechas de 1995-1996:

Cuadro 2. Escalas de procesamiento de café oro

ESCALA A	10,000 lbs
ESCALA B	40,000 lbs
ESCALA C	100,000 lbs
ESCALA D	200,000 lbs
ESCALA E	400,000 lbs

Los costos de la tierra, mano de obra y capital de inversión fueron estimados para cada sistema de compostaje, estos se calcularon de acuerdo al tamaño de la tierra dedicada, la estructura utilizada, el establecimiento y monitoreo de la colonia de lombrices.

Esta investigación se realizó para cinco estratas de producción haciendo uso de diferentes sistemas de vermicompostaje y se adjudicó un precio de venta de la vermicomposta de 500 dólares por tonelada. Se seleccionó este precio debido a que hay una finca en el área oeste que vende la vermicomposta a este precio. No se utilizó un solo sistema porque se pretende comparar diferentes alternativas y ver cual es la mejor alternativa para cada escenario.

A continuación encontrará una explicación detallada de cada uno de los sistemas de compostaje a utilizarse en el estudio.

3.2.1 Reactores de flujo continuo

Este es un sistema mecánico que requiere de mínima intervención de mano de obra para la producción de composta. La unidad para compostar se pretende comprar a sus diseñadores en los Estados Unidos y traerla a Puerto Rico para su utilización. Cada máquina consiste de un cajón diseñado con madera y metal de varios tamaños, el que varía dependiendo de la cantidad de materia orgánica que se desee compostar.



Gráfica 2. Recipientes plásticos para vermicomposta

Fuente: <http://www.wormwigwam.com/>

Es un sistema de compostaje de flujo continuo porque se puede cosechar la composta diariamente sin necesidad de parar la producción a través del uso de sus palas mecánicas. Estas unidades funcionan con electricidad y agua, por lo que será necesario la construcción de alguna estructura techada que provea luz y agua. También, la estructura servirá para brindar protección a las máquinas y sombra para las lombrices, ya que, estas son sensibles a radiación solar. El cuadro a continuación describe las máquinas a evaluarse y sus precios de venta:

Cuadro 3. Descripción de los reactores

Tamaño	Capacidad de procesamiento	Precio
5'x8'	100 lbs/día	\$ 4,465.00
5'x16'	200 lbs/día	\$ 7,329.00
5'x24'	300 lbs/día	\$ 10,195.00
5'x32'	400 lbs/día	\$ 13,062.00
5'x40'	500 lbs/día	\$ 15,929.00
5'x48'	600 lbs/día	\$ 18,796.00

3.2.3 Recipiente de plástico

A diferencia del sistema anterior, este es un sistema muy sencillo porque solo se requiere de recipientes de plásticos. Se puede utilizar solo un recipiente de plásticos o se puede ingeniar sistemas donde la unidad para vermicompostar consiste prácticamente de dos contenedores plásticos de 18 galloones de forma que uno este sobre el otro. El contenedor que va encima, al cual se le agrega la pulpa a descompostarse, llevará huecos o agujeros de media pulgada en el fondo, necesarios para alcanzar niveles óptimos de humedad y aireación. El recipiente de abajo se utilizará para recoger restos de pulpa y lombrices que se escapan por los agujeros. También, se requiere de un tercer contenedor vacío con el mismo tipo de huecos. La idea es que las lombrices se muevan del contenedor ya listo para cosechar al nuevo, a medida que se le agrega al nuevo contenedor pulpa fresca.

La alimentación en este sistema se la realiza por etapas, en otras palabras, se va agregando la pulpa diariamente o cada vez que sea necesario. Una forma de saber cuando alimentarlas es mediante la presencia de las lombrices en la parte superior, esto ocurre porque el material que se va a compostar se agrega encima de las lombrices y estas van subiendo en busca de nueva pulpa para alimentarse dejando bajo ellas materia compostada.



Gráfica 3. Recipientes plásticos para vermicompostar

Los precios de este tipo de recipiente oscilan entre los \$4.00 a \$6.00 y pueden ser conseguidos en cualquier tienda por departamento. Para el estudio se tomó un precio de \$4.5 por recipiente.

3.2.4 Sistema de camas

Este sistema de vermicompostaje radica en camas construidas de bloque, con piso de concreto y con cierto grado de inclinación para permitir drenar agua en caso de que la pulpa esté muy húmeda. La ventaja de este sistema es que permite procesar grandes cantidades de pulpa con mayor facilidad y que su inversión es a largo plazo.

Las dimensiones de la cama son 1.5 metros de ancho, 1 metro de profundidad y el largo varía según la cantidad de pulpa que se desea procesar. Aunque la profundidad de 1 metro, la literatura recomienda compostar a una altura máxima de 40 centímetros para evitar problemas de aumento de temperatura. El costo por pie lineal de la construcción de la cama es de aproximadamente 18 dólares. La densidad de lombrices a utilizar es de 5 kg por metro cuadrado (Cenicafé, 1999).



Gráfica 4. Canales para vermicompostar

3.3 Objetivo 2

- Evaluar la viabilidad económica de la comercialización de un producto de vermicomposta de pulpa de café.

Para el desarrollo de este objetivo se tomó el sistema de canales para vermicompostar, porque este fue el que mejor viabilidad exhibió en términos económicos en los cálculos realizados en el objetivo #1 del estudio. También, se realizó el análisis a nivel de las cuatro escalas. A este sistema de canales se le agregó la construcción de una estructura de 20'x20' con piso de concreto con un costo de \$8,833.00. El propósito de la estructura es que sirva de lugar de envasamiento y almacenamiento de la vermicomposta.

3.3.1 Producto

El producto que se estimó vender es vermicomposta con una humedad aproximada del 40 por ciento. La presentación que se escogió fue recipientes de plásticos de 5 galones con un peso aproximado de 20 libras. El costo de cada recipiente plástico es de \$6.00.

3.3.2 Precio

Para la selección del precio de la vermicomposta se tomó bajo consideración precios a los cuales se vende este producto en otras empresas. En el área oeste de Puerto Rico una finca vende vermicomposta a un precio de \$500 por tonelada y \$1 por libra para presentaciones pequeñas. Otra empresa identificada a través del internet vende su vermicomposta en dos presentaciones: 20 libras por \$24.00 y 1000 libras por \$600. En la próxima tabla se describe las presentaciones y los precios de la vermicomposta de una empresa que ofrece sus productos por internet.

Cuadro 4. Precios de venta de la vermicomposta de la empresa

Vermicomposta	Precio	Precio por libra
5 lb. Black Castings	\$6.58	\$1.32
10 lb. Black Castings	\$11.95	\$1.20
20 lb. Black Castings	\$19.65	\$0.98
30 lb. Black Castings	\$23.95	\$0.80
40 lb. Black Castings	\$27.45	\$0.69

Un precio de 0.7 dólares por libra de vermicomposta se estableció para el proyecto para su venta en Puerto Rico. Este precio se estableció basado en la información recolectada en el internet.

3.3.3 Distribución y canal de mercadeo

Este estudio no tomó bajo consideración los costos en que se podrían incurrir por concepto de distribución y del canal de mercadeo al momento de seleccionar el precio de venta al público de la vermicomposta. No se pudo establecer un costo aproximado para ambas categorías porque se desconoce la ubicación exacta de la planta de vermicompostaje. Por ende, se presume que la venta del producto se la realiza directamente desde la finca.

3.4 Objetivo 3

- Determinar si es más conveniente en términos económicos para el agricultor sustituir o complementar el fertilizante por vermicomposta de pulpa de café.

Para poder desarrollar este punto fue fundamental conocer el requerimiento del cultivo, es decir, la formulación de fertilizante que se aplica al cultivo. La composición del fertilizantes aplicado a los cultivos de café en Puerto Rico es de 12 por ciento de Nitrógeno, 5 por ciento de fósforo, 15 por ciento de potasio. Igualmente, se presumió

que la distancia de siembra del café es de seis pies por seis pies y que se aplica 0.5 lb de fertilizante por árbol en cada aplicación, realizando 4 aplicaciones al año (Conjunto Tecnológico de Café).

A setiembre del 2008, los precios por quintal eran de \$50.41 para el fertilizante 12-5-15, \$76.55 por el KCl y \$67.45 por la urea. De igual manera, se obtuvo un precio \$74.09 por el superfosfato triple en presentación de 110 libras. Estos precios mencionados fueron proporcionados por la empresa Panamerican Fertilizer. A la vermicomposta se le adjudicó un costo de \$500 por tonelada, este valor se definió debido que fue el precio del objetivo número 1.

Para la parte de fertilización solamente con vermicomposta, se utilizaron los resultados del análisis de nutrientes de la vermicomposta producida en Adjuntas con pulpa de café y con una densidad de 5 kg de lombrices por metro cuadrado. Los resultados de laboratorio indicaron un 4.07% de nitrógeno, 0.72% de fósforo, un 3.26% de potasio y 81.17 de por ciento de humedad (Anejo1). También, se presumió que un 15% del nitrógeno estará disponible el primer año, un 8.3% el segundo, tercero y cuarto año. Se tomó un valor del 40% de disponibilidad el primer año, 20% el segundo, tercero y cuarto para el caso del fósforo. El potasio se estableció que un 75% estará disponible el primero año y 8.3% el segundo, tercero y cuarto año.

A base de estos supuestos, se calcularon los costos de fertilizar una cuerda para período de tiempo de un año usando solamente el fertilizante 12-5-15 y vermicomposta de pulpa de café.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Objetivo 1 - Resultados

4.1.1 Escala A: 10,000 libras de café oro

El cuadro de continuación resume los resultados obtenidos.

Cuadro 5. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala A

Indicadores	Canales	Recipientes plásticos	Reactores
Inversión inicial	\$2,798.00	\$7,149.60	\$15,611.51
Costos Fijos	\$2,372.58	\$2,757.71	\$3,367.98
Costos Variables	\$1,543.50	\$1,543.50	\$1,543.50
Costos totales	\$3,916.08	\$4,301.21	\$4,911.48
Ingreso	\$918.75	\$918.75	\$918.75
VAN	(\$34,137.36)	(\$43,182.75)	(\$58,933.69)
TIR	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de la inversión	NA	NA	NA

Como lo muestra el cuadro anterior, dentro de esta escala ninguno de los sistemas resultó viable bajo los supuestos preestablecidos.

4.1.2 Escala B: 40,000 libras de café oro

De la misma manera y como se describe en el siguiente cuadro para esta escala ninguno de los sistema resultó ser viable.

Cuadro 6. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala B

Indicadores	Canales	Recipientes plásticos	Reactores
Inversión inicial	\$9,243.00	\$17,187.20	\$29,885.51
Costos Fijos	\$2,973.38	\$3,387.41	\$4,877.85
Costos Variables	\$3,087.00	\$3,087.00	\$2,851.80
Costos totales	\$6,060.38	\$6,474.41	\$7,729.65
Ingreso	\$3,675.00	\$3,675.00	\$3,675.00
VAN	(\$36,316.69)	(\$52,889.85)	(\$65,643.65)
TIR	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de la inversión	NA	NA	NA

4.1.3 Escala C: 100,000 libras de café oro

El siguiente cuadro muestra que no hubo viabilidad para ninguno de los sistemas bajo los supuestos establecidos.

Cuadro 7. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala C

Indicadores	Canales	Recipientes plásticos	Reactores
Inversión inicial	\$21,702.00	\$31,516.00	\$59,359.00
Costos Fijos	\$4,005.25	\$6,579.33	\$7,656.76
Costos Variables	\$7,717.50	\$7,717.50	\$7,717.50
Costos totales	\$11,722.75	\$14,296.83	\$15,374.26
Ingreso	\$9,174.38	\$9,174.38	\$9,174.38
VAN	(\$52,193.95)	(\$96,228.98)	(\$136,439.37)
TIR	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de la inversión	NA	NA	NA

4.1.4 Escala D: 200,000 libras de café oro

Nuevamente, ninguno de los sistemas fue viable bajo esta escala (cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala D

Indicadores	Canales	Recipientes plásticos	Reactores
Inversión inicial	\$42,675.00	\$52,592.00	\$118,143.00
Costos Fijos	\$5,846.88	\$9,418.67	\$13,213.01
Costos Variables	\$15,435.00	\$15,435.00	\$15,435.00
Costos totales	\$21,281.88	\$24,853.67	\$28,648.01
Ingreso	\$18,335.63	\$18,335.63	\$18,335.63
VAN	(\$81,116.58)	(\$144,871.60)	(\$251,024.46)
TIR	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de la inversión	NA	NA	NA

4.1.5 Escala E: 400,000 libras de café oro

El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos para los tres sistemas y tampoco se encontró viabilidad bajo los supuestos preestablecidos.

Cuadro 9. Resultados de los sistemas de vermicompostaje para la escala E

Indicadores	Canales	Recipientes plásticos	Reactores
Inversión inicial	\$72,860.00	\$80,780.00	\$297,513.30
Costos Fijos	\$8,524.17	\$13,370.00	\$33,101.15
Costos Variables	\$26,239.50	\$26,239.50	\$26,239.50
Costos totales	\$34,763.67	\$39,609.50	\$59,340.65
Ingreso	\$31,500.00	\$31,500.00	\$31,500.00
VAN	(\$121,276.66)	(\$209,507.32)	(\$667,750.18)
TIR	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de la inversión	NA	NA	NA

4.1.6 Análisis de sensibilidad para el objetivo 1

El cuadro 10 indica los precios de venta mínimos por toneladas a los cuales los sistemas empiezan a ser viables.

Cuadro 10. Precio de venta por tonelada bajo una de descuento del 6%

Escala	Sistemas de Reactores	Recipientes plásticos	Sistemas de Canales
A	NA	NA	NA
B	\$1,420	\$1,241	\$1,009
C	\$1,266	\$1,040	\$793
D	\$1,205	\$906	\$728
E	\$1,592	\$843	\$699

El sistema de reactores requirió de precios de venta de la vermicomposta más altos para ser viables. A diferencia de esto, los sistemas de recipientes plásticos y canales mostraron valores menores de precios de venta a partir de los cuales se alcanzó viabilidad económica. También, se encontró que para escalas más grandes de procesamiento de pulpa menor tiene puede ser el precio de venta de la vermicomposta. El sistema de canales tuvo los menores precios de venta de la vermicomposta dentro de cada escala.

El cuadro 11 muestra diferentes precios de venta de la vermicomposta y la rentabilidad para cada uno de los sistemas en cada escala. Este cuadro confirma que el mejor sistema en términos económicos es el de canales debido a que exhibe mayor rentabilidad aún a precios de venta de la composta más bajos.

Cuadro 11. Resumen de viabilidad de los resultados estudiados a diferentes precios y su respectiva TIR

Escala	Sistemas de Reactores		Recipientes plásticos		Sistema de Canales	
	Precio Venta	TIR	Precio Venta	TIR	Precio Venta	TIR
A	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B	\$1,400	4.96%	\$1,200	3.33%	\$1,000	4.94%
C	\$1,200	2.77%	\$1,000	2.48%	\$800	6.90%
D	\$1,200	5.77%	\$900	5.39%	\$700	2.28%
E	\$1,500	2.92%	\$850	6.84%	\$700	6.23%

En el cuadro 12 se relacionan precios de venta de la vermicomposta y los niveles mínimos de conversión de pulpa a vermicomposta para alcanzar la viabilidad económica.

Cuadro 12. Resumen de viabilidad de los resultados estudiados a diferentes precios y con sus respectivas razones mínimas de conversión

Escala	Sistema Reactores		Recipientes plásticos		Sistema de Canales	
	Precio de venta por ton	Razón de conversión mínima	Precio de venta por ton	Razón de conversión mínima	Precio de venta por ton	Razón de conversión mínima
A	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B	\$1,600	32%	\$1,400	32%	\$1,200	30%
C	\$1,400	26%	\$1,100	34%	\$800	35%
D	\$1,400	30%	\$1,100	24%	\$800	30%
E	\$1,600	35%	\$1,100	23%	\$800	27%

El cuadro anterior recalca que se necesitan niveles eficientes de conversión de pulpa a vermicomposta. Se encontró que mientras más bajo el precio de venta de la vermicomposta la razón de conversión tiene que alcanzar niveles muy eficientes, superiores al 27%.

4.2 Objetivo 2 - Resultados

Para la creación del producto de vermicomposta utilizando el sistema de canales no se encontró viabilidad económica en ninguna de las escalas a un precio de venta de la vermicomposta de \$0.70 por libra y una tasa de descuento del 6% (cuadro 13).

Cuadro 13. Viabilidad de la comercialización de la vermicomposta

Indicadores económicos	Escala A	Escala B	Escala C	Escala D	Escala E
Inversión inicial	\$11,631	\$18,076	\$30,535	\$51,508	\$81,693
Costos Fijos	\$2,955	\$3,562	\$4,594	\$6,436	\$9,113
Costos Variables	\$2,426	\$9,702	\$22,712	\$43,880	\$73,458
Costos totales	\$5,380	\$13,264	\$27,306	\$50,315	\$82,571
Ingreso	\$2,573	\$10,290	\$25,725	\$51,450	\$88,200
VAN	(\$41,063)	(\$50,869)	(\$51,755)	(\$50,696)	(\$43,742)
TIR	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de la inversión	NA	NA	NA	NA	NA

4.2.1 Resultados de los análisis de sensibilidad para el objetivo #2

El cuadro 14 describe los precios mínimos por libra de cada escala a los cuales la vermicomposta tiene que ser vendida para el sistema ser viable. Los precios de las escalas D y E son precio que se podrían comercializar en el mercado sin ningún problema.

Cuadro 14. Precio de venta mínimo por libra bajo una de descuento del 6%

Sistema de Canales	
Escala	Precios de venta por libra
A	\$1.86
B	\$1.06
C	\$0.85
D	\$0.78
E	\$0.74

El cuadro 15 describe los precios de venta la vermicomposta y la razón de conversión mínima de pulpa a vermicomposta para obtener las rentabilidades especificadas (TIR).

Cuadro 15. Comparación entre el precio de venta por libra, la TIR y la razón de conversión

Escalas	Precio Venta por libra	TIR	Razón de conversión mínima
A	\$1.90	8.2%	34%
B	\$1.10	10.9%	29%
C	\$0.90	14.8%	28%
D	\$0.85	20.4%	25%
E	\$0.80	18.0%	25%

Partiendo de la información de la tabla anterior se puede concluir que las escalas C, D y E presentaron precios de venta de la vermicomposta y razones de conversión aceptables, por el otro lado, las escalas A y B presentaron precios de venta de la vermicomposta muy altos.

4.3 Objetivo 3 - Resultados

4.3.1 Fertilización con 12-5-15

Primero se estimó la cantidad de árboles por cuerda basado una distancia entre arboles de 6x6 pies:

$$\text{Árboles}_{\text{por.cuerda}} = \frac{42,306 \text{pies}^2}{36 \text{pies}^2} = 1,175.2$$

Este número se redondeo hacia arriba 1,176 arboles por cuerda. El próximo cálculo es la cantidad de fertilizantes aplicada por cuerda por año, para esto se tomó la recomendación del conjunto tecnológico que fue de 0.5 libras por árbol en cada aplicación y 4 aplicaciones al año.

$$\text{Cantidad}_{\text{fertilizante}} = \left(\frac{1,176 \text{arboles}}{\text{cuerda}} \right) \cdot \left(\frac{0.5 \text{lbs.de.fertilizante}}{\text{árbol}} \right) = \frac{588 \text{lbs.de.fertilizante}}{\text{cuerda}}$$

$$\text{Cantidad}_{\text{fertilizante}} = \left[\frac{588 \text{lbs.de.fertilizante}}{\text{cuerda}} \right] \cdot \frac{4 \text{aplicaciones}}{\text{año}} = \frac{2,352 \text{lbs.de.fertilizante}}{\text{cuerda}}$$

Este último valor se llevó a quintales y se multiplicó por \$50.41 que representa el precio de fertilizantes 12-5-15 por quintal.

$$\text{Costo}_{\text{fertilización}} = \left(\frac{2,352 \text{lbs.de.fertilizante}}{\text{cuerda}} \right) \cdot \left(\frac{1 \text{qq}}{100 \text{lbs.}} \right) \cdot \frac{\$50.41}{\text{qq}} = \$1,185.64$$

4.3.2 Fertilización con vermicompota

Para calcular la cantidad de vermicomposta necesaria de aplicar a una cuerda fue necesario estimar la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio en forma pura que se aplica cuando se utiliza el fertilizantes 12-5-15.

$$Cantidad_{\text{nitrógeno.puro}} = \frac{2,352\text{lbs.de.fertilizantes}(12-5-15)}{\text{cuerda}} \cdot 0.12(\%.de.nitrógeno)$$

$$Cantidad_{\text{nitrógeno.puro}} = \frac{283\text{lbs.de.nitrógeno}}{\text{cuerda}}$$

$$Cantidad_{\text{fosforo.puro}} = \frac{2,352\text{lbs.de.fertilizante}(12-5-15)}{\text{cuerda}} \cdot 0.05(\%.de.fosforo)$$

$$Cantidad_{\text{fosforo.puro}} = \frac{118\text{lbs.de.fosforo}}{\text{cuerda}}$$

$$Cantidad_{\text{potasiopuro}} = \frac{2,352\text{lbs.de.fertilizante}(12-5-15)}{\text{cuerda}} \cdot 0.15(\%.de.potasio)$$

$$Cantidad_{\text{potasio.puro}} = \frac{352\text{lbs.de.potasio}}{\text{cuerda}}$$

En base al requisito de nitrógeno del cultivo por cuerda (cantidad de nitrógeno puro) se calculó la cantidad de vermicomposta que se debe aplicar. Para esto se tomó los resultados del análisis de laboratorio que estimaron un valor de 4.07 % de nitrógeno en la vermicomposta de pulpa de café.

$$Cantidad_{vermicompostaseca} = \frac{\frac{283lbs.de.nitrogeno}{cuerda}}{0.0407 (\% \text{ de N de la vermicomposta})} = 6,954 \text{ lbs.}$$

Este último valor es la cantidad de vermicomposta seca de pulpa de café que se debe aplicar a una cuerda, por eso fue necesario hacerle una corrección de humedad. Se asumió un 40% de humedad de la vermicomposta de pulpa de café.

$$Corrección_{humedad} = \frac{6,954 \text{ lbs.de.vermicomposta.sec a}}{0.6(\% .materia.sec a)} = \frac{11,590lbs.vermicomposta}{cuerda}$$

De igual manera, se procedió con una corrección de disponibilidad de nitrógeno para el primer año. Se asumió que un 15% del nitrógeno esta disponible el primer año del total de vermicomposta aplicada.

$$Corrección_{disponibilidad} = \frac{\frac{11,590lbs.vermicomposta}{cuerda}}{0.15(\% .disponibilidad_{primer.año})} = \frac{77,267lbs.vermicomposta}{cuerda}$$

Esta cantidad se la convirtió en toneladas, la cual representó una aplicación de alrededor 39 toneladas de vermicomposta de pulpa de café para satisfacer el requisito de nitrógeno durante el primer año. Para conocer el costo de fertilizar utilizando la vermicomposta se adjudicó un valor de \$500 por tonelada de vermicomposta, lo que dio un costo de \$19,500 fertilizando con vermicomposta una cuerda.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Objetivo 1

- Ninguno de los sistemas fue viable indiferentemente de la escala de procesamiento de pulpa de café bajo los supuestos preestablecidos. Sin embargo, el sistema de canales presentó mejores resultados económicos debido a que la inversión inicial y los costos fijos anuales fueron menores. El no haber invertido en alguna estructura ni en reactores marcó la diferencia en términos económicos.
- Se requiere de precios de venta de la vermicomposta mayores al tomado por el estudio. Utilizando el sistema de canales se encontró de venta de la vermicomposta de pulpa de café de \$1,000 por tonelada y una TIR de 4.94% para la escala B, \$800 por tonelada y TIR de 6.9% para la Escala C, \$700 por tonelada y una TIR de 2.28% para la Escala D y \$700 por tonelada y una TIR de 6.23%.
- Se requiere de niveles altos de transformación de pulpa de café a vermicomposta para poder obtener viabilidad en los sistemas, aproximadamente mayores del 25 por ciento.

Objetivo 2

- No se encontró viabilidad alguna a un precio de venta al detal de \$0.70 centavos por libra de vermicomposta de pulpa de café y una tasa de descuento del 6%.
- El análisis de sensibilidad de precio demostró que las escalas A, B, C, D y E fueron viables a partir de precios de venta de la vermicomposta por libra de \$1.86, \$1.06, \$0.85, \$0.78 y \$0.74, respectivamente.

- Se requiere de niveles altos de transformación de pulpa de café a vermicomposta para poder obtener en la elaboración del producto de vermicomposta, general mayores del 25 por ciento.

Objetivo 3

- No es viable económicamente sustituir los fertilizantes inorgánicos por vermicomposta de pulpa de café para los cultivos de café.
- Resulta alrededor de 18 veces más costoso fertilizar con vermicomposta que con fertilizante inorgánico.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Para un manejo apropiado de los desperdicios de café, se recomienda como una buena alternativa el vermicompostar los desperdicios. Esta alternativa tiene que ir acompañada con algún tipo de subsidio o ayuda otorgada por parte del gobierno o por el Departamento de Agricultura de Puerto Rico para los caficultores. De la misma manera, los agricultores deben producir a niveles eficientes de conversión de pulpa de café a vermicomposta asegurando de esta manera la viabilidad económica en sus procesos de vermicompostaje.
- Para Puerto Rico se aconseja un estudio de mercado a fondo sobre la creación de productos a partir de la técnica de vermicomposteo. De esta manera se puede llegar a comercializar la vermicomposta o la lombriz en la isla, la cual puede ser para fines recreacionales, alimenticios o para vermicompostar.
- Para próximas investigaciones sobre vermicomposta se recomienda: analizar y estudiar la parte técnica de generación de vermicomposta a partir de pulpa de café. No se posee información suficiente relacionada a la razón de conversión de desperdicio a material compostado. Según la bibliografía se presume que la lombriz es capaz de llegar a comer hasta su peso vivo, pero se carece del dato de cuanto de lo que se come es transformado a vermicomposta.
- Además, se recomienda realizar la evaluación económica de la utilización de la vermicomposta de pulpa de café como fertilizante para la producción de café orgánico.
- También, se puede sugerir hacer estudios mezclando vermicomposta con desperdicio fecal de animales para producir abono.

- Finalmente, se requiere de un estudio o análisis de las propiedades de la vermicomposta de pulpa de café como modificador del suelo o como un medio para el desarrollo de plántulas a nivel de los viveros.

BIBLIOGRAFÍAS

Alamo, González, and Monroig. 2000. Evaluación del beneficiado ecológico de café en Puerto Rico, Caribbean Food Crops Society, 36th Meeting, Dominican Republic.

Azqueta, D., Field, B. 1996. Economía y Medio Ambiente. McGraw-Hill.

Barbier, B., Hearne, J., Andes, Nelson., Mejia, O. 1993. Trade-off between efficiency and contamination by coffee processing a bioeconomic model at the watershed level in Honduras. Center for International Cooperation on Agricultural Research for Development. Honduras,

Battles, R and R. Thompson. 2000. Fundamentals of agribusiness in finance. Blackwell Publishing.

Baxter, C., C. Laboski, and L. Bundy. 2006. Nutrient availability for treated manures. Extension Soil Scientists. University of Wisconsin.
<http://ipcm.wisc.edu/WCMNews/tabid/53/EntryID/172/Default.aspx>

Biala, J. 2000. The use of recycled organics compost in viticulture - a review of the international literature and experience'; p. in Willer, H. and Meier, U. (eds.): Proceedings of the 6th International. 130-134.

CAECAFE. 2000. Informe del Comité para el Análisis Comprensivo de la Empresa de Café en Puerto Rico, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico.

Connolly, B. 1996. Windrow composting systems can be feasible, cost effective. Universidad de Wisconsin, Centro de Sistemas de Agricultura Integrada.
<http://www.p2pays.org/ref/21/20525.htm>

Departamento de Agricultura de Puerto Rico. 2007. Oficina de estadísticas Agrícola. Anuario estadístico.

J. Dominguez, C.A. Edwards, and S. Subler. 1997. A comparison of vermicomposting and composting. Revista Biocycled. 57-59.

Edwards, C and J Steele. 1997. Using earthworm systems. Revista: BioCycle. 63-64

<http://www.wormresearchcentre.co.uk/vermicomposting.htm>

EPM, INC. 1999. Waste reduction using vermicomposting in public institutions. Final Report.

<http://www.p2pays.org/ref/12/11533.pdf>

Flemming. 2002. Feasibility of a vermicomposting operation for food waste at the Clearfield County Prison

www.dep.state.pa.us/dep/deputate/airwaste/wm/RECYCLE/tech_Rpts/Clearfield_Prison.pdf

Frisch, D. and Collins, A. "The Economic Feasibility of Poultry Litter Composting Facilities in eastern West Virginia", Journal of Environment Economics and Management, 22, 199-209.

Goren, P. 2004. Vermicomposting institutional food waste and paper, Florida Department of Environmental Protection.

http://www.dep.state.fl.us/waste/quick_topics/publications/shw/recycling/InnovativeGrants/IGyear2/reports/sumtervermi.pdf

Hanley, N. and Spash, C. 1993. Cost-Benefit Analysis and the environment. First Edition, Edward Elgas Publishing Limited.

Huntoon-Sherman, R. 2000. Latest developments in Mid-to-Large Scale Vermicomposting. Revista Bicycle. 51.

Informe Económico al Gobernador 2006. Junta de planificación de Puerto Rico.

Marsh, Subler, Mishra y Marini. 1995. Suitability of aquaculture effluent solids mixed with cardboard as a feedstock for vermicomposting, Bioresource Technology Volume 96. 413-418

Menchu, J., 1982. Uso de la pulpa como combustible, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial.

Monroig, M. 1998. Preparación de lombricomposta de la pulpa y el mucilago de café, Servicio de Extensión Agrícola, p. 1.

Nantes, E., R. Ortiz and I. Ponzoni. 2003. Monte Carlo simulation applied to risk analysis for an organic fertilizer production and exportation. Department of Management Science. Universidad Nacional del Sur. Argentina.

Park, W. Lamons, K. 1998. Roberts, R. An analysis of Factors Associated with Composting behavior and the household level. American Agricultural Economics Association.

Sapag, N. y Sapag, R. 2003. Preparación y evaluación de proyecto. Cuarta edición, McGraw-Hill.

Stiglitz, J. 1993. Economics. First edition, Norton and Company.
Sustainable Agricultural Technologies Inc. "Worm bins-Vermicomposting systems"

<http://www.wormwigwam.com/>

Urban Mites. 2005. Vermicomposting trial at the worm research centre. Part 2: Financial evaluation and potential market.

www.worms.com/worm-pdfs/worm%20research%20centre2.pdf

Wong, H and A. Griffiths. Vermicomposting in the management of pig-waste in Hong Kong. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 593-595.

Oliveros, Álvarez, Ramírez, Sanz, Dávila, Álvarez, 1999. Beneficio Ecológico del Café. Lombricultura con subproductos de café del Café, Cenicafe. Chinchinas, Caldas Colombia.

Rosen, C., Bierman, P. 2005. Using manure and compost as nutrient sources for vegetables crops. Department of Soils, Water and Climate. University of Minnesota..

Ross, Westerfield y Jordan. Fundamentals of Corporate Finance. Seventh Edition. 2006

Rural Business- Cooperative Service, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 2001. 2-3

<http://www.rurdev.usda.gov/rbs/pub/sr58.pdf>

Apéndice 1: Ventas de fertilizantes por empresa

División de Estadísticas Agrícolas

Departamento de Agricultura de Puerto Rico

VENTA DE FERTILIZANTES POR EMPRESA
(toneladas)
2003/04 al 2006/07

	2003/04		2004/05		2005/06		2006/07	
	Tons	Pricetón	Tons	Pricetón	Tons	Pricetón	Tons	Pricetón
Mezclados		Value (\$)		Value (\$)		Value (\$)		Value (\$)
Café	18,945	287.38	17,132	287.38	10,093.40	342.38	10,124.60	390.48
Caña de azúcar	6	245.46	124	245.46	-	-	-	-
Piña	251	280.36	109	280.36	74.55	318.50	60.95	402.13
Pastos	14,513	282.41	8,816	282.41	5,472.40	362.07	6,281.38	389.60
Ornamentales	2,101	305.74	6,904	305.74	2,287.16	368.80	6,000.00	574.76
Tabaco	-	-	-	-	-	-	-	-
Frutos Menores	11,162	284.62	12,539	284.62	7,810.91	340.39	9,038.69	374.71
Gramas	205	766.00	772	766.00	162.75	614.00	379.77	1,143.80
Otros	187	309.10	6,632	309.10	2,987.20	334.71	3,268.73	397.27
Sub-Total	47,399	291.20	55,028	299.52	28,888.35	354.65	35,154.13	428.51
Sub-Total		\$13,793,886		\$15,882,977		\$10,242,438		\$14,983,991
Srta Mezclador	4,506	372.00	2,335	372.00	8,511.05	559.30	2,792.66	756.40
Total	51,875	298.22	55,363	302.58	37,399	401.15	37,947	450.79
		\$15,470,133		\$16,751,427		\$15,002,667		\$17,105,961

Fuente: Informes de los fabricantes de abonos sometidos al Laboratorio Agrológico. Los precios se obtienen de los fabricantes directamente.

Apéndice 2: Venta de abonos por empresa agrícola

TABLA 65 VENTAS DE ABONOS POR EMPRESA AGRICOLA
TABLE 65 FERTILIZER SALES BY AGRICULTURAL ENTERPRISE
1981/82 - 2006/07³
(TONELADAS, CORTAS) (SHORT TONS)

AÑO	ABONOS SIN		ABONOS MEZCLADOS							
	TODOS LOS ABONOS	MEZCLAR	TOTAL	CAÑA	CAFE	TABACO	VEGETALES	PIÑA	PASTOS	OTROS ¹
YEAR	ALL	UNMIXED	MIXED FERTILIZERS							
	FERTILIZERS	FERTILIZERS	TOTAL	SUGAR CANE	COFFEE	TOBACCO	VEGETABLES ²	PINEAPPLE	PASTURES	OTHERS ¹
1981/82	256,273	37,725	218,548	187,495	14,450	20,490	9,942	3,074	0	3,097
1982/83	259,307	31,631	227,676	187,959	12,580	24,835	12,844	4,097	0	5,361
1983/84	286,544	30,085	236,479	181,281	12,318	26,739	9,287	1,838	0	5,038
1984/85	237,676	29,394	208,282	141,325	16,962	31,408	7,754	1,782	0	9,051
1985/86	200,846	21,884	178,782	124,703	18,803	16,578	9,089	2,338	0	7,291
1986/87	53,638	18,698	34,940	136,834 ¹	12,950	9,583	8,104	2,028	0	2,275
1987/88	53,093	17,015	36,078	126,647 ¹	16,025	8,514	9,647	1,759	0	133
1988/89	49,734	15,533	34,201	109,278 ¹	18,380	6,185	8,904	562	0	140
1989/90	42,787	11,423	31,364	97,807 ¹	16,409	5,472	8,614	610	0	259
1990/91	133,880	10,854	122,806	62,953	15,099	4,390	9,946	1,194	28,742	482
1991/92	144,892	9,267	135,625	75,860	9,782	5,884	9,975	1,164	32,302	878
1992/93	140,402	12,119	128,283	70,287	11,444	4,589	13,339	179	27,968	477
1993/94	138,728	8,137	130,591	69,367	11,516	5,211	11,911	336	31,738	512
1994/95	113,487	10,195	103,292	53,566	13,757	3,767	8,513	1,601	21,849	240
1995/96	98,816	6,230	92,586	41,930	12,661	4,702	8,548	288	24,268	171
1996/97	122,881	9,897	112,984	42,295	28,149	4,668	7,536	1,061	29,190	95
1997/98	108,246	6,619	101,626	36,078	21,899	3,422	10,752	675	28,857	143
1998/99	114,441	3,601	110,840	37,063	31,703	2,947	10,965	1,370	26,682	110
1999/00	109,744	3,020	106,724	33,322	34,551	1,988	10,784	1,213	24,702	164
2000/01	110,057	4,448	105,609	33,531	31,523	2,396	13,887	334	23,518	420
2001/02	79,927	2,721	77,206	19,846	22,823	1,132	13,645	696	18,582	683
2002/03	80,599	5,842	74,757	18,860	20,642	727	14,895	1,091	17,451	1,291
2003/04	93,176	6,715	86,461	20,902	26,869	859	17,017	1,040	18,629	2,146
2004/05	91,225	5,400	85,825	22,961	21,175	737	12,849	1,082	17,555	9,486
2005/06	96,824	6,159	90,665	25,046	26,816	657	6,480	1,712	17,276	13,679
2006/07	96,904	6,694	90,210	24,285	24,059	400	5,317	2,282	20,554	13,313
1987/88	97,089	8,476	88,593	20,972	29,350	309	4,712	1,637	20,258	11,355
1988/89	90,718	5,990	84,728	20,816	27,441	185	5,038	1,088	18,055	12,107
1989/90	86,819	6,080	80,739	20,550	26,882	86	4,345	1,807	16,128	10,941
1990/91	89,507	8,586	80,921	18,843	24,985	91	3,321	1,972	20,009	11,700
1991/92	90,947	9,210	81,737	17,241	27,822	68	3,299	1,717	16,091	15,499
1992/93	79,013	6,316	72,697	14,421	29,335	5	14,201	951	13,119	665
1993/94	79,528	6,200	73,328	12,798	29,095	4	14,125	798	15,070	1,450
1994/95	78,789	5,071	71,718	11,270	31,089	13	13,141	891	14,196	1,118
1995/96	70,102	4,585	65,517	10,928	29,708	24	13,185	368	9,604	1,700
1996/97	67,162	3,836	63,326	10,379	24,753	2	13,904	433	12,676	1,179
1997/98	65,703	4,623	61,080	4,166	20,496	-	15,171	468	16,792	3,967
1998/99	57,480	3,410	54,060	3,119	17,827	-	16,772	482	13,491	2,359
1999/00	50,637	3,633	47,004	3,252	16,627	0	11,875	243	10,999	4,007
2000/01	51,625	4,499	47,125	225	14,284	6	14,117	215	14,772	3,506
2001/02	56,915	4,370	52,545	174	19,683	0	13,727	485	15,306	3,170
2002/03	57,301	6,221	51,080	150	17,348	0	11,897	215	14,965	6,506
2003/04	51,875	4,506	47,369	6	18,945	0	11,162	251	14,513	2,492
2004/05	55,383	2,335	53,028	124	17,132	0	12,645	109	8,816	12,789
2005/06	37,399	6,511	28,888	0	10,093	0	7,811	75	5,472	5,437
2006/07 ³	37,947	2,783	35,164	0	10,125	0	9,039	61	6,281	9,648

Fuente: Departamento de Agricultura de Puerto Rico, Laboratorio Agrologico. Source: Agrologico Laboratory, Puerto Rico Department of Agriculture

¹ Incluye abonos para pastos. ² Incluye pastures fertilizers

³ A partir del año fiscal 2000-2001 se incluyó en otros gramíneas y ornamentales ¹ From the fiscal year 2000-2001 the other group are included in ornamental and grass group

² A partir del año fiscal 1992/93 se incluyó en vegetales los frutos menores ² From the fiscal year 1992/93 vegetables are included in "frutos menores"

³ Cifras Preliminares. ³ Preliminary

**Apéndice 3: Análisis de vermicomposta de pulpa de café
(5 kg de lombrices por metro cuadrado)**

Results For : UNIVERSITY OF PUERTO RICO

Sample ID : D5

	Analysis Dry Basis	Lbs / Ton		Available First Year
		Dry Basis	As Is Basis	
Organic N, % N	3.47	69.4	13.1	2.8
Ammonium, % N	0.024	0.5	0.1	0.1
Nitrate, % N	0.576	11.5	2.2	2.2
Total N (TKN), % N	4.07	81.4	15.3	4.9
Phosphorus, % P ₂ O ₅	0.72	14.5	2.7	1.9
Potassium, % K ₂ O	3.28	65.2	12.3	11.1
Sulfur, % S	0.51	10.2	1.9	0.8
Calcium, % Ca	1.28	25.6	4.8	3.4
Magnesium, % Mg	0.34	6.8	1.3	0.9
Sodium, % Na	0.10	1.9	0.4	0.4
Sodium Adsorption Ratio (SAR)	1.95			
Zinc, ppm Zn	58.2	0.1	0.0	0.0
Iron, ppm Fe	2149.5	4.3	0.8	0.8
Manganese, ppm Mn	316.2	0.6	0.1	0.1
Copper, ppm Cu	43.7	0.1	0.0	0.0
Soluble Salts, mmho / cm	35.86	45.9	8.8	8.8
pH	5.8			
Moisture, %	81.17			
Dry Matter, %	18.83			

Apéndice 4: Análisis de sensibilidad para la escala A del objetivo 1

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de reactores

(\$58,933.69)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$1,200.00	(\$56,431.19)	(\$53,541.24)	(\$50,934.10)	(\$48,576.97)	(\$46,441.31)	(\$44,502.25)
\$1,400.00	(\$51,709.09)	(\$49,154.04)	(\$46,848.10)	(\$44,762.45)	(\$42,872.06)	(\$41,155.09)
\$1,600.00	(\$46,986.98)	(\$44,766.85)	(\$42,762.09)	(\$40,947.93)	(\$39,302.81)	(\$37,807.94)
\$1,800.00	(\$42,264.88)	(\$40,379.66)	(\$38,676.08)	(\$37,133.40)	(\$35,733.56)	(\$34,460.78)
\$2,000.00	(\$37,542.77)	(\$35,992.47)	(\$34,590.07)	(\$33,318.88)	(\$32,164.31)	(\$31,113.62)

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de recipientes plásticos

(\$43,182.75)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$1,200.00	(\$38,246.49)	(\$36,054.91)	(\$34,081.67)	(\$32,300.96)	(\$30,690.37)	(\$29,230.43)
\$1,400.00	(\$33,524.39)	(\$31,667.72)	(\$29,995.67)	(\$28,486.44)	(\$27,121.12)	(\$25,883.27)
\$1,600.00	(\$28,802.28)	(\$27,280.53)	(\$25,909.66)	(\$24,671.91)	(\$23,551.87)	(\$22,536.11)
\$1,800.00	(\$24,080.18)	(\$22,893.34)	(\$21,823.65)	(\$20,857.39)	(\$19,982.62)	(\$19,188.95)
\$2,000.00	(\$19,358.07)	(\$18,506.14)	(\$17,737.64)	(\$17,042.86)	(\$16,413.37)	(\$15,841.79)

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de canales

(\$34,137.36)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$1,200.00	(\$27,712.79)	(\$25,953.49)	(\$24,369.06)	(\$22,938.85)	(\$21,644.98)	(\$20,471.87)
\$1,400.00	(\$22,990.69)	(\$21,566.30)	(\$20,283.05)	(\$19,124.33)	(\$18,075.73)	(\$17,124.71)
\$1,600.00	(\$18,268.58)	(\$17,179.11)	(\$16,197.04)	(\$15,309.80)	(\$14,506.47)	(\$13,777.55)
\$1,800.00	(\$13,546.48)	(\$12,791.92)	(\$12,111.03)	(\$11,495.28)	(\$10,937.22)	(\$10,430.39)
\$2,000.00	(\$8,824.37)	(\$8,404.73)	(\$8,025.03)	(\$7,680.75)	(\$7,367.97)	(\$7,083.23)

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de reactores

(\$58,933.69)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$1,200.00	(\$61,738.10)	(\$58,678.75)	(\$55,619.39)	(\$52,560.03)	(\$49,500.67)	(\$46,441.31)
\$1,400.00	(\$60,718.32)	(\$57,149.07)	(\$53,579.81)	(\$50,010.56)	(\$46,441.31)	(\$42,872.06)
\$1,600.00	(\$59,698.53)	(\$55,619.39)	(\$51,540.24)	(\$47,461.10)	(\$43,381.95)	(\$39,302.81)
\$1,800.00	(\$58,678.75)	(\$54,089.71)	(\$49,500.67)	(\$44,911.63)	(\$40,322.60)	(\$35,733.56)
\$2,000.00	(\$57,658.96)	(\$52,560.03)	(\$47,461.10)	(\$42,362.17)	(\$37,263.24)	(\$32,164.31)

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de recipientes plásticos

(\$43,182.75)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$1,200.00	(\$45,987.16)	(\$42,927.81)	(\$39,868.45)	(\$36,809.09)	(\$33,749.73)	(\$30,690.37)
\$1,400.00	(\$44,967.38)	(\$41,398.13)	(\$37,828.88)	(\$34,259.62)	(\$30,690.37)	(\$27,121.12)
\$1,600.00	(\$43,947.59)	(\$39,868.45)	(\$35,789.30)	(\$31,710.16)	(\$27,631.01)	(\$23,551.87)
\$1,800.00	(\$42,927.81)	(\$38,338.77)	(\$33,749.73)	(\$29,160.69)	(\$24,571.66)	(\$19,982.62)
\$2,000.00	(\$41,908.02)	(\$36,809.09)	(\$31,710.16)	(\$26,611.23)	(\$21,512.30)	(\$16,413.37)

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el Sistema de Canales

(\$34,137.36)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$1,200.00	(\$36,941.77)	(\$33,882.41)	(\$30,823.05)	(\$27,763.69)	(\$24,704.34)	(\$21,644.98)
\$1,400.00	(\$35,921.98)	(\$32,352.73)	(\$28,783.48)	(\$25,214.23)	(\$21,644.98)	(\$18,075.73)
\$1,600.00	(\$34,902.20)	(\$30,823.05)	(\$26,743.91)	(\$22,664.76)	(\$18,585.62)	(\$14,506.47)
\$1,800.00	(\$33,882.41)	(\$29,293.37)	(\$24,704.34)	(\$20,115.30)	(\$15,526.26)	(\$10,937.22)
\$2,000.00	(\$32,862.63)	(\$27,763.69)	(\$22,664.76)	(\$17,565.83)	(\$12,466.90)	(\$7,367.97)

Apéndice 5: Análisis de sensibilidad para la escala B del objetivo 1

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de reactores

(\$65,643.65)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$800.00	(\$51,690.45)	(\$49,535.50)	(\$47,588.86)	(\$45,826.67)	(\$44,228.14)	(\$42,775.13)
\$1,000.00	(\$32,802.03)	(\$31,986.73)	(\$31,244.83)	(\$30,568.57)	(\$29,951.13)	(\$29,386.49)
\$1,200.00	(\$13,913.62)	(\$14,437.97)	(\$14,900.80)	(\$15,310.47)	(\$15,674.12)	(\$15,997.86)
\$1,400.00	\$4,974.80	\$3,110.80	\$1,443.23	(\$52.37)	(\$1,397.12)	(\$2,609.23)
\$1,600.00	\$23,863.22	\$20,659.56	\$17,787.26	\$15,205.72	\$12,879.89	\$10,779.41

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de recipientes plásticos

(\$52,889.85)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$600.00	(\$54,833.24)	(\$52,203.08)	(\$49,832.30)	(\$47,690.52)	(\$45,751.34)	(\$43,991.79)
\$800.00	(\$35,944.82)	(\$34,654.31)	(\$33,488.27)	(\$32,432.42)	(\$31,474.34)	(\$30,603.16)
\$1,000.00	(\$17,056.41)	(\$17,105.55)	(\$17,144.24)	(\$17,174.33)	(\$17,197.33)	(\$17,214.52)
\$1,200.00	\$1,832.01	\$443.22	(\$800.21)	(\$1,916.23)	(\$2,920.33)	(\$3,825.89)
\$1,400.00	\$19,935.29	\$17,677.95	\$15,543.82	\$13,341.87	\$11,356.68	\$9,562.74

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de canales

(\$36,316.69)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$600.00	(\$35,593.36)	(\$33,736.52)	(\$32,062.09)	(\$30,548.81)	(\$29,178.19)	(\$27,934.12)
\$800.00	(\$16,704.95)	(\$16,187.75)	(\$15,718.06)	(\$15,290.71)	(\$14,901.18)	(\$14,545.49)
\$1,000.00	\$2,183.47	\$1,361.01	\$625.97	(\$32.62)	(\$624.18)	(\$1,156.86)
\$1,200.00	\$18,415.14	\$16,661.76	\$15,088.04	\$13,672.17	\$12,395.30	\$11,241.10
\$1,400.00	\$31,070.38	\$28,419.43	\$26,038.54	\$23,895.10	\$21,960.90	\$20,211.49

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de reactores

(\$65,643.65)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$1,000.00	(\$67,091.74)	(\$56,893.88)	(\$60,544.71)	(\$50,346.85)	(\$40,148.99)	(\$29,951.13)
\$1,200.00	(\$63,012.60)	(\$50,775.16)	(\$52,386.43)	(\$40,148.99)	(\$27,911.56)	(\$15,674.12)
\$1,400.00	(\$58,933.45)	(\$44,656.45)	(\$44,228.14)	(\$29,951.13)	(\$15,674.12)	(\$1,397.12)
\$1,600.00	(\$54,854.31)	(\$38,537.73)	(\$36,069.85)	(\$19,753.27)	(\$3,436.69)	\$12,879.89
\$1,800.00	(\$50,775.16)	(\$32,419.01)	(\$27,911.56)	(\$9,555.41)	\$8,800.74	\$27,156.89
\$2,000.00	(\$46,696.02)	(\$26,300.30)	(\$19,753.27)	\$642.45	\$21,038.18	\$37,433.05

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de recipientes plásticos

(\$52,889.85)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$800.00	(\$57,274.93)	(\$49,116.64)	(\$55,949.21)	(\$47,790.92)	(\$39,632.63)	(\$31,474.34)
\$1,000.00	(\$53,195.78)	(\$42,997.92)	(\$47,790.92)	(\$37,593.06)	(\$27,395.19)	(\$17,197.33)
\$1,200.00	(\$49,116.64)	(\$36,879.20)	(\$39,632.63)	(\$27,395.19)	(\$15,157.76)	(\$2,920.33)
\$1,400.00	(\$45,037.49)	(\$30,760.49)	(\$31,474.34)	(\$17,197.33)	(\$2,920.33)	\$11,356.68
\$1,600.00	(\$40,958.35)	(\$24,641.77)	(\$23,316.05)	(\$6,999.47)	\$9,317.11	\$21,749.49
\$1,800.00	(\$36,879.20)	(\$18,523.05)	(\$15,157.76)	\$3,198.39	\$19,016.46	\$31,315.08
\$2,000.00	(\$32,800.06)	(\$12,404.34)	(\$6,999.47)	\$13,396.25	\$27,215.54	\$40,880.68

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el Sistema de Canales

(\$36,316.69)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$800.00	(\$40,701.77)	(\$32,543.48)	(\$39,376.05)	(\$31,217.76)	(\$23,059.47)	(\$14,901.18)
\$1,000.00	(\$36,622.63)	(\$26,424.77)	(\$31,217.76)	(\$21,019.90)	(\$10,822.04)	(\$624.18)
\$1,200.00	(\$32,543.48)	(\$20,306.05)	(\$23,059.47)	(\$10,822.04)	\$1,415.39	\$12,395.30
\$1,400.00	(\$28,464.34)	(\$14,187.33)	(\$14,901.18)	(\$624.18)	\$12,395.30	\$21,960.90
\$1,600.00	(\$24,385.20)	(\$8,068.62)	(\$6,742.89)	\$9,573.68	\$20,594.38	\$31,526.49
\$1,800.00	(\$20,306.05)	(\$1,949.90)	\$1,415.39	\$16,494.84	\$28,793.47	\$41,092.09
\$2,000.00	(\$16,226.91)	\$4,168.82	\$9,573.68	\$23,327.41	\$36,992.55	\$50,657.68

Apéndice 6: Análisis de sensibilidad para la escala C del objetivo 1

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de reactores

(\$136,439.37)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$800.00	(\$90,785.38)	(\$88,566.59)	(\$86,537.77)	(\$84,680.15)	(\$82,977.08)	(\$81,413.74)
\$1,000.00	(\$43,631.79)	(\$44,757.35)	(\$45,736.07)	(\$46,589.40)	(\$47,335.56)	(\$47,989.98)
\$1,200.00	\$3,521.79	(\$948.12)	(\$4,934.36)	(\$8,498.65)	(\$11,694.03)	(\$14,566.21)
\$1,400.00	\$50,675.38	\$42,861.12	\$35,867.34	\$29,592.10	\$23,947.49	\$18,857.56
\$1,600.00	\$89,701.12	\$80,511.62	\$72,270.05	\$64,860.54	\$58,182.99	\$52,150.73

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de recipientes plásticos

(\$96,228.98)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$600.00	(\$93,245.42)	(\$88,940.80)	(\$85,060.90)	(\$81,555.96)	(\$78,382.73)	(\$75,503.57)
\$800.00	(\$46,024.38)	(\$45,068.89)	(\$44,200.83)	(\$43,410.72)	(\$42,690.21)	(\$42,031.99)
\$1,000.00	\$1,196.67	(\$1,196.97)	(\$3,340.75)	(\$5,265.47)	(\$6,997.70)	(\$8,560.40)
\$1,200.00	\$47,786.77	\$42,674.94	\$37,519.32	\$32,879.77	\$28,694.82	\$24,911.18

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de canales

(\$52,193.95)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$500.00	(\$62,026.69)	(\$59,181.84)	(\$56,615.66)	(\$54,295.75)	(\$52,193.95)	(\$50,285.73)
\$600.00	(\$38,416.17)	(\$37,245.89)	(\$36,185.63)	(\$35,223.13)	(\$34,347.69)	(\$33,549.93)
\$700.00	(\$14,805.64)	(\$15,309.93)	(\$15,755.59)	(\$16,150.51)	(\$16,501.44)	(\$16,814.14)
\$800.00	\$8,804.88	\$6,626.02	\$4,674.45	\$2,922.11	\$1,344.82	(\$78.35)
\$900.00	\$30,390.70	\$27,193.83	\$24,324.17	\$21,742.04	\$19,191.08	\$16,657.44

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de reactores

(\$136,439)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$1,200	(\$119,471)	(\$103,912)	(\$73,362)	(\$57,803)	(\$42,244)	(\$11,694)
\$1,400	(\$109,288)	(\$88,637)	(\$52,995)	(\$32,345)	(\$11,694)	\$23,947
\$1,600	(\$99,104)	(\$73,362)	(\$32,629)	(\$6,886)	\$18,856	\$58,183
\$1,800	(\$88,921)	(\$58,087)	(\$12,262)	\$18,572	\$49,406	\$82,063
\$2,000	(\$78,738)	(\$42,812)	\$8,104	\$44,030	\$71,829	\$105,943

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de recipientes plásticos

(\$96,228.98)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$1,000.00	(\$89,498.40)	(\$78,994.60)	(\$53,499.94)	(\$42,996.15)	(\$32,492.35)	(\$6,997.70)
\$1,200.00	(\$79,300.53)	(\$63,697.81)	(\$33,104.22)	(\$17,501.49)	(\$1,898.77)	\$28,694.82
\$1,400.00	(\$69,102.67)	(\$48,401.01)	(\$12,708.50)	\$7,993.16	\$28,694.82	\$54,739.63
\$1,600.00	(\$58,904.81)	(\$33,104.22)	\$7,687.22	\$33,487.81	\$51,323.35	\$78,653.61
\$1,800.00	(\$48,706.95)	(\$17,807.43)	\$28,082.95	\$51,118.37	\$71,821.05	\$102,567.60
\$2,000.00	(\$38,509.09)	(\$2,510.64)	\$44,080.82	\$68,199.79	\$92,318.75	\$126,481.58

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de canales

(\$52,193.95)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$600.00	(\$65,859.09)	(\$65,553.15)	(\$50,256.36)	(\$49,950.42)	(\$49,644.49)	(\$34,347.69)
\$800.00	(\$55,661.22)	(\$50,256.36)	(\$29,860.63)	(\$24,455.77)	(\$19,050.90)	\$1,344.82
\$1,000.00	(\$45,463.36)	(\$34,959.56)	(\$9,464.91)	\$1,038.89	\$11,542.68	\$31,370.13
\$1,200.00	(\$35,265.50)	(\$19,662.77)	\$10,930.81	\$24,332.58	\$34,786.41	\$55,284.11
\$1,400.00	(\$25,067.64)	(\$4,365.98)	\$27,543.89	\$41,414.00	\$55,284.11	\$79,198.10
\$1,600.00	(\$14,869.78)	\$10,930.81	\$41,209.02	\$58,495.42	\$75,781.81	\$103,112.08
\$1,800.00	(\$4,671.92)	\$24,127.61	\$54,874.16	\$75,576.84	\$96,279.52	\$127,026.07
\$2,000.00	\$5,525.94	\$34,376.46	\$68,539.29	\$92,658.26	\$116,777.22	\$150,940.05

Apéndice 7: Análisis de sensibilidad para la escala D del objetivo 1

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para sistema de reactores

(\$251,024.5)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$800.0	(\$152,952.0)	(\$150,500.2)	(\$148,229.3)	(\$146,125.7)	(\$144,176.4)	(\$142,369.6)
\$1,000.0	(\$58,712.3)	(\$62,944.4)	(\$66,684.3)	(\$69,998.7)	(\$72,944.3)	(\$75,569.8)
\$1,200.0	\$35,527.4	\$24,611.4	\$14,860.7	\$6,128.3	(\$1,712.2)	(\$8,770.1)
\$1,400.0	\$129,767.1	\$112,167.2	\$96,405.8	\$82,255.3	\$69,519.8	\$58,029.6

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de recipientes plásticos

(\$144,872)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$600	(\$126,907)	(\$121,781)	(\$117,156)	(\$112,972)	(\$109,179)	(\$105,734)
\$700	(\$79,686)	(\$77,910)	(\$76,296)	(\$74,826)	(\$73,487)	(\$72,263)
\$800	(\$32,465)	(\$34,038)	(\$35,435)	(\$36,681)	(\$37,794)	(\$38,791)
\$900	\$14,756	\$9,834	\$5,425	\$1,464	(\$2,102)	(\$5,319)
\$1,000	\$61,977	\$53,706	\$46,285	\$39,609	\$33,591	\$28,152

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de canales

(\$81,117)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$500	(\$93,515)	(\$89,934)	(\$86,700)	(\$83,772)	(\$81,117)	(\$78,703)
\$600	(\$46,294)	(\$46,062)	(\$45,840)	(\$45,627)	(\$45,424)	(\$45,231)
\$700	\$927	(\$2,190)	(\$4,980)	(\$7,482)	(\$9,732)	(\$11,760)
\$800	\$48,148	\$41,682	\$35,881	\$30,664	\$25,961	\$21,712
\$900	\$80,379	\$72,633	\$65,677	\$59,416	\$53,765	\$48,655

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de reactores

(\$251,024)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$1,200	(\$202,057)	(\$170,982)	(\$124,917)	(\$78,852)	(\$47,777)	(\$1,712)
\$1,400	(\$181,704)	(\$140,454)	(\$84,213)	(\$27,972)	\$13,279	\$69,520
\$1,600	(\$161,352)	(\$109,926)	(\$43,509)	\$22,908	\$74,335	\$130,370
\$1,800	(\$141,000)	(\$79,398)	(\$2,805)	\$73,788	\$126,778	\$178,096
\$2,000	(\$120,648)	(\$48,870)	\$37,899	\$119,594	\$167,686	\$225,821

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de recipientes plásticos

(\$144,872)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$800	(\$136,815)	(\$126,006)	(\$100,205)	(\$74,404)	(\$63,595)	(\$37,794)
\$1,000	(\$116,420)	(\$95,412)	(\$59,414)	(\$23,415)	(\$2,407)	\$33,591
\$1,200	(\$96,024)	(\$64,818)	(\$18,622)	\$27,574	\$58,780	\$91,034
\$1,400	(\$75,628)	(\$34,225)	\$22,169	\$73,338	\$101,078	\$138,862
\$1,600	(\$55,232)	(\$3,631)	\$62,884	\$107,501	\$142,074	\$186,690
\$1,800	(\$34,837)	\$26,962	\$90,214	\$141,664	\$183,069	\$234,518

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de canales

(\$81,117)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$600	(\$93,456)	(\$92,844)	(\$77,241)	(\$61,639)	(\$61,027)	(\$45,424)
\$800	(\$73,060)	(\$62,251)	(\$36,450)	(\$10,649)	\$160	\$25,961
\$1,000	(\$52,665)	(\$31,657)	\$4,342	\$39,485	\$53,560	\$77,679
\$1,200	(\$32,269)	(\$1,063)	\$42,697	\$73,648	\$94,556	\$125,507
\$1,400	(\$11,873)	\$29,530	\$70,027	\$107,811	\$135,551	\$173,335
\$1,600	\$8,523	\$52,741	\$97,357	\$141,974	\$176,547	\$221,163

Apéndice 8: Análisis de sensibilidad para la escala E del objetivo 1

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de reactores

(\$667,750)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$1,200	(\$221,854)	(\$227,264)	(\$231,926)	(\$235,953)	(\$239,440)	(\$242,469)
\$1,400	(\$59,954)	(\$76,846)	(\$91,834)	(\$105,169)	(\$117,066)	(\$127,709)
\$1,600	\$101,947	\$73,572	\$48,257	\$25,615	\$5,309	(\$12,949)
\$1,800	\$263,848	\$223,990	\$188,349	\$156,398	\$127,683	\$101,810

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de recipientes plásticos

(\$209,507)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$500	(\$250,145)	(\$238,380)	(\$227,773)	(\$218,188)	(\$209,507)	(\$201,629)
\$600	(\$169,194)	(\$163,171)	(\$157,727)	(\$152,796)	(\$148,320)	(\$144,249)
\$700	(\$88,244)	(\$87,962)	(\$87,682)	(\$87,404)	(\$87,133)	(\$86,869)
\$800	(\$7,294)	(\$12,753)	(\$17,636)	(\$22,013)	(\$25,946)	(\$29,489)
\$900	\$73,657	\$62,456	\$52,410	\$43,379	\$35,241	\$27,891

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento para el sistema de canales

(\$121,277)	2%	3%	4%	5%	6%	7%
\$500	(\$136,892)	(\$132,391)	(\$128,319)	(\$124,628)	(\$121,277)	(\$118,227)
\$600	(\$55,942)	(\$57,182)	(\$58,273)	(\$59,237)	(\$60,089)	(\$60,847)
\$700	\$25,008	\$18,027	\$11,773	\$6,155	\$1,098	(\$3,467)
\$800	\$98,826	\$88,328	\$78,903	\$70,421	\$62,285	\$53,913

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de reactores

(\$667,750)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$1,200	(\$584,011)	(\$524,091)	(\$449,181)	(\$374,270)	(\$314,351)	(\$239,440)
\$1,400	(\$549,047)	(\$471,645)	(\$379,253)	(\$286,860)	(\$209,458)	(\$117,066)
\$1,600	(\$514,083)	(\$419,199)	(\$309,324)	(\$199,450)	(\$104,566)	\$5,309
\$1,800	(\$479,119)	(\$366,753)	(\$239,396)	(\$112,040)	\$326	\$127,683
\$2,000	(\$444,155)	(\$314,307)	(\$169,468)	(\$24,629)	\$105,219	\$250,057

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta Para el sistema de recipientes plásticos

(\$209,507)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$800	(\$195,696)	(\$170,741)	(\$130,794)	(\$90,848)	(\$65,892)	(\$25,946)
\$1,000	(\$160,732)	(\$118,295)	(\$60,866)	(\$3,438)	\$39,000	\$96,429
\$1,200	(\$125,768)	(\$65,849)	\$9,062	\$83,973	\$129,772	\$179,962
\$1,400	(\$90,804)	(\$13,402)	\$78,990	\$148,191	\$200,050	\$261,953
\$1,600	(\$55,840)	\$39,044	\$133,140	\$206,756	\$270,328	\$343,944
\$1,800	(\$20,876)	\$91,490	\$179,992	\$265,321	\$340,606	\$425,935

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta para el sistema de canales

(\$121,276.66)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$600	(\$142,430)	(\$134,956)	(\$112,492)	(\$90,027)	(\$82,554)	(\$60,089)
\$800	(\$107,466)	(\$82,510)	(\$42,564)	(\$2,617)	\$22,338	\$62,285
\$1,000	(\$72,502)	(\$30,064)	\$27,364	\$77,850	\$106,283	\$144,760
\$1,200	(\$37,538)	\$22,382	\$86,225	\$136,415	\$176,561	\$226,751
\$1,400	(\$2,574)	\$71,173	\$133,076	\$194,979	\$246,839	\$308,742
\$1,600	\$32,391	\$106,312	\$179,928	\$253,544	\$317,116	\$390,733

Apéndice 9: Análisis de sensibilidad para la escala A del objetivo 2

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento

(\$41,063)	2%	3%	4%	5%	6%
\$0.30	(\$69,439)	(\$65,347)	(\$61,664)	(\$58,342)	(\$55,340)
\$0.40	(\$64,717)	(\$60,960)	(\$57,578)	(\$54,528)	(\$51,771)
\$0.50	(\$59,995)	(\$56,572)	(\$53,492)	(\$50,713)	(\$48,201)
\$0.60	(\$55,273)	(\$52,185)	(\$49,406)	(\$46,899)	(\$44,632)
\$0.70	(\$50,551)	(\$47,798)	(\$45,320)	(\$43,084)	(\$41,063)
\$0.80	(\$45,829)	(\$43,411)	(\$41,234)	(\$39,270)	(\$37,494)
\$0.90	(\$41,107)	(\$39,024)	(\$37,148)	(\$35,455)	(\$33,924)
\$1.00	(\$36,385)	(\$34,637)	(\$33,062)	(\$31,641)	(\$30,355)
\$1.10	(\$31,663)	(\$30,249)	(\$28,976)	(\$27,826)	(\$26,786)

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta

(\$41,062.84)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$0.25	(\$57,379)	(\$57,328)	(\$57,277)	(\$57,226)	(\$57,175)	(\$57,124)
\$0.40	(\$55,850)	(\$55,034)	(\$54,218)	(\$53,402)	(\$52,586)	(\$51,771)
\$0.50	(\$54,830)	(\$53,504)	(\$52,179)	(\$50,853)	(\$49,527)	(\$48,201)
\$0.70	(\$52,790)	(\$50,445)	(\$48,099)	(\$45,754)	(\$43,408)	(\$41,063)
\$1.00	(\$49,731)	(\$45,856)	(\$41,981)	(\$38,105)	(\$34,230)	(\$30,355)
\$1.20	(\$47,691)	(\$42,796)	(\$37,902)	(\$33,007)	(\$28,112)	(\$23,217)
\$1.40	(\$45,652)	(\$39,737)	(\$33,822)	(\$27,908)	(\$21,993)	(\$16,078)

Apéndice 10: Análisis de sensibilidad para la escala B del objetivo 2

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento

(\$50,868.91)	2%	3%	4%	5%	6%
\$0.50	(99,214)	(93,471)	(88,302)	(83,639)	(79,423)
\$0.60	(80,325)	(75,923)	(71,958)	(68,381)	(65,146)
\$0.70	(61,437)	(58,374)	(55,614)	(53,123)	(50,869)
\$0.80	(42,549)	(40,825)	(39,270)	(37,865)	(36,592)
\$0.90	(23,660)	(23,276)	(22,926)	(22,607)	(22,315)
\$1.00	(4,772)	(5,727)	(6,582)	(7,349)	(8,038)
\$1.10	14,117	11,821	9,762	7,909	6,239

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta

(\$50,868.91)	10%	15%	20%	25%	29%	35%
\$0.50	(\$60,965)	(\$70,653)	(\$65,350)	(\$75,038)	(\$70,842)	(\$79,423)
\$0.60	(\$56,886)	(\$64,534)	(\$57,192)	(\$64,840)	(\$59,013)	(\$65,146)
\$0.70	(\$52,807)	(\$58,415)	(\$49,033)	(\$54,642)	(\$47,183)	(\$50,869)
\$0.80	(\$48,727)	(\$52,297)	(\$40,875)	(\$44,444)	(\$35,354)	(\$36,592)
\$0.90	(\$44,648)	(\$46,178)	(\$32,717)	(\$34,246)	(\$23,524)	(\$22,315)
\$1.00	(\$40,569)	(\$40,059)	(\$24,558)	(\$24,049)	(\$11,695)	(\$8,038)
\$1.10	(\$36,490)	(\$33,940)	(\$16,400)	(\$13,851)	\$135	\$6,239

Apéndice 11: Análisis de sensibilidad para la escala C del objetivo 2

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento

(\$51,755.31)	2%	3%	4%	5%	6%
\$0.50	(\$153,035)	(\$144,362)	(\$136,555)	(\$129,510)	(\$123,140)
\$0.60	(\$105,814)	(\$100,490)	(\$95,695)	(\$91,365)	(\$87,448)
\$0.70	(\$58,593)	(\$56,618)	(\$54,835)	(\$53,220)	(\$51,755)
\$0.80	(\$11,372)	(\$12,747)	(\$13,975)	(\$15,075)	(\$16,063)
\$0.90	\$35,188	\$31,125	\$26,885	\$23,071	\$19,630
\$1.00	\$66,826	\$60,625	\$55,054	\$50,037	\$45,508
\$1.10	\$98,464	\$90,019	\$82,431	\$75,594	\$69,422

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta

(\$51,755.31)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$0.50	(\$99,481)	(\$101,215)	(\$102,949)	(\$104,682)	(\$106,416)	(\$123,140)
\$0.60	(\$89,283)	(\$85,918)	(\$82,553)	(\$79,188)	(\$75,822)	(\$87,448)
\$0.70	(\$79,086)	(\$70,621)	(\$62,157)	(\$53,693)	(\$45,229)	(\$51,755)
\$0.80	(\$68,888)	(\$55,325)	(\$41,761)	(\$28,198)	(\$14,635)	(\$16,063)
\$0.90	(\$58,690)	(\$40,028)	(\$21,366)	(\$2,704)	\$15,958	\$19,630
\$1.00	(\$48,492)	(\$24,731)	(\$970)	\$22,791	\$39,632	\$45,508
\$1.10	(\$38,294)	(\$9,434)	\$19,426	\$40,794	\$60,130	\$69,422

Apéndice 12: Análisis de sensibilidad para la escala D del objetivo 2

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de descuento

(\$50,696.23)	2%	3%	4%	5%	6%
\$0.50	(\$239,300.0)	(\$226,005.9)	(\$214,036.5)	(\$203,235.3)	(\$193,466.3)
\$0.60	(\$144,858.0)	(\$138,262.1)	(\$132,316.4)	(\$126,944.8)	(\$122,081.3)
\$0.70	(\$50,415.9)	(\$50,518.3)	(\$50,596.2)	(\$50,654.3)	(\$50,696.2)
\$0.80	\$44,026.2	\$37,225.6	\$31,123.9	\$25,636.2	\$20,688.8
\$0.90	\$111,752.1	\$101,361.7	\$92,027.3	\$83,621.6	\$76,034.4
\$1.00	\$175,028.3	\$160,150.1	\$146,779.8	\$134,736.2	\$123,862.4
\$1.10	\$238,304.5	\$218,938.5	\$201,532.3	\$185,850.8	\$171,690.4

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta

(\$50,696)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$0.50	(\$146,148)	(\$149,615)	(\$168,074)	(\$171,541)	(\$175,008)	(\$193,466)
\$0.60	(\$125,752)	(\$119,022)	(\$127,282)	(\$120,552)	(\$113,821)	(\$122,081)
\$0.70	(\$105,357)	(\$88,428)	(\$86,491)	(\$69,562)	(\$52,634)	(\$50,696)
\$0.80	(\$84,961)	(\$57,835)	(\$45,699)	(\$18,573)	\$8,553	\$20,689
\$0.90	(\$64,565)	(\$27,241)	(\$4,908)	\$32,416	\$61,071	\$76,034
\$1.00	(\$44,170)	\$3,352	\$35,884	\$70,227	\$102,066	\$123,862
\$1.10	(\$23,774)	\$33,946	\$65,717	\$104,390	\$143,062	\$171,690

Apéndice 13: Análisis de sensibilidad para la escala E del objetivo 2

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta

(\$43,742.19)	2%	3%	4%	5%	6%
\$0.50	(\$355,263)	(\$335,900)	(\$318,464)	(\$302,726)	(\$288,491)
\$0.60	(\$193,362)	(\$185,482)	(\$178,372)	(\$171,943)	(\$166,117)
\$0.70	(\$31,462)	(\$35,064)	(\$38,280)	(\$41,159)	(\$43,742)
\$0.80	\$117,725	\$105,467	\$94,459	\$84,550	\$75,609
\$0.90	\$226,198	\$206,247	\$188,320	\$172,175	\$157,600
\$1.00	\$334,672	\$307,027	\$282,182	\$259,800	\$239,591
\$1.10	\$443,145	\$407,807	\$376,043	\$347,425	\$321,582

Análisis de sensibilidad: con variación en el precio de venta de la vermicomposta y la tasa de conversión de pulpa a vermicomposta

(\$43,742.19)	10%	15%	20%	25%	30%	35%
\$0.50	(\$215,940)	(\$230,450)	(\$244,961)	(\$259,471)	(\$273,981)	(\$288,491)
\$0.60	(\$180,976)	(\$178,004)	(\$175,032)	(\$172,060)	(\$169,088)	(\$166,117)
\$0.70	(\$146,012)	(\$125,558)	(\$105,104)	(\$84,650)	(\$64,196)	(\$43,742)
\$0.80	(\$111,048)	(\$73,112)	(\$35,176)	\$2,760	\$40,696	\$75,609
\$0.90	(\$76,084)	(\$20,666)	\$34,752	\$83,340	\$120,470	\$157,600
\$1.00	(\$41,120)	\$31,780	\$93,062	\$141,905	\$190,748	\$239,591
\$1.10	(\$6,156)	\$79,357	\$139,914	\$200,470	\$261,026	\$321,582