

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ANÁLISIS ECONÓMICO  
PRELIMINAR DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE PARA EL INGRESO AL  
MERCADO DE LOS BONOS DE CARBONO**

**DANIELA ALEJANDRA RAMÍREZ AZÚA**

Santiago, Chile 2004

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

“DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ANÁLISIS ECONÓMICO  
PRELIMINAR DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE PARA EL INGRESO AL  
MERCADO DE LOS BONOS DE CARBONO”

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero en Recursos  
Naturales Renovables

**DANIELA ALEJANDRA RAMÍREZ AZÚA**

**PROFESORES GUÍAS**

**CALIFICACIONES**

Sra. Paulina Aldunce I.  
Ingeniero Agrónomo.

7.0

Sr. Eugenio Figueroa B.  
Médico Veterinario, Ph. D.

6.0

**PROFESORES CONSEJEROS**

Sr. Werther Kern F.  
Ingeniero Agrónomo.

7.0

Sr. Juan Manuel Uribe M.  
Ingeniero Agrónomo.

7.0

Santiago, Chile. 2004

## **DEDICATORIA**

A mis padres y mis hermanos

A mis amigas

A Francisco

## **AGRADECIMIENTOS**

A quienes hicieron posible el desarrollo de esta memoria Manuel Sánchez de Poch CDI y Enrique Vial de Agroindustrial Pullihue

A mis profesores colaboradores, a mis profesores guías Eugenio Figueroa y en especial a Paulina Aldunce, por su apoyo durante toda la carrera.

A todas las personas que me brindaron su tiempo e ideas para este trabajo en especial a Alfonso Guijón y Rodrigo García de Poch Ambiental.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
El Cambio Climático y la preocupación internacional .....	5
Mecanismo de Desarrollo Limpio .....	7
Situación Nacional .....	11
Compostaje .....	13
Rellenos sanitarios .....	14
<b>MATERIALES Y MÉTODO .....</b>	<b>18</b>
Objetivo 1: Estimar las emisiones de línea base de la situación sin proyecto (relleno sanitario) y de la actividad del proyecto (sistema de compostaje).....	18
Objetivo 2: Identificar los factores de riesgos inherentes al proyecto, los factores de riesgos relacionados con la línea base y los factores de riesgos de precio. ....	19
Objetivo 3: Determinar la adicionalidad del proyecto de compostaje y el escenario de línea base.....	19
Objetivo 4: Efectuar un análisis económico preliminar de una planta de compostaje con el financiamiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) por la venta de los certificados de reducción (CER).....	20
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>Estimación de las emisiones .....</b>	<b>21</b>
Emisiones de Línea base.....	21
Emisiones de la planta de compostaje.....	33
Reducción de emisiones.....	42
<b>Factores de riesgo.....</b>	<b>45</b>
Factores de riesgo inherentes al proyecto.....	45
Anteproyecto de reglamento para el manejo de lodos no peligrosos. ....	49
Factores de riesgo relacionados con la línea base. ....	53
Reglamento de rellenos sanitarios.....	54
Factores de riesgo relacionados con el precio .....	55
<b>Adicionalidad y Línea Base .....</b>	<b>57</b>
Criterio de Adicionalidad.....	57
Identificación del escenario de línea base. ....	60

<b>Análisis económico preliminar .....</b>	<b>62</b>
Ingresos .....	64
Venta del compost.....	64
Recepción de los residuos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Venta de CER.....	66
Costos.....	69
Los costos de inversión.....	69
Costos de ingreso al MDL.....	71
Costos de operación.....	73
Indicadores de viabilidad económica .....	75
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>79</b>
<b>APÉNDICE I.....</b>	<b>85</b>
<b>APÉNDICE II.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>113</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	: Constituyentes Orgánicos de rápida y lenta degradación en los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD).....	26
Cuadro 2	: Composición y Clasificación de los RSD en la Región Metropolitana, según su degradabilidad.....	27
Cuadro 3	: Tipos y cantidades de residuos para suministrar al proyecto planta de compostaje.....	29
Cuadro 4	: Resumen emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (línea base) en distintos escenarios.....	31
Cuadro 5	: Resumen emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (situación con proyecto) en los distintos escenarios.....	32
Cuadro 6	: Comparación de emisiones promedio de Línea Base y de situación con proyecto.....	33
Cuadro 7	: Maquinaria móvil utilizada en la planta de compostaje.....	36
Cuadro 8	: Emisiones de GEI de la maquinaria utilizada en el proceso de compostaje.....	37
Cuadro 9	: Emisiones de GEI de la maquinaria eléctrica utilizada en el proceso de compostaje.....	38
Cuadro 10	: Resumen de reducción de emisiones de GEI por compostaje en los distintos escenarios.....	42
Cuadro 11	: Índices de Mercados Emergentes de América Latina.....	47
Cuadro 12	: Tarifas aplicadas por cada tipo de residuo.....	52
Cuadro 13	: Ingreso por recepción de residuos.....	64
Cuadro 14	: Alternativas de ingreso por venta de compost y recepción de residuos.....	65
Cuadro 15	: Ingreso por venta de bonos de Carbono en escenario 1.....	66
Cuadro 16	: Ingreso por venta de bonos de Carbono en escenario 2.....	67

Cuadro 17	: Ingreso por venta de bonos de Carbono en escenario 3.....	67
Cuadro 18	: Ingreso por venta de bonos de Carbono en escenario 4.....	68
Cuadro 19	:Costos asociados a Infraestructura.....	69
Cuadro 20	: Costos asociados a Tecnología.....	70
Cuadro 21	: Costo de Registro en el MDL por toneladas reducidas.....	72
Cuadro 22	: Costos asociados a proyectos MDL.....	72
Cuadro 23	: Costos asociados a operación de la planta de compostaje.....	74
Cuadro 24	: Resultados del TIR y el VAN en las alternativas propuestas.....	75

## INDICE DE CUADROS APÉNDICE I

Cuadro 1	: Emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (situación línea base) en el Escenario 1.....	85
Cuadro 2	: Emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (situación línea base) en el Escenario 2.....	86
Cuadro 3	: Emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (situación línea base) en el Escenario 3.....	87
Cuadro 4	: Emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (situación línea base) en el Escenario 4.....	88
Cuadro 5	: Emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (situación con proyecto) en el Escenario 1.....	89
Cuadro 6	: Emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (situación con proyecto) en el Escenario 2.....	90
Cuadro 7	: Emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (situación con proyecto) en el Escenario 3.....	91
Cuadro 8	: Emisiones de CH <sub>4</sub> en el Relleno Sanitario (situación con proyecto) en el Escenario 4.....	92
Cuadro 9	: Reducción de emisiones de GEI por la actividad de compostaje en el Escenario 1.....	93
Cuadro 10	: Reducción de emisiones de GEI por la actividad de compostaje en el Escenario 2.....	94
Cuadro 11	: Reducción de emisiones de GEI por la actividad de compostaje en el Escenario 3.....	95
Cuadro 12	: Reducción de emisiones de GEI por la actividad de compostaje en el Escenario 4.....	96

## INDICE APÉNDICE II

Flujo de Caja Proyecto de compostaje en alternativa 1, sin ingresos por bonos de Carbono (Octubre 2004).....	97
Flujo de Caja Proyecto de compostaje en alternativa 1, con ingresos por bonos de Carbono (Octubre 2004).....	99
Flujo de Caja Proyecto de compostaje en alternativa 2, sin ingresos por bonos de Carbono (Octubre 2004).....	101
Flujo de Caja Proyecto de compostaje en alternativa 2, con ingresos por bonos de Carbono (Octubre 2004).....	103
Flujo de Caja Proyecto de compostaje en alternativa 3, sin ingresos por bonos de Carbono (Octubre 2004).....	105
Flujo de Caja Proyecto de compostaje en alternativa 3, con ingresos por bonos de Carbono (Octubre 2004).....	107
Flujo de Caja Proyecto de compostaje en alternativa 4, sin ingresos por bonos de Carbono (Octubre 2004).....	109
Flujo de Caja Proyecto de compostaje en alternativa 4, con ingresos por bonos de Carbono (Octubre 2004).....	111

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de Proyectos MDL.....	10
Figura 2: Emisiones en situaciones sin proyecto (línea base) y con el proyecto de compostaje.....	35
Figura 3: Comparación de emisiones antes y después del proyecto de compostaje (escenario 1).....	39
Figura 4: Comparación de emisiones antes y después del proyecto de compostaje (escenario 2).....	40
Figura 5: Comparación de emisiones antes y después del proyecto de compostaje (escenario 3).....	40
Figura 6: Comparación de emisiones antes y después del proyecto de compostaje (escenario 4).....	41

## RESUMEN

El Protocolo de Kioto establece compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a los países desarrollados, lo que ha generado un mercado de emisiones de carbono. Las emisiones de metano provenientes de los rellenos sanitarios, pueden ser reducidas si parte de los residuos que se destinan al relleno sanitario son desviadas a un proceso aeróbico, como el compostaje.

El propósito de este estudio fue determinar la viabilidad técnica de un sistema de compostaje y efectuar un análisis económico preliminar que permita determinar la conveniencia al ingresar al mercado de los bonos de carbono.

Para el cálculo de emisiones se utilizó un Modelo de EPA y se aplicó al relleno sanitario Loma Los Colorados para cuatro escenarios, que varían de acuerdo al porcentaje de captación y a la cantidad de CH<sub>4</sub> generada por tonelada de basura. El modelo fue aplicado para las condiciones actuales (línea base) y para la situación con proyecto, considerando la reducción en la materia prima y por lo tanto una reducción en las emisiones de CH<sub>4</sub>. En este análisis también fueron estimadas las emisiones propias del proyecto de compostaje.

Para evaluar la viabilidad técnica se identificaron los factores de riesgos asociados al proyecto, a la línea base y al precio de los bonos, además de los criterios de adicionalidad y línea base propios de un proyecto MDL. Finalmente, se realizó un análisis económico preliminar considerando cuatro alternativas, en las cuales varían los ingresos por recepción de residuos e ingresos por venta del producto. Los ingresos obtenidos por la venta de los bonos de carbono bordean los 97 millones de pesos en el peor de los escenarios y 376 millones en el mejor de los casos estudiados, evaluando a US\$3 la tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) reducida.

### Palabras clave

Protocolo de Kioto, Gases de efecto invernadero, Bonos de Carbono, Compostaje

## SUMMARY

The Kyoto Protocol has established greenhouse gas emission reductions commitments for developed countries. This has generated a carbon emission reduction market. One opportunity analyzed on this study is on the field of waste management, achieving methane (CH<sub>4</sub>) emission reductions from substituting landfill waste, by considering aerobic conditions for waste management, like composting.

The intention of this study was to determine the technical feasibility of a composting system, and make a preliminary economic analysis that would quantify the benefits of entering the carbon emission reductions market.

The emission reduction calculation was done using an EPA Model applied to the Loma Los Colorados landfill in for scenarios, that vary according to the percentage of pick up and to the amount of CH<sub>4</sub> generated by ton of waste. The model was applied for the present conditions (baseline) and for the situation with project, considering the reduction in the waste and therefore a reduction in the CH<sub>4</sub> emissions. In this analysis also the own emissions of the compostaje project were considered.

In order to evaluate the technical feasibility of the project a risk analysis of the main project variables was done, considering potential variations in baseline determination criteria, market value of emission reduction units, and additionality conditions. Finally, a preliminary economic analysis was done considering different income scenarios for waste reception and compost selling. The utilities perceived for carbon credits have a range of 97 million pesos and 376 million pesos for the worst and best of the scenarios, respectively, considering that the carbon credit has a value of US\$ 3 per ton. of CO<sub>2</sub> eq reduced.

### Key words

Protocol Kyoto, Greenhouse gas, Credit Carbon, Composting

## INTRODUCCIÓN

Los gases de efecto invernadero (GEI) que existen en la atmósfera son principalmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los clorofluorocarbonos (CFC's y HCFC's). Las emisiones provocadas por actividades humanas intensifican el efecto invernadero de la atmósfera, resultando en un calentamiento de la tierra.

La transacción de emisiones de gases efecto invernadero entre países y/o empresas genera nuevas oportunidades de inversión para proyectos de desarrollo sustentable en nuestro país. Estos proyectos permitirían a los países industrializados cumplir con el compromiso exigido en el Protocolo de Kioto de reducir las emisiones de GEI en promedio un 5%, según el país, con respecto a los niveles de 1990, para el período 2008 al 2012.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es establecido en el protocolo de Kioto como instrumento económico que permite cumplir con las metas de emisiones de los GEI. Por medio del MDL, los países desarrollados que deben reducir emisiones pueden hacerlo comprando certificados de reducción de emisiones a países en vías de desarrollo como Chile, generando además transferencia tecnológica hacia esos países.

Las áreas de mayor interés en Chile para proyectos MDL son los proyectos forestales, agrícolas, transporte, generación de energía, eficiencia energética y manejo de residuos. Es en esta última área donde existe una de las alternativas más atractivas para la disminución de GEI y una oportunidad de ingresar al mercado de los bonos de carbono. En Chile actualmente hay escasos estudios que permiten evaluar la factibilidad del ingreso de esta actividad en este nuevo mercado de emisiones, por lo que el objetivo general de esta

memoria es determinar la viabilidad técnica del ingreso al mercado de los bonos de carbono de un sistema de compostaje, incluyendo un análisis económico preliminar.

### Objetivo General

Determinar la viabilidad técnica y un análisis económico preliminar de un sistema de compostaje para el ingreso al mercado de los bonos de carbono.

### Objetivos Específicos

1. Estimar las emisiones de línea base de la situación sin proyecto (relleno sanitario) y de la actividad del proyecto (sistema de compostaje).
2. Identificar los factores de riesgos inherentes al proyecto, los factores de riesgos relacionados con la línea base y los factores de riesgos de precio.
3. Determinar la adicionalidad del proyecto de compostaje y el escenario de línea base.
4. Efectuar un análisis económico preliminar de una planta de compostaje con el financiamiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio por la venta de los certificados de reducción (CER).

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### El Cambio Climático y la preocupación internacional

La primera Conferencia Mundial sobre clima realizada en Ginebra en 1979, reconoce al cambio climático como un serio problema que afectaría las actuales condiciones de vida para todos los seres del planeta, provocando serias alteraciones a los ecosistemas y por tanto a las actividades humanas que en ellos se desarrollan. Durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, en 1992, se crea la Convención Marco de cambio climático de las Naciones Unidas (CMCC), que entra en vigencia el 21 de Marzo de 1994, después de haber recibido documentos de ratificación de 50 países (Acquatella J., 2001). El objetivo de esta Convención es “estabilizar las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel tal que ya no existan interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”. Dicha estabilización deberá realizarse con una gradualidad tal que permita a los ecosistemas adaptarse a los cambios previstos, así como también evitar que el nivel del cambio climático impida un desarrollo económico sustentable o comprometa la producción alimenticia (CONAMA, 2004a). Esta Convención divide a los países denominados “partes”, en dos grandes grupos: partes del Anexo I, que corresponde a los países industrializados y partes No Anexo I, para las naciones en vías de desarrollo; esta división nace ya que los compromisos para ambos son diferentes.

La Conferencia de las partes (COP) es el gremio más importante de la Convención Marco, ésta celebra períodos de sesiones anuales en las cuales se toman decisiones acerca

de las medidas con las que los países deberán alcanzar sus objetivos de protección del clima. En cada periodo de sesión se establecen las directrices y lineamientos para el cumplimiento de proyectos MDL, tales como el Protocolo de Kioto en 1997 (COP 3) y Acuerdo de Marrakech en 2001 (COP 7), documentos fundamentales para el desarrollo de proyectos MDL.

El objetivo general del Protocolo de Kioto es alcanzar una reducción total de las emisiones de los GEI de por lo menos un 5 % en promedio, para el periodo de compromiso comprendido entre los años 2008 y 2012, respecto de 1990. Su principal misión fue establecer compromisos más estrictos de reducción y restricción de emisiones de GEI para los países desarrollados (listados en el Anexo B del protocolo), estableciendo un calendario específico para cumplir dichos compromisos. Asimismo, se crearon los llamados mecanismos de flexibilización (mecanismos económicos), con el fin de ayudar a estos países a cumplir con el calendario de reducción mencionado, entre los cuales está la transacción de emisiones entre los países, la Implementación Conjunta entre países del Anexo I y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (Montenegro, et al, 2001).

El Acuerdo de Marrakech establece las modalidades y procedimientos del Mecanismo de Desarrollo Limpio, según se define en el artículo 12 del Protocolo de Kioto. Además establece las modalidades, normas y directrices aplicables al comercio de los derechos de emisión previstas en el artículo 17 del Protocolo Kioto

Existe una estrecha relación entre la tendencia del calentamiento global y el incremento de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero provocadas por las actividades humanas. Entre estos gases destacan el CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O, así como los clorofluorocarbonos (Rapidez, et al, 2002).

### Mecanismo de Desarrollo Limpio

El protocolo de Kioto contempla una serie de instrumentos que permiten que los países desarrollados cumplan con sus metas de reducción de emisiones de gases de efectos invernadero, con flexibilidad y a un menor costo. Uno de estos instrumentos es el Mecanismo de Desarrollo Limpio, mediante el cual los países desarrollados pueden cumplir sus metas de reducción de emisiones a través de proyectos implementados en países en vías de desarrollo, como Chile (CONAMA, 2004a).

Según el Protocolo de Kioto, el propósito del Mecanismo de Desarrollo Limpio es ayudar a las partes no incluidas en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo de la Convención, así como ayudar a las partes incluidas en el anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de restricción y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3 del Protocolo.

Según la decisión 17 de la Conferencia de las Partes 7 (COP 7), los requisitos de participación en el MDL son:

- Participación voluntaria de cada participante.
- Que las partes participantes en el MDL designen una autoridad nacional para el MDL.
- Las partes no incluidas en el anexo I podrán participar en un proyecto MDL si ratifican el Protocolo de Kioto.

Según la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC), la línea base de referencia de una actividad de proyecto del MDL es el escenario que representa de manera razonable las emisiones antropógenas por las fuentes de gases de efecto invernadero que se producirían de no realizarse la actividad de proyecto propuesta.

La base de referencia comprenderá las emisiones de todos los gases, sectores y categorías de fuentes enumeradas en el anexo A del Protocolo de Kioto en el ámbito del proyecto (UNFCCC, 2002).

Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), una tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente es un estándar universal de medida a través del cual se pueden evaluar los impactos de liberar a la atmósfera los distintos gases de efecto invernadero. Cada gas invernadero tiene un potencial de calentamiento global (PCG) que describe su efecto en el cambio climático en relación con una misma cantidad de CO<sub>2</sub>, para un horizonte de 20, 100 y 500 años. Esto permite convertir todos los gases de efecto invernadero regulados por el Protocolo de Kioto a unidades comunes de CO<sub>2</sub> equivalente.

El PCG es una medida del impacto que tiene un determinado gas en las fuerzas radiactivas, esto significa el calor o la energía adicional que es retenida en el ecosistema de la tierra por la adición de este gas a la atmósfera. El CO<sub>2</sub> fue elegido como el gas de referencia para ser consistente con las normas del IPCC (IPCC, 1996a).

Según el IPCC las reducciones de emisiones deben ser:

- Reales, mensurables y a largo plazo en relación con la mitigación del cambio climático.
- Adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad de proyecto certificada.

Una actividad de proyecto es una medida, operación o actuación que tiene como fin reducir las emisiones de GEI. En el Protocolo de Kioto y en las modalidades y procedimientos del MDL se utiliza el término "actividad de proyecto" con significado distinto al de "proyecto". Por consiguiente una actividad de proyecto podría ser idéntica a un proyecto iniciado o planeado o ser un componente o aspecto de éste. (UNFCCC, 2002)

Aunque el Protocolo de Kioto no ha entrado en vigencia, los países acordaron que se aceptarán Certificados de Reducción de Emisiones de proyectos que daten desde el 2000, por lo que ya es posible utilizar este mecanismo de cofinanciamiento de proyectos (CONAMA, 2003).

Según el IPCC, un crédito de reducción de emisiones (CER) es un instrumento validado por el Mecanismo de Desarrollo Limpio, que representa una tonelada de carbono equivalente del CO<sub>2</sub> reducido por un proyecto en un país en vías de desarrollo (y que haya ratificado el protocolo).

Las reducciones de emisiones del gas de efecto invernadero deben ser adicionales a lo que sería sin el proyecto MDL, en el Acuerdo de Marrakech realizado el año 2001, en la COP 7 se establece que para que un MDL pueda ser ejecutado, debe presentar ante la Entidad Operacional y la Junta Ejecutiva del MDL, los documentos que demuestran la adicionalidad de la reducción de emisiones de GEI y su cumplimiento a través del tiempo. Los documentos que el proponente debe generar son:

- Documento del Diseño del Proyecto (PDD), que contiene una descripción del proyecto, análisis de los impactos ambientales y línea de base de las emisiones de GEI que se producirían de no llevarse a cabo el proyecto.
- Plan de Vigilancia, que indica la forma en que se llevará a cabo el monitoreo de las emisiones durante la vida útil del proyecto.

El ciclo para presentar proyectos MDL se presenta en la Figura 1, donde se observa que existe una etapa de diseño del proyecto, el que luego de ser aprobado por la Autoridad Nacional designada (CONAMA), pasa a la etapa de validación de las emisiones por la Entidad Operacional, la que a su vez tiene la responsabilidad de verificar la reducción de emisiones e informar su cumplimiento a la Junta Ejecutiva del MDL para la emisión de los

Certificados de reducción en caso que el proyecto cumpla con lo estipulado en el acuerdo de Marrakech. Paralelamente, el proponente del proyecto realiza el monitoreo o vigilancia de las emisiones estimadas del proyecto.

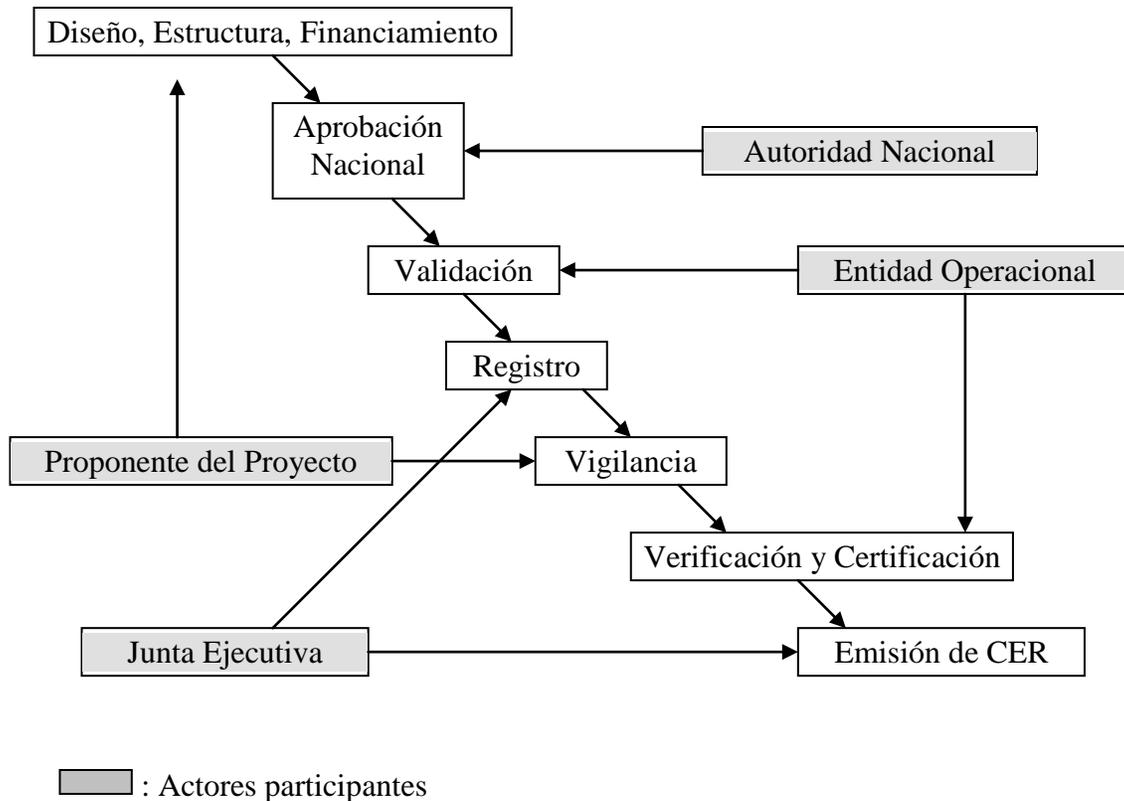


Figura 1: Ciclo de Proyectos MDL

Fuente: Sanhueza, 2002.

En el Anexo I se presentan las metodologías que distintos países han presentado para ingresar como proyectos MDL. A la fecha se encuentran 13 proyectos con la metodología aprobada, 9 se encuentran bajo consideración del Panel de Metodologías, 10 han sido rechazados y 31 se encuentran en etapa de comentarios sin calificación del Panel de Metodologías.

### Situación Nacional

Chile ratificó el Protocolo de Kioto el cual es ley de la República desde el 2002 (Montenegro, et al, 2001). Los proyectos que se presentan a este mercado de bonos de carbono, deben contar con una carta de aprobación de la Autoridad Nacional Designada, que para Chile está representada por la CONAMA, la cual verifica que el proyecto no tiene incompatibilidad con otros programas locales de sustentabilidad y que se cumple con la normativa ambiental aplicable (ECOAMERICA, 2003).

Según CONAMA, Chile actualmente se encuentra en una excelente posición para aprovechar las oportunidades que presenta el MDL y la transacción de bonos de carbono. Las condiciones de mayor confianza y seguridad que Chile puede ofrecer al inversionista se demuestran con las siguientes situaciones (CONAMA, 2003):

- Chile tiene actualmente el riesgo país más bajo de América Latina.
- Chile es una de las economías más abiertas del mundo, como lo demuestran los tratados comerciales vigentes, con la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá y Corea, entre otros.
- El mercado de capitales y financiero tiene una gran madurez en el país

Chile, como país en desarrollo y proponente de proyectos MDL, cuenta con numerosos proyectos potenciales de ingresar al ciclo MDL, los cuales se encuentran trabajando en la elaboración de Metodologías y en la justificación adecuada de los requisitos exigidos en el Acuerdo de Marrakech. Para el desarrollo de estos estudios, existen consultoras las cuales prestan el servicio de diagnóstico de línea base y desarrollo de la metodología de estimación de emisiones entre otros. Actualmente, en CONAMA, existe un listado de proyectos que reducen emisiones de GEI, pero que aún no han presentado formalmente el

Documento de Diseño de Proyecto (PDD) como primer paso para ingresar al ciclo MDL.

La compañía chilena pionera en abrirse paso en este incipiente mercado fue la central hidroeléctrica Chacabuquito en el año 2002, en este año, las transacciones realizadas por el mercado de carbono a nivel mundial fueron de US\$106 millones en los países desarrollados y Chile tuvo un siete por ciento de participación en ese mercado con el proyecto de la central hidroeléctrica Chacabuquito en la Quinta Región al acreditar la reducción de 112.607 toneladas de dióxido de carbono y obtener US\$950.000 por la venta de éstos, sustituyendo la energía generada por plantas de carbón y gas por un recurso energético renovable. En este proyecto se validó la metodología y el plan de monitoreo en Septiembre del 2001, en Agosto del 2002 se verificó la construcción del proyecto acorde con el contrato y la correcta operación de los modelos de cálculo de CO<sub>2</sub> y en Junio del 2003 se verificó el cálculo de los primeros 11 meses de operación (SUSTENTABLE, 2004).

Otro caso es el de la empresa Agrosuper la cual presentó un proyecto MDL que reduce el CH<sub>4</sub> generado por la degradación de los purines, provenientes de planteles de producción de cerdos mediante el uso de plantas de lodos activados y biodigestores que generan biogás. Los purines son desechos orgánicos generados por los cerdos, los que bajo las condiciones actuales en las cuales son tratados, liberan CH<sub>4</sub> a la atmósfera.

En este proyecto se instalaron varios biodigestores, que reciben los purines en un sólo lugar y son cubiertos por una capa de material sintético, esto evita que en el proceso de descomposición el gas CH<sub>4</sub> se vaya a la atmósfera (EL MERCURIO, 2004). La empresa realizó dos contratos para la venta de bonos de carbono con las empresas eléctricas de Canadá Transalta y de Japón Tepco. La transacción es una de las mayores realizadas en el mundo en el rubro agroindustrial y contempla ventas para Agrosuper que alcanzarán US\$30 millones, recursos que seguirán siendo invertidos en soluciones tecnológicas ambientales de vanguardia (ESTRATEGIA, 2004).

## Compostaje

El compostaje es un proceso de descomposición biológica, por vía aeróbica, de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos, desarrollada en condiciones controladas. Durante la fase termofílica, el proceso alcanza temperaturas comprendidas entre 50 y 70°C, lo que produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto (Otero, 1988). El compost resultante se puede aplicar en suelos y tiene la ventaja de actuar como acondicionador de éste, mejorando sus propiedades físicas y mecánicas. Dependiendo de las materias primas utilizadas puede ser una fuente de elementos nutritivos y aumentar el contenido de materia orgánica de éstos (Pizarro y Valdés, 2001).

Uno de los sistemas de compostaje son las Pilas de Aireación Forzada, el cual es el que será utilizado por la empresa en estudio, este método garantiza calidad sanitaria ya que con la temperatura alcanzada, mueren todos los patógenos, tales como los coliformes fecales, escherichia colli, salmonella, entero virus, entre otros, además garantiza la velocidad de la compostación y permite llevar un mejor control sobre las variables que intervienen en el proceso, tales como la temperatura, humedad y contenido de oxígeno en las pilas, además de los potenciales impactos, especialmente en el control de los olores indeseables. Esta aireación se obtiene gracias a redes de tubos perforados, que inyectan o succionan aire a través de la columna de material previamente mezclado y humidificado. En la etapa primaria de compostaje, también conocida como etapa de higienización, el material es sometido a un proceso de ventilación forzada permanente, proceso durante el cual las temperaturas al interior de las pilas alcanzan sus máximos que oscilan entre los 60° y 75°C, con lo cual mueren todos los organismos patógenos. El material ya compostado se carga en camiones tolva que lo transportan al proceso de harneo, donde se separa el sobretamaño mayor a 1/2" que es reincorporado a la mezcla. Posteriormente el material se lleva al proceso

de maduración donde se vuelve a someter a aireación forzada, para finalmente ser depositado en la zona de acopio de producto terminado, donde está listo para ser comercializado. En el proceso de maduración se inyecta aire a la pila de modo de lograr estabilizar el producto, con una baja significativa de la temperatura que suele oscilar entre los 50° y 40°C, lográndose así una homogeneidad del material en cuanto a tamaño, color, olor y contenido de nutrientes (CONAMA, 2002).

Según un proyecto de compostaje realizado en Indonesia llamado West Java and Jakarta Environmental Management Project, existiría una reducción de 600.000 toneladas anuales de CO<sub>2</sub> equivalente, compostando 100.000 toneladas al año de residuos que antes eran dispuestos en un relleno sanitario. Esto significa que por cada tonelada de residuos compostados se reducen 6 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (GEF, 2004).

Un proyecto presentado al MDL de Bangladesh por las empresas Waste Concern y la empresa World Wide Recycling estima sobre la base de investigaciones y cálculos que la realización del proyecto de compostaje reduce 155.551 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en un período de 7 años (UNFCC, 2004)

### Rellenos sanitarios

Actualmente, existen operativos en la Región Metropolitana los rellenos sanitarios Loma Los Colorados, Santa Marta y Santiago Poniente. Loma Los Colorados, opera desde junio de 1996 y tiene una vida útil de alrededor de 50 años, dependiendo del volumen de residuos ingresados, este relleno está desarrollado en 600 hectáreas, de las cuales 210 corresponden a la zona de disposición final de los residuos, actualmente está diseñado para recibir mensualmente alrededor de 150 mil toneladas de residuos. El relleno Santa. Marta comenzó a operar a fines de abril del 2002, está diseñado para recibir mensualmente un

máximo de 60 mil toneladas de residuos o asimilados, comprende un total de 296 hectáreas y su operación está proyectada a 20 años plazo. El relleno sanitario Santiago Poniente comenzó a operar a principios de octubre del 2002, cuenta con una superficie impermeabilizada de alrededor de 35.000 m<sup>2</sup> correspondientes a la zona de depósitos de residuos de una superficie total de 57.300 m<sup>2</sup>, está diseñado para recibir 40 mil toneladas mensuales de residuos domiciliarios y asimilables a domiciliarios (SESMA, 2004).

En los rellenos sanitarios, los componentes de la basura se degradan anaeróbicamente a diferentes tasas. Por ejemplo, los alimentos se descomponen más rápido que los productos de papel. Aunque el cuero, la goma y algunos plásticos también son materias orgánicas, usualmente se resisten a la biodegradación. Algunos materiales lignocelulósicos, plásticos, textiles y otras materias orgánicas son muy resistentes a la descomposición vía organismos anaeróbicos (Bitrán & Asociados, 2003).

En los rellenos sanitarios, las bacterias anaerobias descomponen la fracción orgánica degradable de la basura sólida. En esta fase anaeróbica, el gas del relleno sanitario se compone principalmente de CH<sub>4</sub> (56-65%) y CO<sub>2</sub> (31-41%). La generación y emisión de gas son determinadas por varios factores específicos del relleno sanitario, entre los cuales están la profundidad del relleno, el manejo del sitio, la edad del relleno sanitario y la presencia y operación de los sistemas de la colección del gas (Hendriks y Jager, 1999).

Contrariamente a lo que ocurre en los rellenos sanitarios, en los sistemas de compostaje se utiliza un proceso aeróbico, por lo que la producción de CH<sub>4</sub> es mínima, contribuyendo así a evitar la producción de este gas de efecto invernadero.

Existen distintos modelos para estimar las emisiones de gases generados por un relleno sanitario, que se diferencian uno de otros por los datos que requieren sobre las condiciones de éste. A continuación se describen algunos de estos modelos.

Modelo de Palos Verdes: Este modelo fue desarrollado en Estados Unidos y consta de dos etapas: en la primera se considera que la tasa de producción de CH<sub>4</sub> es creciente en forma exponencial con el tiempo, mientras que en la segunda, la tasa de producción es inversa con respecto al tiempo. Los parámetros utilizados en este modelo son: L<sub>0</sub> (m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> por tonelada de basura) y k (constante de generación de CH<sub>4</sub>), ambos parámetros son específicos para los distintos tipos de residuos, clasificados en residuos de rápida, moderada y lenta degradación. (Vergara, 2002).

*Default method:* Este modelo es uno de los propuestos en la Guía del IPCC para el inventario de emisiones de nacionales de GEI, el cual asume que las emisiones de CH<sub>4</sub> son producidas a partir del año en que los residuos son dispuestos en el relleno sanitario, utiliza constantes empíricas, como el factor de la corrección del CH<sub>4</sub> y la fracción de carbono orgánico degradable contenida en los residuos orgánicos para los cuales existen valores estimativos para cada país.

Modelo de Degradación de Primer Orden: Este modelo fue elaborado por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos (EPA) y puede ser usado para contabilizar el cambio en la tasa de generación de biogás de acuerdo a la vida útil del relleno sanitario. Este modelo de degradación o modelo triangular, llamado así puesto que considera un máximo de producción de biogás antes de descender en la curva, requiere conocer las características del relleno y proveerá mejores estimaciones mientras mejor sea la información disponible. (SUNIL, 2004)

El modelo de la EPA fue diseñado para analizar las oportunidades de instalar un sistema de recuperación de biogás de rellenos sanitarios y requiere del conocimiento de al menos las siguientes 5 variables:

- Promedio anual de recepción de basura
- Número de años que el relleno lleva abierto
- Número de años que el relleno lleva cerrado, sin recibir basura, si corresponde

- Potencial de generación de CH<sub>4</sub> de la basura
- Tasa de generación anual de CH<sub>4</sub> de la basura.

Con la revisión de estas metodologías para la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub> de rellenos sanitarios y la consulta a profesionales expertos en el área se concluyó que la metodología de la EPA es la más adecuada.

## MATERIALES Y MÉTODO

Los objetivos de este estudio se lograron a partir del análisis de las actividades de disposición de la basura en el relleno sanitario Loma Los Colorados y en las actividades realizadas por un sistema de compostaje.

Los datos referentes al proyecto de compostaje, fueron brindados por una empresa reconocida en la actividad de compostaje, la cual tiene como proyecto ampliar las instalaciones actuales construyendo una planta de compostaje que estará ubicada en la comuna de Maipú en la provincia de Santiago.

A continuación se indican los materiales y métodos ocupados para el cumplimiento de los objetivos específicos:

Objetivo 1: Estimar las emisiones de línea base de la situación sin proyecto (relleno sanitario) y de la actividad del proyecto (sistema de compostaje).

En base a la revisión bibliográfica y consultas a profesionales expertos en el área, se seleccionó el método para el cálculo de emisiones. A partir de esto se desarrolló la metodología a utilizar, adecuándola al tipo de proyecto estudiado y sentando las bases para una metodología utilizable para el MDL.

Para el logro de este objetivo se estimaron:

a) Las emisiones de GEI generadas a partir de la disposición de la basura en un relleno sanitario (línea base) y las emisiones de esta disposición considerando una disminución en la recepción de la basura debido a la utilización de la materia prima en el sistema de compostaje.

b) Las emisiones de GEI de la actividad de compost.

La eventual reducción de emisiones, entonces se calculó con la operación matemática:

[Emisiones relleno - (emisiones relleno sin la materia prima + emisiones compost)]

Objetivo 2: Identificar los factores de riesgos inherentes al proyecto, los factores de riesgos relacionados con la línea base y los factores de riesgos de precio.

A través de recopilación de información en terreno, revisión bibliográfica y estudios de casos similares a nivel internacional, se identificaron los factores de riesgos del proyecto, los cuales están relacionados con la titularidad de los bonos, el riesgo país, las condiciones de oferta y demanda del compost y la línea base, considerando los cambios potenciales en la legislación, tales que permitan identificar si los supuestos se mantendrán válidos. Por último se identificaron los factores de riesgo relacionado con el precio, el cual refleja el precio esperado de los certificados de reducción.

Objetivo 3: Determinar la adicionalidad del proyecto de compostaje y el escenario de línea base.

Los conceptos de adicionalidad y línea base del proyecto son conceptos integrales de proyectos MDL. Un proyecto se considera adicional si no es un curso probable de acción y

por lo tanto es diferente del escenario de la línea de base. Se evaluó la condición de adicionalidad del proyecto y se identificó el escenario de línea base según criterios del MDL. Para la línea base se argumentó por qué las reducciones de emisiones son reales, medibles y son producidas a largo plazo. Esto se realizó mediante revisión bibliográfica, recopilación de información en terreno y estudio de proyectos similares presentados en la Junta Ejecutiva del MDL.

Objetivo 4: Efectuar un análisis económico preliminar de una planta de compostaje con el financiamiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) por la venta de los certificados de reducción (CER).

Para el desarrollo de este objetivo se realizó un análisis económico preliminar, considerando las alternativas con y sin los ingresos y costos que implicaría desarrollar el proyecto MDL. Los ingresos y costos considerados en el desarrollo del proyecto fueron:

- Ingresos
  - Venta de compost.
  - Recepción de los residuos
  - Venta de los certificados de reducción.
- Costos
  - Costos de inversión (infraestructura, tecnología, ingreso al MDL)
  - Costos operacionales del proyecto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Estimación de las emisiones

#### Emisiones de Línea base:

La descomposición bacteriana de la basura en rellenos sanitarios tiene dos fases: una aeróbica y otra anaeróbica. En la primera fase las bacterias aeróbicas consumen el oxígeno mientras rompen las largas cadenas moleculares de carbohidratos complejos, proteínas y lípidos que componen la basura orgánica. El primer subproducto de este proceso es el CO<sub>2</sub>. Esta fase continúa hasta que se agota el oxígeno disponible, pudiendo durar entonces desde días a meses (Tchobanoglous, 1997). La reacción que ocurre en esta fase aeróbica se puede graficar de la siguiente manera:



Los residuos biodegradables de la basura tales como restos de plantas, alimentos, papel, cartón y restos de podas contienen carbono absorbido de la atmósfera por el proceso de fotosíntesis. Los procesos de descomposición que se dan en un relleno sanitario liberan parte de ese carbono en forma de CO<sub>2</sub> como componente del biogás, otra parte se queda en el relleno en forma de compost (sustancias húmedas estables que pueden secuestrar carbono

por cientos de años) y en la madera cuya degradación se ve inhibida por las condiciones anaeróbicas (Smith, et al, 2001).

En la fase anaeróbica, las bacterias productoras de CH<sub>4</sub> comienzan a degradar la materia orgánica en ausencia de oxígeno. La reacción química general de descomposición anaerobia se grafica de la siguiente manera:



En las etapas aeróbica y anaeróbica se emite CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> que constituyen los compuestos principales del biogás y son considerados GEI. El CH<sub>4</sub> se transforma a CO<sub>2</sub> mediante la combustión. También parte del CO<sub>2</sub> del biogás se fuga por la incapacidad de recolectarlo todo, debido a que técnicamente el sello del relleno no es perfecto. Todo este carbono liberado no se considera como adiciones de GEI a la atmósfera puesto que es parte del ciclo natural de la descomposición de la basura (Smith, et al, 2001).

Por lo tanto, las emisiones de CO<sub>2</sub> en la etapa aeróbica y anaeróbica, no son consideradas en la estimación de emisiones de la línea base, ya que corresponden a emisiones que se producirían de igual forma por la degradación natural de la materia orgánica.

Las metodologías presentadas al Panel de Metodologías (*Meth Panel*) de la Convención Marco de Cambio Climático (CMCC), incluyen las emisiones de todos los gases y categorías de fuentes listadas en el Anexo A del Protocolo de Kioto. Para este estudio, el gas estimado es el CH<sub>4</sub> y la fuente se enmarca en el área de residuos, específicamente en la eliminación de desechos sólidos en la tierra.

Con el fin de lograr la más adecuada selección de modelos matemáticos para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub>, se consideró una revisión bibliográfica y lo aplicable de los distintos

modelos a las condiciones estudiadas y al contexto nacional, para validarlo con la opinión de expertos profesionales que se desarrollan en el área de proyectos MDL.

El modelo recomendado por la EPA es el más utilizado en el cálculo de emisiones de rellenos sanitarios y permite obtener valores confiables cuando se conocen las variables particulares de cada relleno.<sup>1</sup>

Otra de las razones por las cuales se optó por esta metodología, es que ella fue utilizada en el proyecto “*Salvador da Bahia Landfill Gas Project*”, el cual estima emisiones generadas del relleno sanitario. Esta metodología fue aprobada por el “*Meth Panel*” (UNFCCC, 2004b).

A continuación, se presentan cálculos que ilustran el potencial de emisiones de un relleno sanitario en particular donde los resultados representan estimaciones teóricas de producción de biogás.

El modelo de degradación de primer orden de la EPA es:

$$Q \text{ biogás} = 2 \cdot L_0 \cdot R \cdot (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

- Q biogás : Total de biogás generado en el año corriente (m<sup>3</sup>/año)  
 L<sub>0</sub> : Potencial total de generación de CH<sub>4</sub> de la basura (m<sup>3</sup>/t)  
 R : Recepción de basura anual durante la vida activa (t/año)  
 k : Tasa anual de generación de CH<sub>4</sub> (1/año)  
 t : Años desde que se abrió el relleno (años)  
 c : Años desde que se cerró el relleno (años)

---

<sup>1</sup>Sebastián Valdés, Investigador asociado del Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), Universidad de Chile, Abril 2004, Santiago, Chile (Comunicación personal).

Los supuestos utilizados en el modelo fueron los siguientes:

1. Para el cálculo de la estimación se escogió el relleno sanitario Loma Los Colorados, ya que los residuos a compostar son generados en las comunas que disponen actualmente en este relleno. Se asume que los residuos utilizados en la planta de compost, eran antes dispuestos en Loma Los Colorados, por lo que la reducción de emisiones está asociada a este relleno en particular.
2. El segundo supuesto utilizado es que la mitad del biogás del relleno sanitario Loma Los Colorados está constituido por  $\text{CH}_4$ , según estimaciones conservadoras, por lo que el modelo fue utilizado omitiendo el factor 2 en la fórmula mencionada en la ecuación 1 (Ec. 1) (Vergara, 2002).
3. Para el cálculo de la captación de biogás se consideraron dos escenarios. En el primero se utilizó un valor conservador de 50% de captación o quemado del  $\text{CH}_4$ , según estimaciones de Vergara (2002). En el segundo escenario, se consideró un valor del 25%, considerando un estudio elaborado por Bitrán & Asociados 2003, el cual sugiere que el porcentaje de captación o quemado no alcanzaría niveles mayores al 25% y el resto se ventilaría a la atmósfera. En ambos casos la diferencia del porcentaje representa las emisiones que no son capturadas y por lo tanto emitidas a la atmósfera, considerando la eficiencia de recolección del gas en el porcentaje de captación. En este relleno, los pozos de captación de biogás, se van construyendo a medida que comienza a vertirse la basura en cada sector y la eficiencia de captación de estos pozos depende en parte de la separación de éstos, de condiciones meteorológicas, de la permeabilidad de la tierra de cobertura, del nivel del agua y de los lixiviados (Vergara, 2002).
4. El potencial de generación de  $\text{CH}_4$ ,  $L_0$ , representa la cantidad total de  $\text{m}^3$  de  $\text{CH}_4$  por peso (toneladas) que la basura generaría durante su proceso de descomposición en un relleno sanitario, este parámetro varía mucho de acuerdo a las características de cada

relleno, la humedad y la composición de la basura recibida. El valor utilizado en el cálculo del estudio elaborado por Britán & Asociados fue de 179,79 m<sup>3</sup>/t. Por otro lado, existen estimaciones efectuadas por MGM Internacional<sup>2</sup>, donde el valor utilizado fue de 70 m<sup>3</sup>/t. Para el desarrollo de esta memoria fueron considerados ambos escenarios, considerando el mejor y el peor escenario respectivamente, en el cual se puede desarrollar el proyecto. Como el valor de L<sub>0</sub> representa la cantidad total de m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> por tonelada de basura, se ponderó para cada tipo de residuo (rápida degradación y lenta degradación) según los porcentajes totales definidos en el Cuadro 2.

5. La constante de degradación, k, representa la tasa a la cual el CH<sub>4</sub> es liberado por cada tonelada de basura, en el período de un año. Los valores de este factor varían dependiendo del tipo de clima bajo el que se encuentra el relleno, mientras más seco es el clima, menor es el valor de k, el cual va aumentando con la humedad. El valor que se utilizó en este análisis fue de 0,075 (1/año), representativo para el relleno sanitario Loma Los Colorados (Bitrán & Asociados, 2003).
6. Para el parámetro c, se consideró un valor de 0 hasta el año 2016, que es el año de cierre proyectado del relleno sanitario Loma Los Colorados.
7. El parámetro R representa la recepción de basura anual durante la vida activa de relleno sanitario (t/año). Estos valores están disponibles a partir del año 2001, con datos entregados formalmente al SESMA. Para el resto de los años, se consideró un aumento de la recepción de los residuos de un 5% que es el crecimiento proyectado por CONAMA (CONAMA, 2004c). Para obtener una estimación más aproximada a la realidad, se estimó el parámetro R como una sumatoria de tres tipos de residuos, clasificados de acuerdo a la degradabilidad de éstos (rápida, lenta degradación y no degradable). Los materiales presentes en los residuos sólidos se clasifican en dos

---

<sup>2</sup>Ana Luisa Vergara, especialista en gases de rellenos sanitarios, MGM Internacional, Abril 2004, Santiago, Chile (Comunicación personal).

grupos, aquellos que se descomponen rápidamente (tres meses a cinco años) y aquellos que se descomponen lentamente (hasta 50 años o más). Existen a su vez, clasificaciones para materiales intermedios que se descomponen en un tiempo moderado, y un grupo de residuos considerados como no degradables (Tchobanoglous, 1997). Para clasificar según su degradabilidad los residuos característicos de la Región Metropolitana, se utilizaron las clasificaciones descritas en el Cuadro 1. Posteriormente, a partir de la clasificación de los residuos y el porcentaje de la composición de los RSD en la Región Metropolitana correspondiente al año 2000, se clasificaron según su degradabilidad, obteniendo una estimación de los porcentajes totales correspondientes a cada clasificación de residuos representada en el Cuadro 2.

Cuadro 1 : Constituyentes Orgánicos de rápida y lenta degradación en los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD)

Componentes de RSD		Rápida degradación (3 meses-5 años)	Lenta degradación (50 o más años)	No degradable
Residuos de comida		Si	-	-
Periódicos, papel de oficina		Si	-	-
Cartón		Si	-	-
Residuos de jardín	Hojas y recortes de pasto	Si	-	-
	Porciones leñosas	-	Si	-
Plásticos		-	-	Si
Textiles		-	Si	-
Goma		-	Si	-
Cuero		-	Si	-
Madera		-	Si	-
Orgánicos misceláneos		-	Si	-

Fuente: Tchobanoglous, 1997

Cuadro 2 : Composición y Clasificación de los RSD en la Región Metropolitana, según su degradabilidad.

Componente	(%)	Rápida degradación (3 meses-5 años)	Lenta degradación (50 o más años)	No degradable	(%) Total
Materia orgánica	42,29	Si			64,1
Papel y cartón	21,85	Si			
Textiles	5,04		Si		12,1
Huesos	0,54		Si		
Otros	6,54		Si		
Escorias, cenizas y lozas	5,07			Si	23,8
Plásticos	14,09			Si	
Metales	2,46			Si	
Vidrios	2,2			Si	

Fuente: Elaboración propia, en base a información obtenida en Empresa Metropolitana de Residuos Sólidos

Se observa que del total de los residuos sólidos generados por la Región Metropolitana, los residuos de rápida degradación constituyen un 64,1 %, los residuos de lenta degradación representan el 12,1 % mientras que para los residuos no degradables el porcentaje estimado es de 23,8 %.

Otros datos utilizados en el modelo son la densidad del CH<sub>4</sub> que presenta un valor de 0,6498 kg/m<sup>3</sup>, el año de inicio de operación del relleno (correspondiente a 1996) y el potencial de calentamiento global del CH<sub>4</sub> que tiene un valor de 21, según el IPCC. Este último parámetro es utilizado para obtener el resultado final en unidades de carbono equivalente.

Los resultados de este modelo, tanto de las emisiones del relleno sanitario en el escenario de línea base, como de las emisiones del relleno sanitario con el proyecto de compost, se estimaron en los siguientes escenarios:

- Escenario 1 :  $L_0$  :70 ( $m^3/t$ ) ; Captación o quemado 50 %
- Escenario 2 :  $L_0$ : 179,79 ( $m^3/t$ ) ; Captación o quemado 50 %
- Escenario 3 :  $L_0$ : 70 ( $m^3/t$ ) ; Captación o quemado 25 %
- Escenario 4 :  $L_0$ : 179,79 ( $m^3/t$ ) ; Captación o quemado 25 %

Una vez estimadas las emisiones del relleno sanitario para los distintos escenarios de la situación sin proyecto, se aplicó nuevamente el modelo, considerando ahora, un volumen menor de disposición en el relleno, debido a la reducción de materia prima con la ejecución del proyecto de compostaje. Para el año 2005, se restó el total de residuos utilizados como materia prima en el compost (detallado en el Cuadro 3) al total de los residuos dispuestos ese año en el relleno sanitario, considerando la clasificación según su degradabilidad. Para los años siguientes, se consideró que las cantidades de compost corresponden al 10% de la basura dispuesta en el relleno sanitario.

Con estos datos de los residuos compostados durante el periodo estudiado, se obtuvieron las emisiones del relleno sanitario sin los residuos correspondientes a la materia prima utilizada para elaborar el compost.

Cuadro 3 Tipos y cantidades de residuos para suministrar al proyecto planta de compostaje.

Tipo de Residuo	Cantidad (m <sup>3</sup> /mes)	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	Cantidad (t/mes)	Cantidad (t/año)
Ramas de Podas	3.000	0,125	375	4.500
Guano de Caballos	3.000	0,40	1.200	14.400
Frutas y Verduras	3.000	0,80	2.400	28.800
Maderas-Aserrín	3.000	0,25	750	9.000
Lodos Orgánicos	3.000	1,02	3.060	36.720
Fibra de Papel	4.000	0,99	3.960	47.520
Lodos Sanitarios	6.000	1,02	6.120	73.440
TOTAL	25.000		17.865	214.380

Fuente: Agroindustrial Pullihue, 2004

Las materias primas que se utilizarán en este proyecto para la elaboración de compost descritas en el Cuadro 3 se detallan a continuación:

- Residuos vegetales de podas, desmalezamientos, corte de pasto, en un volumen aproximado de 3.000 m<sup>3</sup>/mes. Las ramas se obtienen de podas municipales, las que se reducen con chipeadora y se utilizan como agente abultador para dar a la mezcla la porosidad necesaria para la circulación de aire.
- Guano de Caballo, consiste en una mezcla de guano equino y cama de pesebrera formada por viruta y paja de trigo, en un volumen aproximado de 3.000 m<sup>3</sup>/mes, el que se obtiene de criaderos de caballos y clubes ecuestres.
- Excedentes de frutas y verduras, en un volumen aproximado de 3.000 m<sup>3</sup>/mes. Las frutas y verduras se obtienen de excedentes de agroindustrias, ferias libres y centrales de abastecimiento de verduras y frutas, entre otras.

- Madera y Aserrín, en un volumen aproximado de 3.000 m<sup>3</sup>/mes, obtenido de barracas de maderas y fábricas de muebles y productos de madera.
- Lodos Industriales Orgánicos son lodos orgánicos provenientes de plantas de tratamiento de riles de empresa de alimentos, lácteas, supermercados, casinos y procesadoras de frutas y hortalizas, en un volumen aproximado de 3.000 m<sup>3</sup>/mes.
- Fibra de Papel, en un volumen aproximado de 4.000 m<sup>3</sup>/mes, consiste en la fibra de papel de descarte de plantas papeleras, que por su tamaño no es posible volver a reciclar para la producción de papel.
- Lodos Sanitarios de Tratamiento de Aguas Servidas, se trata de lodos sanitarios con tratamiento secundario provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas, en un volumen aproximado de 6.000 m<sup>3</sup>/mes.

Las emisiones estimadas fueron calculadas para residuos clasificados en rápida y lenta degradación, por lo que el porcentaje de residuos que no se degrada no fue considerado. En el año correspondiente al inicio del proyecto (2005) y en los siguientes, existe una disminución en la cantidad de residuos recibidos por el Relleno Sanitario y por lo tanto una disminución en las emisiones, ya que el proyecto de compostaje utiliza una parte de éste como materia prima.

A continuación, en el Cuadro 4, se presenta el resumen de las estimaciones de emisiones en los distintos escenarios, el detalle de estos resultados se encuentra en el Apéndice I:

Cuadro 4 : Resumen emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (línea base) en los distintos escenarios

Año (t)	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
1996	0	0	0	0
1997	28.480	73.149	42.720	109.724
1998	57.648	148.064	86.471	222.095
1999	87.556	224.880	131.333	337.321
2000	118.260	303.742	177.390	455.613
2001	149.818	384.798	224.728	577.197
2002	213.086	547.297	319.630	820.946
2003	228.434	586.716	342.651	880.075
2004	264.957	680.522	397.435	1.020.783
2005	302.656	777.350	453.984	1.166.025
2006	341.608	877.395	512.412	1.316.093
2007	381.891	980.860	572.837	1.471.290
2008	423.588	1.087.956	635.382	1.631.934
2009	466.785	1.198.905	700.178	1.798.358
2010	511.573	1.313.939	767.359	1.970.908
2011	558.045	1.433.299	837.068	2.149.948
2012	606.300	1.557.239	909.450	2.335.858
2013	656.442	1.686.024	984.662	2.529.035
2014	708.577	1.819.930	1.062.866	2.729.895
2015	762.820	1.959.249	1.144.230	2.938.873
2016	819.288	2.104.283	1.228.932	3.156.425
<b>PROMEDIO</b>	<b>366.086</b>	<b>940.267</b>	<b>549.129</b>	<b>1.410.400</b>

La estimación de las emisiones del relleno sanitario, considerando el desarrollo del proyecto de compostaje, reduce las toneladas anuales descritas en el valor R, con este valor se calcularon los mismos escenarios descritos anteriormente. Los resultados se presentan en detalle en el Apéndice I y el resumen de cada uno de los escenarios en el Cuadro 5.

Cuadro 5 : Resumen emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (situación con proyecto)  
en los distintos escenarios

<b>Año (t)</b>	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Escenario 3</b>	<b>Escenario 4</b>
1996	0	0	0	0
1997	28.480	73.149	42.720	109.724
1998	57.648	148.064	86.471	222.095
1999	87.556	224.880	131.333	337.321
2000	118.260	303.742	177.390	455.613
2001	149.818	384.798	224.728	577.197
2002	213.086	547.297	319.630	820.946
2003	228.434	586.716	342.651	880.075
2004	264.957	680.522	397.435	1.020.783
2005	274.591	705.268	411.887	1.057.902
2006	307.447	789.656	461.171	1.184.484
2007	343.702	882.774	515.553	1.324.161
2008	381.229	979.160	571.844	1.468.740
2009	420.107	1.079.015	630.160	1.618.522
2010	460.416	1.182.545	690.624	1.773.817
2011	502.241	1.289.969	753.361	1.934.953
2012	545.670	1.401.515	818.505	2.102.272
2013	590.797	1.517.421	886.196	2.276.132
2014	637.720	1.637.937	956.579	2.456.906
2015	686.538	1.763.324	1.029.807	2.644.986
2016	737.359	1.893.855	1.106.039	2.840.782
<b>Promedio</b>	<b>335.050</b>	<b>860.553</b>	<b>502.575</b>	<b>1.290.829</b>

Realizando una comparación de los promedios de emisiones del relleno sanitario de la línea base, y de los promedios de las emisiones del relleno sanitario con la ejecución del proyecto se obtiene los siguientes valores promedio:

Cuadro 6 : Comparación de emisiones promedio de línea base y de situación con proyecto

Escenarios	Emisiones promedio de Línea Base (Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente anual)	Emisiones promedio de la situación con proyecto (Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente anual)
Escenario 1:	366.086	335.050
Escenario 2:	940.267	860.553
Escenario 3:	549.129	502.575
Escenario 4:	1.410.400	1.290.829

En los 4 escenarios estudiados, la disminución de emisiones, sin considerar las emisiones propias del compost alcanza el 8,48% con respecto a la línea base.

Emisiones de la planta de compostaje:

La actividad de compostaje permite reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> de los rellenos al permitir que se extraigan de éstos los residuos orgánicos que, de otro modo, producirían CH<sub>4</sub>. La reacción química de descomposición aeróbica que se genera en un proceso de compostaje, se ilustra de la siguiente manera:



El sistema de compostaje seleccionado en el proyecto en estudio consiste en producir una aireación forzada en las pilas, para acelerar el proceso de descomposición biológico, de manera de obtener un producto final en sesenta días sin que se produzcan condiciones anaeróbicas al interior de las pilas evitando así la generación de CH<sub>4</sub>. La ventilación forzada oxigena en forma continua las pilas y acelera la degradación del material orgánico, luego de lo cual se captan los gases gracias a un sistema de succión de aires de escape y se

conducen a un tratamiento posterior en filtros biológicos que tratan los malos olores a la atmósfera.

En el inventario de emisiones de Canadá (1997) (UNFCCC, 2004c) y en estudios del compost efectuados por Hoornweg, et al (1999), para el Banco Mundial, se afirma que las emisiones provenientes del compost se excluyen al momento de cuantificar los GEI, puesto que son parte del ciclo natural de la descomposición de la basura. Por lo tanto, como el CO<sub>2</sub> se produce por degradación de la materia orgánica en condiciones aeróbicas, no fue considerado en la cuantificación de emisiones de GEI.

Después que el compost es producido y aplicado en el suelo, éste continua degradándose, emitiendo más CO<sub>2</sub> y formando componentes húmicos que se mineralizan mucho más lento que la materia orgánica originalmente aplicada en el compost (Smith, et al, 2001). La emisión de estos gases, tampoco es considerada en el cálculo, por tratarse de emisiones que son parte del ciclo del carbono.

La utilización del compost en los suelos desplaza a los fertilizantes sintéticos comúnmente usados. La reducción de estas emisiones desplazadas por el reemplazo del producto, no fue incluida en este estudio.

Las condiciones en las cuales se elaborará el compost aseguran que el proceso se hará aeróbicamente, por lo que no se estiman emisiones de CH<sub>4</sub> ni de N<sub>2</sub>O, las cuales pueden generarse en procesos de compostaje que no poseen una ventilación adecuada para asegurar un proceso totalmente aeróbico.

En esta estimación es necesario también considerar las emisiones propias del proyecto de compostaje, las que son cuantificables y atribuibles a la actividad de proyecto MDL.

Las actividades de producción de compost están relacionadas con la maquinaria utilizada y el sistema empleado para la elaboración del producto. El trabajo mecanizado de las faenas de chipeo de ramas, mezclado, humidificación, armado de pilas de compostación, harneado y despacho se hace con la ayuda de cargadores frontales, una chipeadora industrial, una retroexcavadora, camiones internos, un harnero tipo tromell especialmente acondicionado para este tipo de material y ventiladores para la ventilación forzada.

En la Figura 2, se presenta un esquema que representa las emisiones en las situaciones con y sin proyecto.

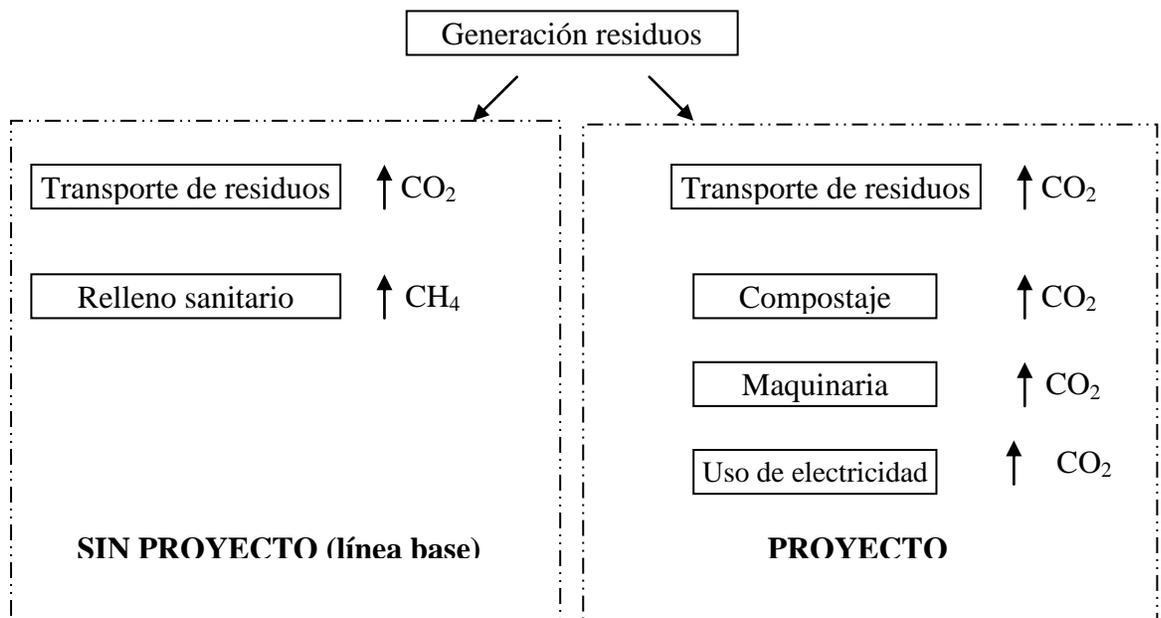


Figura 2: Emisiones en situación sin proyecto (línea base) y con proyecto de compostaje

Las emisiones están representadas por la maquinaria utilizada en la producción de compost, los datos utilizados para calcular estas emisiones se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7 :Maquinaria móvil utilizada en la planta de compostaje.

Equipos	Consumo (litros/mes)	Rendimiento (Km/litro)	Función
Retroexcavadora	350	3,8	Agitación de materia prima y alimentación de Chipeadora
Chipeadora 180 HP	500	5,34	Chipear restos de madera para lograr el calibre requerido
Cargador frontal	600	13,81	Transporte interno de compost
Mini cargador	300	3,66	Transporte interno de compost
Camión Interno	400	2,74	Transporte interno de compost

Fuente: Elaboración propia, información obtenida de empresa en estudio.

Según el inventario de gases del IPCC, los factores estimados de emisión representativos para los vehículos utilizados en la actividad de compostaje son de 1.097 (g/km) para el CO<sub>2</sub>, de 0,06 (g/km) para el caso del CH<sub>4</sub> y de 0,031 (g/km) para el N<sub>2</sub>O.

La emisión producida por la maquinaria móvil de la actividad de compostaje se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión (t/año): } [\text{factor emisión (g/km)} \cdot \text{Consumo (l/mes)} \cdot \text{Rendimiento (km/l)} \cdot 12] / 10^6$$

Los potenciales de calentamiento global utilizados son:

- CO<sub>2</sub> : 1.
- CH<sub>4</sub> : 21.
- N<sub>2</sub>O : 310.

Se asume que los rendimientos de las maquinarias y el consumo de combustibles se mantendrán constantes durante el periodo estimado. Además, se utilizó un promedio de

rendimiento y un promedio en el consumo de combustible por cada maquinaria. Los resultados de las emisiones se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 8 : Emisiones de GEI de la maquinaria utilizada en el proceso de compostaje

Equipos móviles	Emisión CO <sub>2</sub> (t/año)	Emisión CH <sub>4</sub> (t/año)	Emisión N <sub>2</sub> O (t/año)	Emisiones (t CO <sub>2</sub> eq/año)
Retroexcavadora	17,5	0,001	0,0005	17,68
Chipeadora 180 HP	35,1	0,002	0,0010	35,50
Cargador frontal	109,1	0,006	0,0031	110,16
Mini cargador (babcat)	14,5	0,001	0,0004	14,60
Camión Interno	14,4	0,001	0,0004	14,57
<b>Total</b>	<b>190,6</b>	<b>0,010</b>	<b>0,0054</b>	<b>192,50</b>

El total de emisiones de la maquinaria utilizada es de 192,5 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes al año, la que se obtiene por la sumatoria de emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O transformada a CO<sub>2</sub> equivalente.

Además de las emisiones provenientes de la maquinaria móvil, se consideraron las emisiones representadas por la maquinaria que utiliza energía eléctrica en la producción de compost, la que fue estimada utilizando diversos supuestos.

El parque generador está constituido en un 60,13% por centrales hidráulicas de embalse y pasada y en un 39,87% por centrales térmicas a carbón, petróleo, diesel y de ciclo combinado a gas natural (CNE, 2004). Por esto, para la estimación de emisiones, se consideraron los factores de emisión del sistema de gas de ciclo combinado. Este escenario es conservador, ya que la tendencia es que la mayor parte de la energía utilizada provenga de alguna de estas fuentes mencionadas.

El factor de emisión de la generación por un sistema de gas natural está representado por el promedio de energía generado de 15,3 tC/TJ (IPCC, 1996b). Considerando además:

1 TJ (terajoule) : 277.778 kilowatt hora  
 1 Tc : 3,66 t Co2 equivalente

Cuadro 9 : Emisiones de GEI de la maquinaria eléctrica utilizada en el proceso de compostaje

Equipos	Función	Consumo eléctrico mensual (Kw)	Consumo eléctrico anual (Kw)	Emisión CO <sub>2</sub> (t/año)
Motobomba	Retiro de líquido desde piscina de líquidos envío para riego de pilas.	5.000	60.000	12,1
Harnero tipo tromell (Motor de 35 HP)	Harneado de compost antes de etapa Maduración			
27 Ventiladores <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 Ventiladores de 5 HP</li> <li>• 5 Ventiladores de 3 HP</li> <li>• 2 Ventiladores de 7.5 HP</li> </ul>	Para pilas de ventilación forzada			

Fuente: Elaboración propia, información obtenida de empresa en estudio.

La cantidad de electricidad consumida, equivale a un total de 12,1 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente al año.

Las emisiones de GEI emitidas durante la construcción de la planta de compostaje no fueron consideradas, ya que no son significativas para el cálculo de reducción de emisiones. El transporte de los residuos hacia la planta de compostaje tampoco fue considerado, ya que se asumió que las emisiones del transporte de los residuos al relleno sanitario son equivalentes.

Finalmente, la suma de las emisiones estimadas de la maquinaria utilizada en la elaboración del compost representa un total de 204,6 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes, clasificadas como emisiones del proyecto de compostaje.

A modo gráfico, se presentan a continuación, las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente anual de la línea base (sin proyecto) y de la situación con el proyecto de compost, en el período de años calculado:

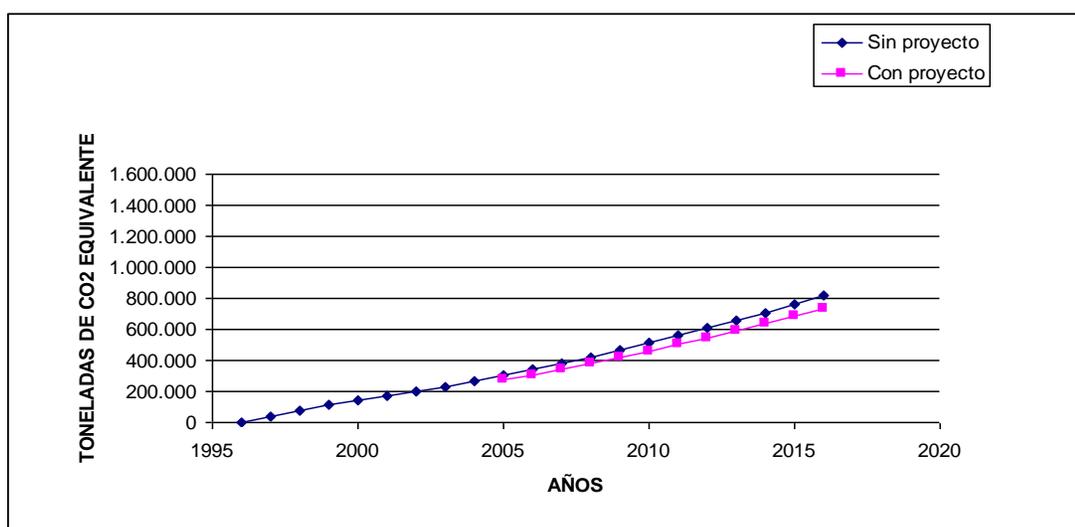


Figura 3: Comparación de emisiones antes y después del proyecto de compostaje (escenario 1)

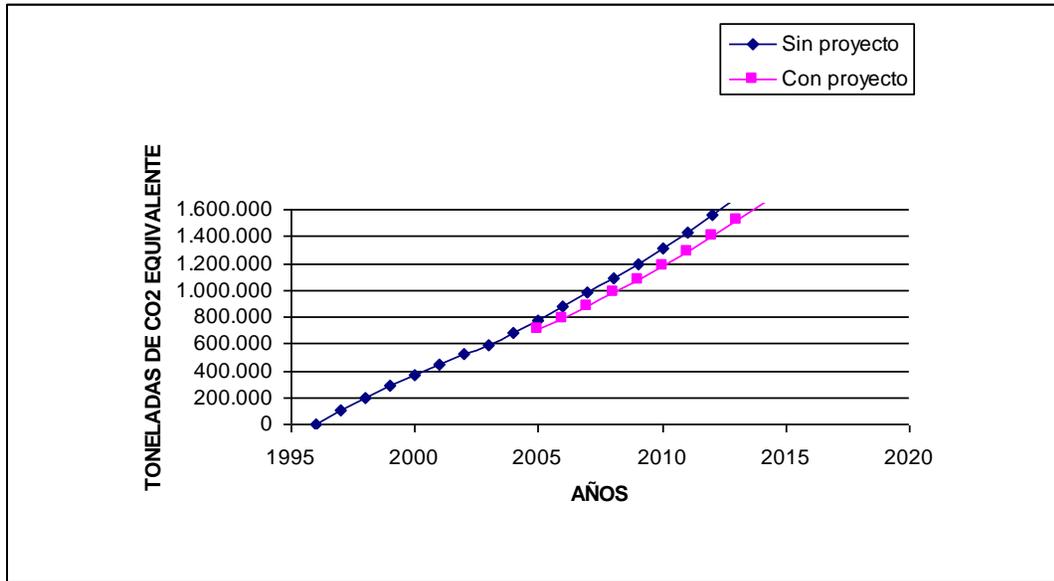


Figura 4: Comparación de emisiones antes y después del proyecto de compostaje (escenario 2)

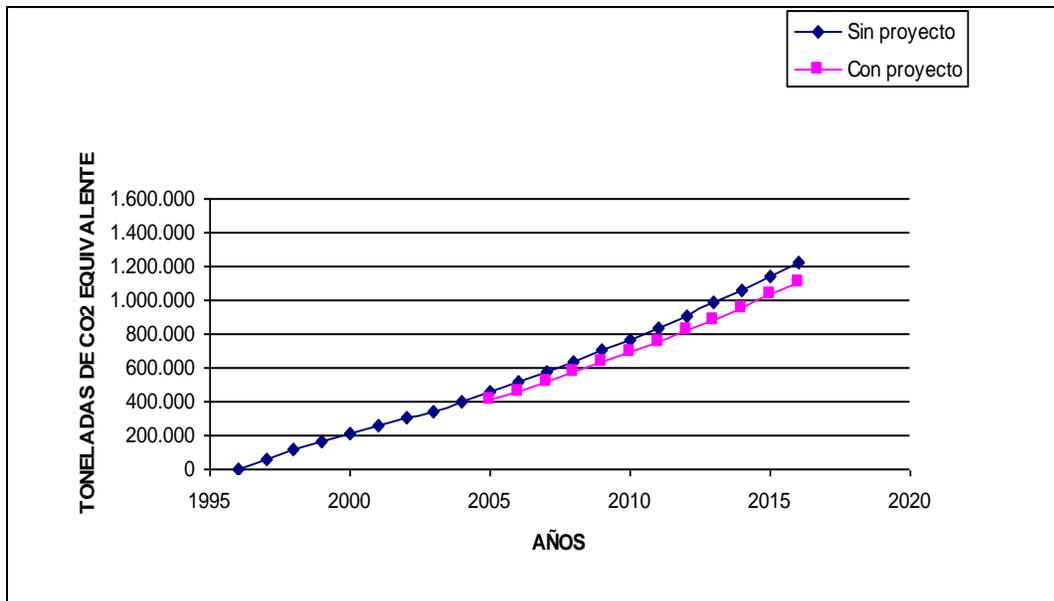


Figura 5: Comparación de emisiones antes y después del proyecto de compostaje (escenario 3)

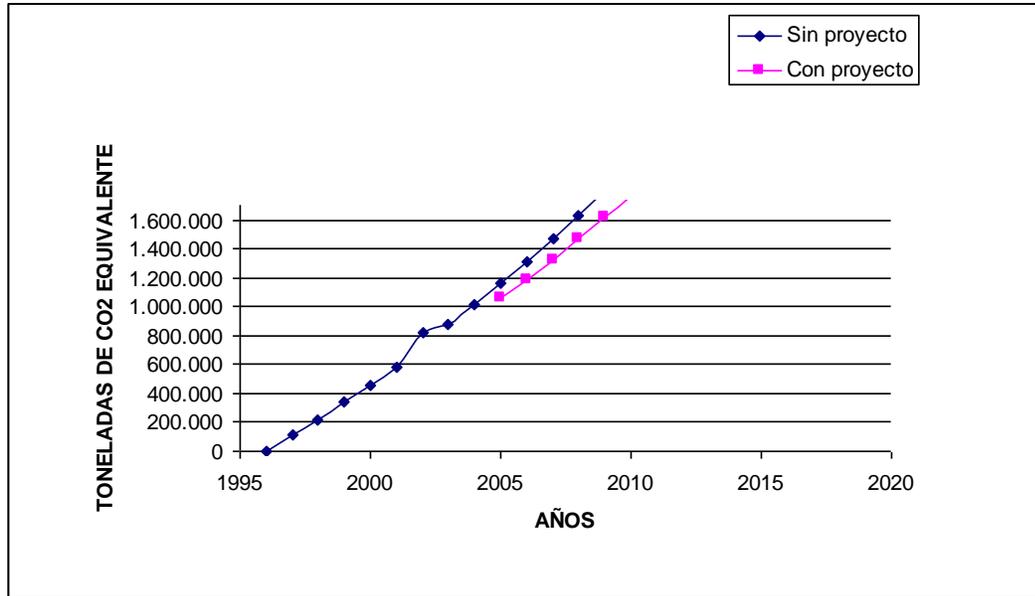


Figura 6: Comparación de emisiones antes y después del proyecto de compostaje (escenario 4)

Reducción de emisiones:

La eventual reducción de emisiones, entonces se calculó con la operación matemática:

**Emisiones relleno - (emisiones relleno sin la materia prima + emisiones compost)**

Los resultados estimados, para cada tipo de escenario se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 10 : Resumen de reducción de emisiones de GEI por compostaje en los distintos escenarios.

<b>Año (t)</b>	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Escenario 3</b>	<b>Escenario 4</b>
1996	-	-	-	-
1997	-	-	-	-
1998	-	-	-	-
1999	-	-	-	-
2000	-	-	-	-
2001	-	-	-	-
2002	-	-	-	-
2003	-	-	-	-
2004	-	-	-	-
2005	27.860	71.878	41.893	107.919
2006	33.956	87.535	51.037	131.405
2007	37.985	97.881	57.079	146.924
2008	42.154	108.591	63.334	162.989
2009	46.474	119.686	69.813	179.631
2010	50.953	131.189	76.531	196.886
2011	55.600	143.125	83.502	214.790
2012	60.425	155.519	90.740	233.381
2013	65.440	168.398	98.262	252.699
2014	70.653	181.788	106.082	272.785
2015	76.077	195.720	114.218	293.683
2016	81.724	210.224	122.689	315.438
<b>Promedio</b>	<b>54.108</b>	<b>139.295</b>	<b>81.265</b>	<b>209.044</b>

Se asume que el proyecto de la planta de compostaje comienza el año 2005, por lo que los años anteriores no se presentan emisiones relativas al proyecto, ni cambios en la línea base.

El promedio de reducción de emisiones en un periodo de 12 años es para cada escenario:

- Escenario 1: 54.108 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes reducidas anualmente.
- Escenario 2: 139.295 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes reducidas anualmente
- Escenario 3: 81.265 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes reducidas anualmente
- Escenario 4: 209.044 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes reducidas anualmente

En el año 2003, en el relleno sanitario Loma Los Colorados se dispuso 2.096.976 toneladas anuales de residuos (SESMA, 2003). La planta de compostaje comenzará su producción utilizando 214.380 toneladas anuales de residuos que corresponde aproximadamente un 10 % de lo que se dispone en el relleno. Para los años siguientes, se considera que los residuos a compostar serán el 10% de las toneladas de residuos dispuestas anualmente en el relleno, con lo que la producción en planta de compost crecerá en conjunto con el porcentaje de recepción de los residuos en el relleno sanitario.

Los resultados de otros estudios, como el proyecto MDL presentado en el *Meth Panel*, correspondiente a una planta de compostaje en la ciudad de Dhaka, en Bangladesh, estima una capacidad máxima de recepción de residuos en 700 t/d, esto es 252.000 t/año. La reducción de emisiones estimada es de 155.551 toneladas en un periodo de 7 años, esto es un promedio anual de 22.221 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Asimismo, el proyecto GEF de Indonesia, estima que por 100.000 toneladas compostadas anualmente, se reducen 600.000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Se deduce que la diferencia en la reducción de emisiones, se debe a que la línea base del relleno sanitario

Loma Los Colorados cumple con regulaciones ambientales más exigentes que las del proyecto de Indonesia.

Existen antecedentes de reducción de emisiones a través de plantas de compostaje que difieren de los resultados de este estudio sobreestimando o subestimando los valores alcanzados, esto podría explicarse por la composición de la basura, por factores climáticos o por los parámetros característicos de cada proyecto.

De los 4 escenarios estudiados, el escenario 4 es el más favorable en la cantidad de reducción de emisiones estimada. Por otro lado, el escenario 1 es el que resultó menos favorable, ya que al considerar un  $L_0$  muy bajo y un porcentaje de captación de biogás muy alto, los resultados de producción de biogás fueron bajos.

## Factores de riesgo

### Factores de riesgo inherentes al proyecto:

Los factores de riesgos inherentes al proyecto, influyen en la estimación de la cantidad de certificados de reducción y el precio final de los créditos obtenidos. El Fondo Prototipo de Carbono (PCF) del Banco Mundial, requiere de una evaluación adecuada e independiente de los riesgos que enfrenta el proyecto propuesto. El riesgo en los proyectos PCF está relacionado con un número de factores, como el riesgo inherente al proyecto, riesgos relacionados con la línea base, la estructura de transacción, y el precio del mercado de los CER. Entre los factores de riesgos que el PCF utiliza para la evaluación de sus proyectos se seleccionaron los que aplicaban al proyecto en estudio y al contexto nacional (PCF, 2004):

#### 1. Período de Construcción.

Este factor determina si el proyecto a evaluar, en este caso la planta de compostaje, será construida y comenzará a operar dentro del cronograma establecido. Para disminuir el riesgo de este factor, se pueden incluir contratos de construcción de la planta de compost, un contrato de concesión para su operación o seguros sobre daños de propiedad.

#### 2. Titularidad de los bonos

El contrato final de la venta de bonos de carbono se establece entre el comprador de los bonos de carbono y la empresa que realiza la actividad de reducción. Usualmente se esperaría que la fuente emisora de GEI, fuera la que implementara un proyecto de

reducción de emisiones a través del MDL, sin embargo, en este caso, el relleno sanitario como fuente emisora no tiene participación en los bonos de carbono reducidos, puesto que es la actividad de compostaje la que finalmente genera la reducción, por lo tanto las emisiones son claramente de quien efectúa el proyecto MDL de reducción de emisiones y debe quedar estipulado así en el contrato de venta-reducción. Para minimizar el factor de riesgo de la titularidad de los bonos, se recomienda establecer contratos adecuados y concretos que distribuyan el riesgo entre las partes de manera óptima.

### 3. Riesgo país.

El riesgo país es un factor que es considerado por los inversionistas extranjeros, al decidir la colocación de sus capitales en un determinado país, en este caso, de invertir en proyectos MDL en Chile. Este riesgo es posible medirlo a través de un índice elaborado por el banco de inversiones JP Morgan, de Estados Unidos. Este índice varía de acuerdo a la evolución de la situación política interna y externa, el comportamiento de la economía en general, la adecuación de la legislación vigente, las políticas y los instrumentos económicos utilizados, la situación laboral global y aspectos relacionados con la conservación del medioambiente, entre otros (Diario PYME, 2003).

La probabilidad de ocurrencia de situaciones no deseadas y que pueden hacer peligrar las inversiones realizadas en proyectos en Chile o que puedan provocar algún cambio en la rentabilidad esperada de las mismas, son criterios que se encuentran considerados en el índice de mercados emergentes de América Latina. Como se observa en el Cuadro 11, Chile presenta el índice más bajo de América Latina (79) cercano a un tercio del país que sigue (México con un valor de 21). Esto refleja un bajo riesgo para los inversionistas extranjeros y beneficia al mercado de proyectos MDL con inversión extranjera.

Cuadro 11 : Índices de Mercados Emergentes de América Latina

Lugar	País	Puntos
1	Chile	79
2	México	213
3	Panamá	358
4	Perú	418
5	Colombia	474
6	Brasil	701
7	Venezuela	731
8	Ecuador	982
9	Argentina	4.694

Fuente: JP Morgan

#### 4. Factor de riesgo de la producción y demanda del compost.

Contar con demanda para el compost es esencial para asegurar la factibilidad y sustentabilidad a largo plazo del proyecto. Si no existe una demanda del producto, entonces se disminuye la producción de compost y por lo tanto se reduce la recepción de residuos, por lo que no se cumpliría con las reducciones estimadas, las que están directamente relacionadas con la producción.

Actualmente, la demanda del producto compost proviene de empresas paisajistas, viveros forestales, constructoras que realizan urbanización y Departamentos de Aseo y Ornato de Municipalidades, entre otros. En el desarrollo del proyecto se pretende ampliar el número de empresas para satisfacer la oferta de compost que se producirá.

Potencialmente, se podría ampliar la cartera de clientes, exportando el producto. Actualmente, existen 9 empresas que exportan abonos orgánicos, los cuales tienen asociado un código arancelario por tipo de producto. El compost se incluye en la clasificación de fertilizante de origen vegetal y animal cuyo código arancelario es el número 31010000 (SOFOFA, 2004).

Para la presentación de un proyecto MDL, se esperaría que la empresa proponente pudiera demostrar que existe el mercado para la venta del compost con un estudio de marketing o de mercado más detallado, con el fin de estimar la demanda de éste y la continuidad en la venta de este producto, para poder concluir si el mercado destino, se mantendrá en el tiempo y el proyecto pueda acreditar que sus actividades se mantendrán durante los años del contrato de créditos de carbono.

En este contexto, se debe considerar el Proyecto de Norma (NCh. 2880/2004) relativo a la calidad del compost. Este proyecto de norma busca promover la gestión adecuada de los residuos sólidos orgánicos generados en el territorio nacional, evitar la introducción de plagas que puedan venir incorporadas en el producto, junto con promover y fomentar el desarrollo de la industria nacional de compost.

El objetivo de esta norma es establecer la clasificación y requisitos de calidad del compost producido a partir de residuos orgánicos y de otros materiales orgánicos generados por la actividad humana, tales como agroindustriales, agrícolas (forestales, cultivos y ganaderos), animales, pesqueros, de mercados y ferias libres en que se comercializan productos vegetales, de la mantención de parques y jardines; residuos domiciliarios verdes; de lodos provenientes de aguas servidas y residuos industriales líquidos.

La norma considera aspectos tales como: definiciones, clasificación, requisitos de la materia prima, requisitos del producto compostado, registros, rotulado del producto, ficha técnica del producto y muestreo. Si la norma en cuestión se convierte en normativa aplicable, sus aspectos relativos a la calidad y la clasificación del compost son considerados como factores riesgosos del proyecto ya que están asociados a las restricciones de uso de su producto final. Estas restricciones limitan a los potenciales compradores del producto y por lo tanto afecta directamente la demanda del producto final del proyecto.

### Anteproyecto de reglamento para el manejo de lodos no peligrosos.

La aplicabilidad de este reglamento a la planta de compostaje en estudio está dada por el uso de los lodos como materia prima. En esta normativa se establecen condiciones de compostaje para permitir un efectivo proceso de higienización que conlleva una reducción significativa de patógenos, además de definir las tasas máximas de aplicación.

Las condiciones varían según el tipo de lodo a compostar. El lodo tipo A que es aquel apto para uso agrícola sin restricciones por razones sanitarias, se debe compostar usando el método de compostaje no confinado, pilas aireadas estáticas, considerando una temperatura mínima de los lodos de 40°C por 5 días y consideran que durante 4 horas en un período de cinco días, la temperatura del compost deberá exceder los 55° C. El lodo tipo B es aquel apto para uso agrícola, con restricciones de aplicación según tipo y localización de los suelos o cultivos, si se aplica el método de compostaje no confinado o en pilas estáticas aireadas, la temperatura de los lodos debe mantenerse a 55 °C o más, por tres días. Si se aplica el método de compostaje con pilas, la temperatura de los lodos deberá mantenerse a 55°C o más, por un período a lo menos de 15 días. Durante dicho período, las pilas deberán ser volteadas un mínimo de cinco veces.

Este reglamento aún se encuentra en discusión, pero debiera tenerse en consideración el costo en recursos humanos y financieros que implicaría cumplir con los parámetros descritos.

#### 5. Disponibilidad de materia prima

Contar con la materia prima necesaria para elaborar el producto final (compost) es fundamental para la viabilidad del proyecto. Este factor de riesgo es muy importante de evaluar en este caso en particular, ya que es crucial asegurar que los recursos utilizados estarán disponibles, durante el tiempo que dure el contrato de venta de certificados de reducción.

Según el Acuerdo de Marrakech, la duración de proyectos MDL tiene dos opciones:

1. Un máximo de siete años, renovable como máximo dos veces, siempre que, para cada renovación, una entidad operacional designada determine si todavía es válida la base de referencia original del proyecto o si ha sido actualizada teniendo en cuenta nuevos datos, cuando proceda, e informe de ello a la Junta Ejecutiva del MDL; o
2. Un máximo de diez años sin opción de renovación.

Algunas estimaciones más conservadoras utilizan el período referido al compromiso de reducción del Protocolo de Kioto, que es entre los años 2008-2012, por lo tanto la estimación de las reducciones sólo se hace en una proyección de 4 años.<sup>3</sup>

El proyecto de compostaje reciclará 300.000 m<sup>3</sup>/año de residuos orgánicos ricos en carbono tales como pallets, ramas, pasto, malezas, maderas, aserrín, virutas, fibra de papel; y residuos orgánicos ricos en nitrógeno tales como guano animal, excedentes de frutas y verduras, lodos industriales orgánicos y lodos sanitarios. El proceso de compostado rebaja el volumen en cerca de un 30% del total de la materia compostada<sup>4</sup>, por lo que se obtendrán 210.000 m<sup>3</sup>/año de compost que se comercializarían a precios similares a los de la tierra de hojas.

Estas cantidades sólo constituyen una referencia de acuerdo a los requerimientos de balance de contenidos de nitrógeno y carbono necesarios para la mezcla, ellas pueden variar debido a la estacionalidad que existe en su generación y pueden suplirse con aumentos en las cantidades de residuos del mismo tipo, vale decir nitrogenados, o con alto contenido de carbono, sin exceder la cantidad total de residuos que la planta puede procesar mensualmente. Esta situación no influye significativamente en el cálculo de reducción de

---

<sup>3</sup> Ana Luisa Vergara, especialista en gases de rellenos sanitarios, MGM International, Abril 2004, Santiago, Chile (Comunicación personal).

<sup>4</sup> Cristian Cousso, Gerente Administración y Finanzas, AgroIndustrial Pullihue, Marzo 2004, Santiago, Chile (Comunicación personal).

emisiones, puesto que el reemplazo se realiza considerando un mismo nivel de degradabilidad.

Para asegurar la disponibilidad de la materia prima y por lo tanto la continuidad de la producción de compost, la empresa estimó las cantidades descritas en el Cuadro 3 considerando que existe una oferta segura. Para ello, se cuenta con el compendio de Generación de Residuos Agroindustriales de la Región Metropolitana elaborado por INTEC Chile y el Fondo de Desarrollo e Innovación CORFO, el que identifica las empresas de la Región Metropolitana y los residuos generados.

Sobre la base de los resultados del catastro agroindustrial 1997 de INTEC, referido anteriormente, el volumen potencial de residuos orgánicos factible de destinar a compostaje u otros sistemas similares de reciclaje, es considerablemente mayor a lo requerido por la empresa en estudio, por lo que se asume que existe la oferta adecuada para abastecer la planta de compostaje.

Por otro lado, aún cuando exista la disponibilidad de materia prima, se debe asegurar que las empresas que disponen residuos estarán dispuestas a cambiar el lugar en el que actualmente lo realizan (relleno sanitario Loma Los Colorados). Si la planta de compostaje establece tarifas de disposición de las materias primas más bajas que lo que actualmente estas empresas pagan por disponerlos, se puede esperar que éstas se interesen en llevarle sus residuos, logrando así asegurar la dotación de la materia prima.

Actualmente, por disposición reglamentaria, las empresas señaladas en el catastro deben disponer sus residuos en lugares autorizados para ello. Los costos de disposición actual de las empresas, en la Unidad de Transferencia de KDM, para residuos asimilables a domiciliarios son de \$12.757 por tonelada (incluido el IVA) en horario bajo, esto es de 7:00-10:59 y de 16:00-21:00. En el caso del horario alto correspondiente entre las 11:00 y 16:00, el precio es de \$16.640 por tonelada (incluido el IVA).

Los costos de disposición del relleno sanitario Loma Los Colorados alcanzan a \$6.150 por tonelada (no se cobra IVA) para el caso de los residuos de ferias libres. En el caso de restos de ramas el cobro es de \$15.964 por camión (no se cobra IVA).

Con estos valores, se deduce que el costo total de disposición de los residuos asimilables a domiciliarios, considerando la Unidad de Transferencia y la disposición final es de \$18.907 por tonelada de basura. En el caso de los precios de disposición a Municipios que poseen contrato, los costos finales, considerando la Unidad de Transferencia y la disposición final son de \$5.416 por tonelada (Obach, 2003).

Para efectuar la comparación, se presentan a continuación los valores que la planta de compost en estudio cobraría por tipo de residuo:

Cuadro 12 : Tarifas aplicadas por cada tipo de residuo.

Residuos Orgánicos	Unidad	Tramos (en toneladas)			
		1 a 100	101 a 200	201 a 500	501 o más
Ramas de podas	\$/camión	18.000	17.000	16.000	15.000
Guano animal	\$/t	4.000	3.800	3.600	3.200
Excedentes de frutas y verduras	\$/t	4.500	4.300	4.100	3.900
Virutas de madera y aserrín	\$/t	4.000	3.800	3.600	3.200
Maderas, pallets y despuntes de barracas	\$/t	5.000	4.700	4.400	3.900
Lodos orgánicos industriales	\$/t	5.000	4.800	4.600	4.500
Lodos de tratamiento aguas servidas (sujeto a contenidos máximos de metales pesados establecidos en norma de lodos)	\$/t	5.000	4.800	4.600	4.500

Fuente: Página web, empresa en estudio

Los precios de ingreso a la planta de compostaje en el último tramo señalado en el Cuadro 12, son de \$15.000 por camión para el caso de restos de ramas de podas, por otro lado el cobro del relleno sanitario es de \$15.964 por camión, esto demuestra una diferencia de \$964 por camión en el cobro de los restos de ramas de podas.

Para los otros tipos de residuos, el promedio del cobro por ingreso a la planta de compostaje señalado en el último tramo del Cuadro 12, alcanza a \$3.867 por tonelada, en el caso del cobro de los residuos en el relleno sanitario, este alcanza a \$5.416 si se cuenta con contrato Municipal, esto demuestra una diferencia de \$1.549 por tonelada de residuo.

Para la presentación de un proyecto MDL, se esperaría contar con contratos de los principales proveedores que aseguren la disponibilidad de materia prima y la continuidad en la producción de compost. Con un contrato más exigente, las empresas proveedoras tendrían la responsabilidad de abastecer a la planta de compostaje, independientemente que no puedan cubrirlas con sus propios residuos, llegando incluso a requerir residuos desde regiones cercanas.

#### Factores de riesgo relacionados con la línea base:

Los factores de riesgos de la línea base se relacionan con los supuestos para el cálculo de emisiones y su validez en el tiempo. Aquellos supuestos relacionados con la composición, degradabilidad y tipo de residuos dispuestos en el relleno sanitario son considerados válidos en el tiempo, por el contrario los supuestos que están relacionados con modificaciones en la normativa son considerados riesgosos, ya que pueden provocar un cambio en la línea base

A continuación se presenta un análisis del Reglamento de rellenos sanitarios, con el fin de identificar las posibles modificaciones a las condiciones actuales y que pueden modificar la línea base y por lo tanto la cantidad de reducciones esperadas.

### Reglamento de rellenos sanitarios

Actualmente se encuentra en estudio un Proyecto de Reglamento de Rellenos Sanitarios el cual está directamente relacionado con el supuesto de captación de biogás, ya que la estimación efectuada se basa en que actualmente no existe una ley que obligue a captar un porcentaje del biogás generado, sino que sólo se realiza esta captación como una medida de seguridad para controlar riesgos de accidentes laborales y explosiones.

Este reglamento busca transformar todos los vertederos y basurales en rellenos sanitarios en un plazo determinado, e intenta masificar la práctica de recolección y quema del biogás utilizando la tecnología propia de éstos. El proyecto de reglamento no especifica el tipo de sistema de recolección y control de biogás a implementar, ni su alcance en cuanto a la proporción de biogás a recolectar obligatoriamente, sólo se puede anticipar que existirá algún grado de control de emisiones mayor o igual al actual en aquellos sitios en los que se genere biogás.

En un proyecto MDL se asume que el volumen de biogás a ser recolectado y quemado es mayor o igual a los requerimientos normativos, por lo tanto si dicho reglamento obliga a implementar sistemas que fueran mucho más allá del objetivo de prevención de riesgos laborales y de evitar explosiones, la cantidad de emisiones ventiladas a la atmósfera y por lo tanto atribuibles a una reducción de emisiones sería menor, disminuyendo así el potencial de reducción.

Independientemente del Reglamento, si el relleno sanitario Loma Los Colorados realizara un proyecto MDL, adoptando tecnología adecuada para aumentar su actual captura de biogás, la línea base utilizada sería el nuevo porcentaje de captación con el cual el relleno sanitario pretendería reducir las emisiones a la atmósfera y optar a los certificados

de reducción. Se estima que el relleno sanitario Loma Los Colorados llegaría a capturar un 80% del biogás producido en éste, emitiendo sólo el 20% restante a la atmósfera.<sup>5</sup>

### Factores de riesgo relacionados con el precio

La incertidumbre de la ratificación del Protocolo de Kioto es uno de los factores de riesgo, ya que esta condición afecta directamente el precio de los CER. Para validar el Protocolo de Kioto, deben ratificarlo países partes del Anexo I que representen el 55% de las emisiones de GEI. Al día de hoy los países suscritos suman un total de 44,2% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en 1990, por lo que con las emisiones mundiales representadas en Estados Unidos, de un 36,1 % y en Rusia de un 17,4 % se lograría el porcentaje requerido (CO<sub>2</sub>-solutions, 2004). La negativa de Estados Unidos de ratificar el Protocolo deja la decisión en manos de Rusia, lo que crea incertidumbre en su ratificación.

El precio del CER depende de quien asuma el riesgo<sup>6</sup>, es decir:

- 3,00 – 5,00 US\$, si el comprador asume el riesgo que el Protocolo de Kioto no entre en vigencia. El comprador paga de todos modos, aunque las reducciones tengan poco o nada de valor comercial.
- 5,00 – 7,00 US\$, si el vendedor asume el riesgo que el Protocolo de Kioto no entre en vigencia. Es decir, considerando que no ha ocurrido la venta y el vendedor reembolsa cualquier dinero pagado.

En la Feria Internacional CARBONEXPO realizada en Alemania en Junio del 2004, los precios ofrecidos por una tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente reducida variaban entre los

---

<sup>5</sup> Alfonso Guijón, Jefe Área Tecnológica e Investigación MDL, Poch Ambiental, Julio 2004, Santiago, Chile (Comunicación personal).

<sup>6</sup> Sandra Greiner, expositora Curso Instrumentos económicos para el Control de la contaminación atmosférica, Abril 2004, Santiago, Chile (Comunicación personal).

US\$3,5 - 7, dependiendo de cuán cerca se encontraran del certificado. Esto significa que si sólo se trataba de una idea de proyecto el precio ofrecido era de US\$3,5 aproximadamente. Si el proyecto ya contaba con una metodología aprobada por el *Meth Panel* y existía un avance en el ciclo del MDL, el precio alcanzaba los US\$7 la tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente o más.<sup>7</sup>

Actualmente, la motivación de las empresas privadas para comprar bonos de emisión, antes de ratificado el Protocolo de Kioto, es posicionarse estratégicamente en el mercado para adquirir un mayor conocimiento en el tema, ganar prestigio y asegurarse frente a alzas futuras en los precios y/o regulaciones futuras.

Paralelamente al protocolo existen otros mercados de emisiones, con los cuales se espera un incremento de precios en los certificados de reducción. En Europa, 25 países a partir del 1 de enero de 2005 van a estar operando con el sistema de transacción de bonos de carbono, ya se lanza el mercado continental de emisiones de carbono. Asimismo, este año Japón lanza el “Japan Carbon Fund” y en Australia, Estados del noreste de EEUU, California y Oregon se continúa desarrollando un mercado de emisiones de Carbono (CONAMA, 2004b).

---

<sup>7</sup> Andrés Poch, Gerente General Poch Ambiental, Junio 2004, Santiago, Chile (Comunicación personal).

### Adicionalidad y Línea Base

#### Criterio de Adicionalidad:

Según la Conferencia de las partes en su séptimo período de sesiones, celebrado en Marrakech en el año 2001, una actividad de proyecto del MDL tendrá carácter de adicional si la reducción de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero por las fuentes es superior a la que se produciría de no realizarse la actividad de proyecto del MDL registrada.

La recolección de biogás que se hace en los rellenos sanitarios en Chile es bastante precaria, debido a la inexistencia de regulaciones específicas que obliguen a recolectar, quemar o utilizar el CH<sub>4</sub> en alguna proporción. En general, la recolección de biogás es esporádica, descontrolada, de bajo nivel tecnológico y orientada a prevenir riesgos de incendio y explosiones más que a evitar su ventilación a la atmósfera, por lo que si no es realizado el proyecto de compostaje, se mantendrían las emisiones de la línea base (BITRAN & ASOCIADOS. 2003).

Con la estimación de emisiones efectuada, se prevé que la planta de compostaje dará lugar a una reducción de las emisiones antropógenas de CH<sub>4</sub> adicional a la que se produciría de no realizarse la actividad propuesta, puesto que de no realizarse la actividad, no existiría una reducción de este GEI.

En Chile actualmente no existe una normativa que obligue a separar o clasificar los residuos para su gestión adecuada y eficiente, como el reciclaje o compostaje. Sólo existe normativa en la que se obliga a disponer los residuos en lugares autorizados como los rellenos sanitarios. En la línea base los residuos son dispuestos en el relleno sanitario Loma los Colorados sin ninguna clasificación, por lo que la planta de compostaje va más allá de la regulación nacional al redireccionar los residuos orgánicos y evitar que éstos se dispongan en el relleno sanitario. Asimismo, las Municipalidades que según la ley 19.388/95 tienen como responsabilidad el manejo de los residuos sólidos domiciliarios de la comuna, no poseen los suficientes recursos para implementar un sistema de recolección separada de los residuos orgánicos y poner en práctica un proyecto de compostaje para evitar que los residuos orgánicos se dispongan en un relleno sanitario.

El desarrollo de este proyecto considera además factores de riesgo e incertidumbres tales como:

- La disponibilidad de los residuos orgánicos como materia prima
- La estacionalidad de los residuos, tales como restos de poda
- La variación de los precios de mercado en el cobro de ingreso de los residuos.
- La demanda del compost y el precio final del producto, ya que en Chile no es un producto que se encuentre totalmente inserto en el mercado.

La adicionalidad social es justificada por los beneficios que tiene el proyecto de compostaje, tales como:

- El proceso de compostación disminuye el porcentaje de residuos destinados al relleno sanitario, con ello se aumenta la vida útil del área asignada a la disposición final de residuos.

- El compostaje ofrece a los generadores de residuos orgánicos una alternativa de disposición eficiente, que les permite reducir en varias veces los volúmenes originales a disponer.
- El compostaje constituye una alternativa evidente de reciclaje de residuos orgánicos y de origen vegetal.
- La separación de los residuos reciclables permite su recolección especializada evitando la sub-utilización de los camiones compactadores de basura, especialmente en residuos de baja densidad.
- Se acortan las distancias en el traslado de los residuos desde su centro de origen hasta su sitio de disposición final, debido a que los camiones recolectores sólo van a la planta de compostaje y no hacia la Estación de Transferencia de Quilicura (KDM) y desde ahí al relleno sanitario de Lomas Los Colorados. Esto ayuda a descongestionar el tráfico vehicular y a disminuir la contaminación atmosférica.
- El compost puede reemplazar el uso de tierra de hoja que se extrae ilegalmente en bosques y laderas de cerros.
- Disminuye las necesidades de materia orgánica de los suelos y contribuye a su recuperación.
- Optimiza los recursos existentes en cada zona al aprovechar los residuos que se producen en ellas (INTEC, 1999).

En la Región Metropolitana existen dos grandes empresas dedicadas a la producción de compost, por lo que la elaboración y comercialización de este producto no es considerada una práctica común.

El promedio de las emisiones estimadas de la línea base representa las emisiones actuales de CH<sub>4</sub> en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes, con la ejecución del proyecto, las emisiones reducen aproximadamente el 8,48% anualmente.

### Identificación del escenario de línea base:

La línea base es el escenario que representa de manera razonable las emisiones antropógenas de GEI que se producirían de no realizarse la actividad de proyecto propuesta. En este caso la línea base es el escenario de funcionamiento habitual o situación representativa del tratamiento de los residuos a compostar en ausencia del proyecto en estudio.

Según el acuerdo de Marrakech (2001), al elegir la metodología de cálculo de la línea base, se debe seleccionar entre los criterios que figuran a continuación, según lo apropiado al proyecto MDL, teniendo en cuenta cualquier orientación de la Junta Ejecutiva del MDL:

- a) “Las emisiones efectivas del momento o del pasado, según se aplique”.
- b) “Las emisiones con una tecnología que represente una línea de acción económicamente atractiva, teniendo en cuenta los obstáculos a las inversiones”.
- c) “Las tasas promedio de emisiones de actividades de proyecto análogas realizadas en los cinco años anteriores en circunstancias sociales, económicas, ambientales y tecnológicas parecidas y con resultados que las sitúen dentro del 20% superior de su categoría”.

En el caso en estudio la línea base emplea la primera opción, ya que las emisiones son calculadas con las emisiones pasadas y efectivas del momento en el relleno sanitario. Con esta estimación se logra comprobar que las reducciones de emisiones son reales y medibles y que la reducción se producirá a largo plazo. La base para el cálculo de la reducción de emisiones posible, se centra en el relleno sanitario Loma Los Colorados, administrado por KDM y se cuenta con datos oficiales de las toneladas anuales dispuestas en el Relleno, las cuales se pueden encontrar en las estadísticas entregadas por el SESMA en su página web.

En la ausencia del proyecto de compostaje, los residuos seguirían depositándose en el relleno sanitario Loma Los Colorados, ya que actualmente no existe otra opción de disposición de los residuos, debido a legalmente se deben disponer los residuos en lugares autorizados. Con este escenario, los niveles de las emisiones de CH<sub>4</sub> no se reducirían si no existiera el proyecto de compostaje.

### Análisis económico preliminar

El análisis del proyecto se realizó para un período de 10 años. Considerando la opción que describe el Acuerdo de Marrakech, como período de venta de bonos de carbono. Esta evaluación corresponde a una evaluación privada de un proyecto en el sentido de que los costos e ingresos que se deben identificar, medir y valorar son aquellos que resulten relevantes desde el punto de vista del inversionista privado.

La situación sin proyecto es el relleno sanitario Loma Los Colorados, donde se disponen los residuos. La situación con proyecto es la planta de compostaje que utilizará parte de los residuos orgánicos como materia prima y elaborará compost para venderlo en el mercado como fertilizante orgánico.

Para el cálculo del flujo de caja se consideraron cuatro alternativas que se diferencian en los ingresos obtenidos por la venta del producto y por la recepción de las materias primas detalladas en el Cuadro 14.

Se asume que los valores que dependen de la cantidad de compost producido, tales como el ingreso por la venta del producto, el ingreso por recepción de residuos y los costos de operación de la planta de compost se mantendrán constantes durante el periodo estimado.

Se determinó la viabilidad económica del proyecto considerando los diferentes ingresos asociados y costos operacionales utilizando un 17% de impuesto a las utilidades.

En proyectos del sector público la tasa de descuento publicada por el Ministerio de Planificación es del 10% y corresponde a la rentabilidad mínima que se le exige a las inversiones del sector público (MIDEPLAN, 2004). La tasa de descuento se calcula considerando la tasa libre de riesgo (para Chile es un 5-6% y corresponde a depósitos a plazo) más el porcentaje que involucra el riesgo del mercado, el riesgo país, y el riesgo asociado al proyecto. Para el caso de este proyecto, se consideró una tasa de descuento del 12% la cual es utilizada en proyectos similares y representa la rentabilidad mínima exigida.

Como resultado se obtuvo un flujo de caja para cada alternativa descrita en el Cuadro 14 por los 10 años de evaluación del proyecto de compostaje. Adicionalmente, se calculó el flujo de caja sin considerar los costos e ingresos de un proyecto MDL. El detalle de estos se encuentra en el Apéndice II.

### Ingresos

#### Venta del compost:

Actualmente la empresa vende el producto a granel a \$8.600 el m<sup>3</sup> incluido el IVA. Con las cantidades producidas en el proyecto, se considera que al mantener este valor no se lograría vender la totalidad del compost producido<sup>8</sup>. Por ello, asume una baja del precio considerando una alternativa a \$2.000 por m<sup>3</sup> sin IVA y la otra a \$0 regalando el producto.

Como anteriormente se menciona, el compost estimado para venta en el inicio del proyecto es de 210.000 m<sup>3</sup>/año, con lo que se espera obtener un ingreso anual de \$420.000.000 (sin IVA) por la venta del producto.

#### Recepción de los residuos

Como se mencionó en el Cuadro 12, las tarifas aplicadas por la recepción de cada residuo son diferenciadas por tipo y por cantidad recibida. Para esta estimación se utilizó el precio de recepción promedio de los residuos y se obtuvo el siguiente resultado:

Cuadro 13 : Ingreso por recepción de residuos

Tipo de Residuo	Cantidad (t/mes)	Promedio cobro por recepción (\$)	Ingreso anual (\$)
Ramas de Podas	375	15.000 <sup>1/</sup>	18.000.000
Guano de Caballos	1.200	3.200	46.080.000
Frutas y Verduras	2.400	3.900	112.320.000
Maderas-Aserrín	750	3.200	28.800.000
Lodos Orgánicos	3.060	3.900	143.208.000
Fibra de Papel	3.960	4.500	213.840.000
Lodos Sanitarios	6.120	4.500	330.480.000
<b>TOTAL</b>	<b>17.865</b>	<b>38.200</b>	<b>892.728.000</b>

Fuente: Elaboración propia, información obtenida de la empresa en estudio.

<sup>1/</sup> Por camión

<sup>8</sup> Cristian Couso, Gerente Administración y Finanzas, AgroIndustrial Pullihue, Marzo 2004, Santiago, Chile (Comunicación personal).

Los ingresos por recepción de ramas de podas, se calcularon con un valor total de 3000 m<sup>3</sup>/mes, según Cuadro 3. Suponiendo el uso de camiones de 30 m<sup>3</sup> entonces son necesarios 100 camiones al mes.

El ingreso anual por recibir los residuos orgánicos como materia prima en la planta de compostaje es de \$892.728.000, que sin IVA corresponde a \$750.191.597. Para el cálculo del flujo de caja se consideran tres alternativas de precio:

- a) Las empresas estarían dispuestas a pagar los valores indicados en el Cuadro 13.
- b) En la recepción de los residuos no se obtienen ingresos.
- c) El precio de la recepción de residuos se disminuyó en un 55,6 % con respecto al valor que se estaba dispuesto a pagar, para obtener así, cuál es el porcentaje que debieran caer los precios para obtener del proyecto un valor para el VAN<sub>12%</sub> cercano a cero.

Las alternativas propuestas para el cálculo del flujo de caja, considerando la combinación de los ingresos por la venta del producto y por la recepción de los residuos, se grafican en el siguiente Cuadro:

Cuadro 14 : Alternativas de ingreso por venta de compost y recepción de residuos

Alternativas	Ingresos considerados
Alternativa 1	Venta compost :\$420.000.000
	Recepción residuos: \$750.191.597
Alternativa 2	Venta compost :\$420.000.000
	Recepción residuos: \$0
Alternativa 3	Venta compost :\$0
	Recepción residuos: \$750.191.597
Alternativa 4	Venta compost :\$0
	Recepción residuos: Con una disminución del 55,6%

Fuente: Elaboración propia.

Venta de CER:

Actualmente, los precios de los certificados de reducción de emisiones fluctúan entre los US\$3-7. Para el caso de este estudio se consideraron a US\$3 la tonelada de carbono reducida anualmente. Para el cálculo del ingreso por venta de bonos en los 4 escenarios estudiados se utilizó un valor de equilibrio del dólar el cual es de \$600.

El valor de equilibrio del dólar se calcula sobre la base de los modelos que ocupan los economistas y que relacionan los fundamentos de la economía con el tipo de cambio, una cotización en torno a los \$600 es consistente con el ritmo de expansión de la actividad interna actual, la apertura de la economía y la relación gasto-producto que muestran las cifras hoy (QUÉ PASA, 2003).

Para el cálculo del flujo de caja se consideró el ingreso por venta de bonos de Carbono correspondiente al escenario 1

Cuadro 15 : Ingreso por venta de bonos de carbono en escenario 1

<b>Año</b>	<b>Ingreso bonos de carbono(US\$)</b>	<b>Ingreso bonos de carbono(\$)<sup>1/</sup></b>
2005	83.581	50.148.304
2006	101.869	61.121.123
2007	113.954	68.372.101
2008	126.463	75.877.586
2009	139.422	83.653.096
2010	152.858	91.714.856
2011	166.800	100.079.830
2012	181.276	108.765.763
2013	196.319	117.791.219
2014	211.959	127.175.628
2015	228.232	136.939.323
2016	245.173	147.103.597
<b>Promedio</b>	<b>162.325</b>	<b>97.395.202</b>

<sup>1/</sup> Dólar calculado a \$600

Cuadro 16 Ingreso por venta de bonos de carbono en escenario 2

<b>Año</b>	<b>Ingreso bonos de carbono(US\$)</b>	<b>Ingreso bonos de carbono(\$)<sup>1/</sup></b>
2005	215.633	129.379.959
2006	262.605	157.562.858
2007	293.644	176.186.480
2008	325.773	195.463.780
2009	359.058	215.434.622
2010	393.568	236.140.676
2011	429.376	257.625.515
2012	466.558	279.934.714
2013	505.193	303.115.954
2014	545.365	327.219.136
2015	587.161	352.296.491
2016	630.671	378.402.702
<b>Promedio</b>	<b>417.884</b>	<b>250.730.241</b>

<sup>1/</sup> Dólar calculado a \$600

Cuadro 17 : Ingreso por venta de bonos de carbono en escenario 3

<b>Año</b>	<b>Ingreso bonos de carbono(US\$)</b>	<b>Ingreso bonos de carbono(\$)<sup>1/</sup></b>
2005	125.678	75.406.597
2006	153.110	91.865.824
2007	171.237	102.742.292
2008	190.001	114.000.519
2009	209.440	125.663.784
2010	229.594	137.756.423
2011	250.506	150.303.885
2012	272.221	163.332.784
2013	294.785	176.870.969
2014	318.246	190.947.581
2015	342.655	205.593.125
2016	368.066	220.839.535
<b>Promedio</b>	<b>243.795</b>	<b>146.276.943</b>

<sup>1/</sup> Dólar calculado a \$600

Cuadro 18 : Ingreso por venta de bonos de carbono en escenario 4

<b>Año</b>	<b>Ingreso bonos de carbono(US\$)</b>	<b>Ingreso bonos de carbono(\$)<sup>1/</sup></b>
2005	323.757	194.254.078
2006	394.214	236.528.428
2007	440.773	264.463.860
2008	488.966	293.379.810
2009	538.893	323.336.073
2010	590.659	354.395.154
2011	644.371	386.622.412
2012	700.144	420.086.210
2013	758.097	454.858.071
2014	818.355	491.012.844
2015	881.048	528.628.876
2016	946.314	567.788.193
<b>Promedio</b>	<b>627.133</b>	<b>376.279.501</b>

<sup>1/</sup> Dólar calculado a \$600

De los cuadros anteriores se deduce que el ingreso por las ventas de bonos varía en los años calculados, puesto que las emisiones que se emiten en el relleno sanitario son crecientes hasta el año del cierre del relleno, según el modelo utilizado.

El ingreso deberá estar condicionado a la cantidad de años que estipule el contrato de venta de bonos de carbono que estará sujeto, como se mencionó anteriormente en los factores de riesgos asociados.

### Costos

El costo de implementación de un proyecto de compostaje variará en función del tamaño del proyecto, es decir de la cantidad de residuos orgánicos que se pretenden procesar, de las actividades asumidas por el proyecto, esto es, si el proponente realiza en la planta de compostaje todo el proceso tal como la selección, pre-tratamiento, tratamiento y pos-tratamiento del compost. Además, depende de la tecnología utilizada, es decir el tipo de maquinaria y herramientas que utilizará el proyecto en cada una de las actividades.

#### Los costos de inversión.

En la inversión inicial del proyecto de la planta de compostaje se identifican los siguientes costos:

- Infraestructura : Corresponde a todo tipo de construcciones y servicios básicos creados para la implementación del proyecto, tales como:
  - Oficinas
  - Plataformas asfaltadas
  - Construcción de piscinas de lixiviados
  - Adecuación de vías de acceso

Cuadro 19 : Costos asociados a Infraestructura.

<b>Infraestructura</b>	<b>Valor (en millones de pesos)</b>
Oficinas	30
Plataformas asfaltadas (10.000 m <sup>2</sup> )	25
Construcción piscinas	20
Adecuación vías de acceso	15
<b>Total</b>	<b>90</b>

Fuente: Elaboración propia, información obtenida de empresa en estudio.

- Tecnología: Aquí se considera la maquinaria que se utilizará en cada actividad del proceso, según la información obtenida por la empresa en estudio se utilizarían las siguientes:
  - Maquinaria procesadora de material (chipeadoras, ventiladores de aireación forzada).
  - Vehículos utilizados para cualquiera de las actividades en que se necesite transporte dentro del proyecto.
  - Herramientas manuales utilizadas en el compostaje, tales como palas, rastrillos, carretillas, mangueras, etc.
  - Instrumental técnico utilizado para el control técnico del proceso, tales como termómetros, higrómetros, medidores de pH, etc.

Cuadro 20 : Costos asociados a Tecnología.

<b>Maquinarias/ Vehículos/ Herramientas</b>	<b>Valor (en millones de pesos)</b>
Chipeadora 180 hp	50
Retroexcavadora	25
Harnero tipo tromell (Motor de 35 HP)	50
Cargador frontal	60
20 Ventiladores de 5 hp	14
5 Ventiladores de 3 hp	2.5
2 Ventiladores de 7,5 hp	2
Mini cargador (bodcat)	15
Camión Interno	30
2 Estanques para circulación de líquidos	8
Bombas y ductos de riego	1
Red de tubos de PVC y HDPE	10
2 biofiltros	10
Herramientas (manuales y técnicas)	1
<b>Total</b>	<b>278.5</b>

Fuente: Elaboración propia, información obtenida de empresa en estudio

La depreciación de los activos se refiere a la pérdida de valor de éstos por efecto del uso o porque al final del periodo evaluado hayan resultado dañados u obsoletos. Se consideró una depreciación lineal de la maquinaria y vehículos del 10% anual, lo que resulta en una depreciación total de \$27.850.000 por cada año del proyecto.

El valor residual al cabo de 10 años es de \$83.550.000, calculado como el 30% de la inversión inicial.

- **Inversión en Capital de Trabajo** : Representa los fondos requeridos para operar en el ciclo operativo de la empresa, corresponde a 6 meses de costos de operación de la planta de compost, que alcanzan a \$155.000.000

#### Costos de ingreso al MDL

Los costos asociados a un proyecto MDL de las características del proyecto en estudio se relacionan con las distintas etapas del proyecto. El honorario de la transacción con corredores o *brokers* puede llegar a ser hasta un 30% de los ingresos obtenidos en la venta de los bonos. A ello hay que sumarle que en muchas ocasiones se requiere contratar abogados para la redacción de los contratos, especialmente las cláusulas que señalan en cuánto tiempo se cancelarán los bonos o los resguardos que hay que tener si el Protocolo de Kioto finalmente no entra en vigencia.

Los costos asociados al registro por parte de la Entidad Certificadora están relacionados con la cantidad de toneladas reducidas tal como se definen en el siguiente cuadro:

Cuadro 21 : Costos de registro en el MDL por toneladas reducidas.

Promedio de toneladas de CO2 equivalentes reducidas por año bajo el periodo del crédito(estimado/aprobado)	US\$ (en miles de dólares)	Valor (en millones de pesos) <sup>1/</sup>
≤ 15.000	5	3
> 15.000 y ≤ 50.000	10	6
> 50.000 y ≤ 100.000	15	9
> 100.000 y ≤ 200.000	20	12
> 200.000	30	18

Fuente: UNFCCC, 2004a.

<sup>1/</sup> Dólar Calculado a \$600

Los costos asociados al ingreso del proyecto al MDL están definidos en el Cuadro 22:

Cuadro 22 : Costos asociados a proyectos MDL.

Descripción	Observaciones	US\$ (en miles de dólares)	Valor (en millones de pesos) <sup>1/</sup>
Estudio de Línea Base	Si se realizó con una empresa externa	40 – 60	24- 36
Documento de Diseño de proyecto (PDD)	Incluyendo la nueva metodología y un informe de verificación	40	24
Entidad Operacional Designada (DOE)	-----	25	15
Costo de Registro en CDM	Depende del tamaño del proyecto (ver Cuadro 21)	15	6
Costos de transacción	El honorario de la transacción fue calculado aproximadamente con el 30% de los ingresos de la venta de bonos.	30	12
Total		150	90

Fuente: CONAMA, 2004b

<sup>1/</sup> Dólar Calculado a \$600

Los costos por Ingreso del proyecto al MDL son en total \$90.000.000, los cuales están asociados al primer año y son considerados como un costo de inversión.

Costos de operación.

Para la operación del proyecto se consideran los siguientes costos de operación:

- Mano de obra : Los gastos de mano de obra corresponden al personal técnico y obreros. Este monto es de aproximadamente \$5.000.000 al mes.
- Sueldos Administrativos y Gerencia : Este monto es de aproximadamente \$3.500.000 al mes, considerando un Gerente de la planta y personal administrativo del área ventas, recepción y secretaria.
- Materia prima : En las alternativas propuestas, se asume que la recepción de estos residuos es mediante un pago en un caso y en la otra se omite el valor del cobro de recepción.
- Equipo de trabajo: Incluye el equipo de trabajo y protección para los obreros del proyecto tales como guantes, mascarillas, botas, cascos, etc.
- Equipos de oficina: Para las instalaciones administrativas.
- Otros costos del proceso productivo : En esta categoría, se incluye el combustible utilizado para el transporte del compost, los costos de flete del producto vendido a granel y la mantención de maquinaria e instalaciones de la planta.
- Arriendo del terreno: Para esta categoría, se estimó el costo de arriendo de un sitio industrial de aproximadamente 20.000 m<sup>2</sup>, en el sector poniente de Santiago, en la comuna de Maipú. El arriendo se estimó en 5 millones de pesos mensuales.

Cuadro 23 : Costos asociados a operación de la planta de compostaje.

<b>Descripción</b>	<b>Tipo de Costo</b>	<b>Costo anual (en millones de pesos)</b>
Mano de Obra	Costos fijos	60
Sueldos Administrativos y Gerencia		42
Equipos de trabajo y de oficina		12
Arriendo		60
Combustible	Costos Variables	24
Flete		100
Mantenimiento		12
<b>Total</b>		<b>310</b>

Del Cuadro 23, se infiere que los costos fijos son de \$174.000.000 y los costos variables son de \$136.000.000 los que se estiman por cada año de proyecto. Sumando ambos costos se obtiene un total anual de \$310.000.000.

Indicadores de viabilidad económica

Para evaluar la rentabilidad del proyecto se utilizó el valor actual neto (VAN) que mide cuanto será la diferencia en riqueza (hoy) para quien realiza el proyecto al compararla con la mejor alternativa posible. Se obtiene como el valor actualizado de un flujo de ingresos y de costos ocurridos durante el horizonte de evaluación. El VAN es un criterio de decisión de proyectos, ya que si  $VAN > 0$ , entonces proyecto es conveniente, por otro lado si  $VAN < 0$ , entonces el proyecto no es conveniente. Además, se calculó la tasa interna de retorno (TIR), que corresponde a aquella tasa de descuento que hace el  $VAN_{12\%}$  del proyecto igual a cero. La TIR debe ser comparada con la tasa de descuento para saber si el proyecto es o no conveniente.

Los resultados de las distintas alternativas se presentan en el siguiente Cuadro 24 y el detalle de cada flujo de caja se encuentra en el Apéndice II:

Cuadro 24 : Resultados del TIR y el VAN en las alternativas propuestas.

<b>Alternativas</b>	<b>Sin bonos de carbono</b>	<b>Con bonos de carbono</b>
Alternativa 1	$VAN_{12\%}$ : \$ 3.503.647.698	$VAN_{12\%}$ : \$ 3.761.918.922
	TIR : 337%	TIR : 252%
Alternativa 2	$VAN_{12\%}$ : \$ 362.431.303	$VAN_{12\%}$ : \$ 620.702.526
	TIR : 45%	TIR : 50%
Alternativa 3	$VAN_{12\%}$ : \$ \$ 1.745.015.781	$VAN_{12\%}$ : \$ 2.003.287.004
	TIR : 173%	TIR : 138%
Alternativa 4	$VAN_{12\%}$ : 0	$VAN_{12\%}$ : \$ 258.272.190
	TIR : 12%	TIR : 278%

Las distintas alternativas estudiadas y descritas en el Cuadro 14 permiten observar de qué manera se alterará la decisión de realizar el proyecto si varían algunos factores tales como: los ingresos por recepción de residuos y los ingresos por la venta del producto. La

variación de los factores analizados permitió analizar los efectos en los criterios de evaluación ( $VAN_{12\%}$  y TIR).

La alternativa 1 resulta ser la más favorable, ya que considera que los proveedores de materia prima estarían dispuestos a pagar el cobro por recepción de residuos y asume que la venta del compost se realizaría a un precio de \$2.000 el  $m^3$ , por lo que los ingresos del proyecto son considerados en esta alternativa.

Las alternativas 3 y 2 son, en ese orden, las que siguen en rentabilidad, ya que en la alternativa 3 se omitió el ingreso por la venta de compost y en la alternativa 2 omitió el ingreso de recepción de residuos.

La variación de los factores no altera la decisión de realizar el proyecto, puesto que en la alternativa 1, 2 y 3, se obtuvo un  $VAN_{12\%}>0$ , por lo que el proyecto es rentable económicamente, aún sin considerar los ingresos por los bonos de carbono

En la alternativa 4, se asumió que el valor del compost para venta es \$0 y para el caso de los ingresos por la recepción de los residuos, se buscó cuál era el porcentaje que debía reducir para que el cobro por recepción de residuos resultara mínimo y el  $VAN_{12\%}$  alcanzara un valor cercano a \$0. Para que esta situación suceda, la reducción de los ingresos por recepción de residuos debiera ser en un 55,6 %.

Para que el proyecto siga siendo rentable se puede disminuir en un 55,6 % el cobro por la recepción de los residuos, incluso regalando el compost producido. De esto se puede deducir que los mayores ingresos de este proyecto provienen del cobro de recepción de residuos el cual siempre podrá ser considerado, ya que la otra alternativa de disposición de los residuos son los rellenos sanitarios. Los ingresos por la venta del compost son más variables, ya que el mercado para este tipo de producto aún es incipiente.

## **CONCLUSIONES**

La actividad de compostaje, efectivamente es una actividad que reduce emisiones de GEI, a la vez que genera importantes beneficios ambientales. El proyecto cumple el criterio de adicionalidad establecido por el MDL. La reducción de emisiones crea beneficios reales, mensurables y a largo plazo relacionados con la mitigación del cambio climático.

Las diferencias en las variables ambientales tales como clima, temperatura, humedad, la composición de los residuos y los modelos matemáticos utilizados, explican las diferencias observadas en la estimación de reducción de GEI en otros proyectos de plantas de compostaje.

Es conveniente para los ejecutores de proyectos MDL, que la normativa no sea restrictiva para la línea base, puesto que con una mayor regulación, se disminuye la cantidad de emisiones a reducir. Esta situación, no debe frenar las políticas ambientales que se encuentran en elaboración, tal como el anteproyecto del reglamento de rellenos sanitarios, donde una posible exigencia del porcentaje de captación reduciría las emisiones potenciales de ser capturadas y vendidas bajo el ciclo del MDL.

El proyecto estudiado es económicamente rentable en las alternativas 1,2 y 3, incluso si varía uno de los ingresos por recepción de residuos o por la venta del producto, manteniendo fijo uno de ellos. De esta forma el  $VAN_{12\%}$  sobrepasa los 1,8 millones de pesos y la TIR alcanza un valor superior al 147% para un período de 10 años. Para el  $VAN_{12\%} = 0$  se pueden disminuir en un 55,6 % el cobro de recepción de los residuos, incluso regalando el compost producido.

Paralelamente a la ratificación del Protocolo de Kioto, los factores de riesgo estudiados como los del proyecto y línea base, son una base fundamental a la hora de negociar el precio de los certificados de reducción, ya que si se identifican y son controlados se alcanzan mejores precios en los CER.

La tendencia general es hacia la sofisticación del mercado y a la generación de fuerzas que impulsen el desarrollo de éste, proyectándose la creación masiva de clubes de compradores, corredores, mercados integrados, entre otros. Por otro lado, las empresas que brindan asesorías ambientales deberán ofrecer, además del contacto económico para la compra de los bonos de carbono, la solución tecnológica para efectuar la reducción de emisiones en cualquier tipo de proyecto.

### **LITERATURA CITADA**

- ACQUATELLA, J. 2001. Fundamentos económicos de los mecanismos de flexibilidad para la reducción internacional de emisiones en el marco de la Convención de Cambio Climático (CMCC). Serie Medio Ambiente y Desarrollo N ° 38. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, CEPAL, Naciones Unidas.
- BITRAN & ASOCIADOS. 2003. Estudio de Políticas de Abatimiento de gas de efecto invernadero y desarrollo económico: Sinergias y desafíos en el sector de los rellenos sanitarios en el caso en Chile. Santiago, Chile. 117 p.
- C.A. HENDRIKS AND D. DE JAGER. 1999. Global Methane and Nitrous Oxide Emissions Options and Potential for Reduction, p. 7. In: the Second International Symposium Non-CO2 Greenhouse Gases: Scientific Understanding, Control and Implementation Noordwijkerhout, The Netherlands, 13 p.
- CNE. 2004. Electricidad, Sistema eléctricos, Sistema Interconectado Central (SIC) [En línea]. Disponible en el WWW <[http://www.cne.cl/buscador/f\\_buscador.php](http://www.cne.cl/buscador/f_buscador.php)>. [consulta: Mayo 2004].
- CDM. 2004. UNFCCC. Clean Development Mechanism [En línea] Disponible en el WWW <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/process>>. [consulta: Septiembre 2004].
- CONAMA. 2002. Declaración de impacto ambiental: “Modificación planta de compost agroindustrial Pullihue LTDA.”. pp 5-7. Santiago, Chile.

- CONAMA 2003. Oportunidades para Chile en el MDL. Santiago, Chile, 29 p.
- CONAMA 2004a. Mercado internacional de Bono de Carbono, mercado local de bonos. [En línea]. Disponible en el WWW <<http://www.conama.cl/coain>>. [consulta: Marzo 2004].
- CONAMA. 2004b. Instrumentos económicos para el control de la contaminación atmosférica. Seminario en Hyatt. Santiago, Chile. 605 p.
- CONAMA. 2004c. Estimación en la generación de RSD desde año 2000 a año 2020. [En línea]. Disponible en el WWW<<http://www.conama.cl/rm/568/article-907.html>>. [consulta: Octubre de 2004].
- CO2-solution.com, 2004. Estado ratificación Kioto. [En línea]. Disponible en el WWW<[http://www.co2solutions.com/menu\\_web/index\\_menu.asp?cuerpo=normalsec.asp](http://www.co2solutions.com/menu_web/index_menu.asp?cuerpo=normalsec.asp)>. [consulta: Enero de 2004].
- DIARIO PYME, 2003, Riesgo país de Chile, alcanza mínimo histórico. [En línea]. Disponible en el WWW<<http://www.diariopyme.cl/newtenberg/1499/article-50456.html>>. [consulta: Junio de 2004].
- ECOAMERICA. 2003. Chile tras los beneficios de Kyoto, La búsqueda de un cambio en la matriz energética. Revista Ambiental 30: pp.17-19. Santiago, Chile.
- EL MERCURIO, 2004, Economía y Negocios, Agrosuper recupera US\$30 millones bajando emisiones [En línea]. Disponible en el WWW<<http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=57880>>. [consulta: Agosto de 2004].

- ESTRATEGIA, 2004, Agrosuper Vende Bonos de Carbono a Canadá y Japón. [En línea]. Disponible en el WWW<<http://www.estrategia.cl/mes/25/ambito/agros.htm>>. [consulta: Septiembre de 2004].
- GEF, 2004, Indonesia: West Java and Jakarta Environmental Management Project Global Environment Facility Concept Note [En línea]. Disponible en el WWW<[http://www.gefweb.org/COUNCIL/GEF\\_C14/pipeline2/WB/Indonesia%20West%20Final.pdf](http://www.gefweb.org/COUNCIL/GEF_C14/pipeline2/WB/Indonesia%20West%20Final.pdf)>. [consulta: Septiembre de 2004].
- GINTING, D. KESSAVALOU, A. EGHBALL, B. DORAN, J. 1996. “Greenhouse Gas Emissions and Soil Indicators Four Years after Manure and Compost Applications”. Technical reports, ESTADOS UNIDOS. 388 p.
- HOORNWEG ET AL. 1999. Composting and Its Applicability in Developing Countries Published for the Urban Development Division The World Bank, Washington, Estados Unidos, 52 p.
- INTEC. 1999. Manual de Compostaje. Corporación de Investigación Tecnológica de Chile. Pp 89.
- IPCC. 1996a. Climate Change 1995: Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 188 p.
- IPCC. 1996b. Greenhouse gas inventory reference manual. Table 1-1.
- JP MORGAN, 2004, Índice de Mercados emergentes [En línea]. Disponible en el WWW<<http://www.jpmorgan.com>>. [consulta: Septiembre de 2004].

- MIDEPLAN 2004. Inversión Pública, Sistema Nacional de Inversiones [En línea]. Disponible en el <<http://www.mideplan.cl/publico>> [consulta: Noviembre de 2004].
- MONTENEGRO S., HERVÉ D. Y DURÁN V. 2001. Los Tratados Ambientales: Principios y Aplicación en Chile. pp. 339 – 362. Santiago, Chile.
- OBACH, J. 2003 Viabilidad Técnico-Económica de la reutilización de residuos sólidos domiciliarios en la región Metropolitana. Memoria de título Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. 84 p.
- OTERO, L. 1998. Residuos sólidos urbanos, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, España. 78 p.
- PIZARRO, R. & VALDES, C. 2001. Análisis de la gestión de los residuos sólidos urbanos en los municipios de la Región del Maule, Chile y propuesta de actuación. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales, Talca, Chile. 136 p.
- PROTOTYPE CARBON FUND 2003. Riesgos que afectan a los proyectos PCF [En línea]. Disponible en el <<http://carbonfinance.org/pcf/router.cfm?Page=Home>> [consulta: Julio de 2004].
- QUÉ PASA. 2003. Mitos y Verdades del dólar. Edición del 12 de Diciembre de 2003 50 p. Santiago, Chile.
- SANHUEZA, EDUARDO. 2002 . Ciclo MDL, Santiago, Chile, 1 p.

- RAPIDEZ B., PICADO F., TORRES M. Y TORREZ B. 2002. Guía para comprender el Cambio Climático, Nicaragua. 25 p.
- SESMA. 2003. Residuos Sólidos depositados mensualmente en relleno sanitario, Loma Los Colorados – 2003 [En línea]. Disponible en el <<http://www.sesma.cl/sitio/pag/residuos/Indexjs3residuos12003.htm>> [consulta: Junio de 2004].
- SESMA. 2004. Residuos Domiciliarios, Disposición de la basura R.M. [En línea]. Disponible en el <<http://www.sesma.cl/sitio/pag/residuos/Indexjs3residuosd003.asp>>. [consulta: Mayo de 2004].
- SMITH, BROWN, OGILVIE, RUSHTON, Bates 2001. Waste Management Options and Climate Change. Informe final para la Comisión Europea, Londres, Inglaterra, 188 p.
- SUNIL, K. 2004. Atmospheric Environmental. Estimation method for national methane emission from solid waste land fills. pp 17-24.
- SUSTENTABLE. 2004. Chile pone en marcha mercado global del carbono [En línea]. Disponible en el <<http://www.sustentable.cl/portada/Industria/3540.asp>>. [consulta: Septiembre de 2004].
- SOFOFA. 2004 . Nombres de empresas de fertilizantes de origen vegetal y animal, Santiago, Chile, 1 p.
- TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H. And VIGIL, S.A. 1997. Integrated Solid Waste Management engineering principles and management issues, Mexico. 1107 p.

- UNFCCC, 2002. Glosario de términos utilizados en el documento de proyecto del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (DP-MDL).
- UNFCCC, 2004a. Register a Project Activity [En línea]. Disponible en el WWW <<http://cdm.unfccc.int/pac/howto/CDMProjectActivity/Register>>. [consulta: Junio de 2004].
- UNFCCC, 2004b. Actions to meet commitments under the United Nations Framework Convention on Climate Change. [En línea]. Disponible en el WWW <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/approved>> [consulta: Febrero 2004].
- UNFCCC, 2004c. National Inventory Submissions [En línea]. Disponible en el WWW <[http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/2761.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/2761.php)> [consulta: Septiembre 2004].
- VERGARA, A. 2002 Pre-factibilidad Técnica y económica de un sistema de purificación y utilización del biogás generado en el relleno sanitario Loma Los Colorados. Memoria Ingeniero Civil de Industrias, Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería. 124 p.

**APÉNDICE I**Cuadro 1: Emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (situación línea base) en el Escenario 1

<b>Año (t)</b>	<b>R (t/año)</b>	<b>Rápida Degradación (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>"Lenta Degradación (m<sup>3</sup>/año)"</b>	<b>"No degradable (m<sup>3</sup>/año)"</b>	<b>Total Producción de CH<sub>4</sub> (t/año)</b>	<b>Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente anual</b>
1996	1.407.479	0	0	0	0	0
1997	1.477.853	2.015.290	71.811	0	1.356	28.480
1998	1.551.746	4.079.210	145.355	0	2.745	57.648
1999	1.629.333	6.195.540	220.767	0	4.169	87.556
2000	1.710.800	8.368.215	298.186	0	5.631	118.260
2001	1.796.340	10.601.332	377.759	0	7.134	149.818
2002	2.204.790	15.078.246	537.286	0	10.147	213.086
2003	2.096.976	16.164.259	575.984	0	10.878	228.434
2004	2.201.825	18.748.641	668.074	0	12.617	264.957
2005	2.311.916	21.416.293	763.131	0	14.412	302.656
2006	2.427.512	24.172.569	861.346	0	16.267	341.608
2007	2.548.887	27.023.057	962.918	0	18.185	381.891
2008	2.676.332	29.973.595	1.068.055	0	20.171	423.588
2009	2.810.148	33.030.285	1.176.974	0	22.228	466.785
2010	2.950.656	36.199.505	1.289.904	0	24.361	511.573
2011	3.098.189	39.487.924	1.407.081	0	26.574	558.045
2012	3.253.098	42.902.518	1.528.753	0	28.871	606.300
2013	3.415.753	46.450.584	1.655.182	0	31.259	656.442
2014	3.586.541	50.139.760	1.786.640	0	33.742	708.577
2015	3.765.868	53.978.041	1.923.410	0	36.325	762.820
2016	3.954.161	57.973.796	2.065.791	0	39.014	819.288

El promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 366.086 toneladas en el escenario 1.

Cuadro 2: Emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (situación línea base) en el Escenario 2

Año (t)	"R (t/año)"	Rápida Degradación (m <sup>3</sup> /año)	"Lenta Degradación (m <sup>3</sup> /año)"	"No degradable (m <sup>3</sup> /año)"	Total Producción de CH <sub>4</sub> (t/año)	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente anual
1996	1.407.479	0	0	0	0	0
1997	1.477.853	5.176.128	184.442	0	3.483	73.149
1998	1.551.746	10.477.159	373.335	0	7.051	148.064
1999	1.629.333	15.912.802	567.024	0	10.709	224.880
2000	1.710.800	21.493.163	765.870	0	14.464	303.742
2001	1.796.340	27.228.765	970.248	0	18.324	384.798
2002	2.204.790	38.727.397	1.379.981	0	26.062	547.297
2003	2.096.976	41.516.744	1.479.374	0	27.939	586.716
2004	2.201.825	48.154.544	1.715.900	0	32.406	680.522
2005	2.311.916	55.006.219	1.960.047	0	37.017	777.350
2006	2.427.512	62.085.517	2.212.305	0	41.781	877.395
2007	2.548.887	69.406.791	2.473.185	0	46.708	980.860
2008	2.676.332	76.985.038	2.743.222	0	51.807	1.087.956
2009	2.810.148	84.835.928	3.022.975	0	57.091	1.198.905
2010	2.950.656	92.975.843	3.313.026	0	62.569	1.313.939
2011	3.098.189	101.421.912	3.613.986	0	68.252	1.433.299
2012	3.253.098	110.192.052	3.926.494	0	74.154	1.557.239
2013	3.415.753	119.305.006	4.251.218	0	80.287	1.686.024
2014	3.586.541	128.780.392	4.588.856	0	86.663	1.819.930
2015	3.765.868	138.638.743	4.940.140	0	93.298	1.959.249
2016	3.954.161	148.901.555	5.305.837	0	100.204	2.104.283

El promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 940.267 toneladas en el escenario 2.

Cuadro 3: Emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (situación línea base) en el Escenario 3

Año (t)	"R (t/año)"	Rápida Degradación (m <sup>3</sup> /año)	Lenta Degradación (m <sup>3</sup> /año)"	"No degradable (m <sup>3</sup> /año)"	Total Producción de CH <sub>4</sub> (t/año)	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente anual
1996	1.407.479	0	0	0	0	0
1997	1.477.853	3.022.935	107.717	0	2.034	42.720
1998	1.551.746	6.118.814	218.033	0	4.118	86.471
1999	1.629.333	9.293.310	331.150	0	6.254	131.333
2000	1.710.800	12.552.323	447.279	0	8.447	177.390
2001	1.796.340	15.901.998	566.639	0	10.701	224.728
2002	2.204.790	22.617.368	805.929	0	15.220	319.630
2003	2.096.976	24.246.388	863.976	0	16.317	342.651
2004	2.201.825	28.122.961	1.002.111	0	18.925	397.435
2005	2.311.916	32.124.440	1.144.696	0	21.618	453.984
2006	2.427.512	36.258.853	1.292.019	0	24.401	512.412
2007	2.548.887	40.534.585	1.444.376	0	27.278	572.837
2008	2.676.332	44.960.392	1.602.082	0	30.256	635.382
2009	2.810.148	49.545.428	1.765.462	0	33.342	700.178
2010	2.950.656	54.299.258	1.934.856	0	36.541	767.359
2011	3.098.189	59.231.886	2.110.621	0	39.860	837.068
2012	3.253.098	64.353.776	2.293.130	0	43.307	909.450
2013	3.415.753	69.675.876	2.482.774	0	46.889	984.662
2014	3.586.541	75.209.640	2.679.959	0	50.613	1.062.866
2015	3.765.868	80.967.062	2.885.115	0	54.487	1.144.230
2016	3.954.161	86.960.695	3.098.687	0	58.521	1.228.932

El promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 549.129 toneladas en el escenario 3.

Cuadro 4: Emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (situación línea base) en el Escenario 4

Año (t)	"R (ton/año)"	Rápida Degradación (m <sup>3</sup> /año)	Lenta Degradación (m <sup>3</sup> /año)"	"No degradable (m <sup>3</sup> /año)"	Total Producción de CH <sub>4</sub> (t/año)	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente anual
1996	1.407.479	0	0	0	0	0
1997	1.477.853	7.764.191	276.663	0	5.225	109.724
1998	1.551.746	15.715.738	560.002	0	10.576	222.095
1999	1.629.333	23.869.203	850.536	0	16.063	337.321
2000	1.710.800	32.239.745	1.148.805	0	21.696	455.613
2001	1.796.340	40.843.147	1.455.372	0	27.486	577.197
2002	2.204.790	58.091.095	2.069.971	0	39.093	820.946
2003	2.096.976	62.275.115	2.219.061	0	41.908	880.075
2004	2.201.825	72.231.816	2.573.850	0	48.609	1.020.783
2005	2.311.916	82.509.329	2.940.070	0	55.525	1.166.025
2006	2.427.512	93.128.275	3.318.457	0	62.671	1.316.093
2007	2.548.887	104.110.186	3.709.778	0	70.061	1.471.290
2008	2.676.332	115.477.556	4.114.834	0	77.711	1.631.934
2009	2.810.148	127.253.892	4.534.462	0	85.636	1.798.358
2010	2.950.656	139.463.765	4.969.539	0	93.853	1.970.908
2011	3.098.189	152.132.868	5.420.979	0	102.378	2.149.948
2012	3.253.098	165.288.078	5.889.741	0	111.231	2.335.858
2013	3.415.753	178.957.510	6.376.827	0	120.430	2.529.035
2014	3.586.541	193.170.589	6.883.284	0	129.995	2.729.895
2015	3.765.868	207.958.114	7.410.211	0	139.946	2.938.873
2016	3.954.161	223.352.333	7.958.756	0	150.306	3.156.425

El promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 1.410.400 toneladas en el escenario 4.

Cuadro 5: Emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (situación con proyecto) en el Escenario 1

Año (t)	"R (t/año)"	Rápida Degradación (m <sup>3</sup> /año)	Lenta Degradación (m <sup>3</sup> /año)"	"No degradable (m <sup>3</sup> /año)"	Total Producción de CH <sub>4</sub> (t/año)	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente anual
1996	1.407.479	0	0	0	0	0
1997	1.477.853	2.015.290	71.811	0	1.356	28.480
1998	1.551.746	4.079.210	145.355	0	2.745	57.648
1999	1.629.333	6.195.540	220.767	0	4.169	87.556
2000	1.710.800	8.368.215	298.186	0	5.631	118.260
2001	1.796.340	10.601.332	377.759	0	7.134	149.818
2002	2.204.790	15.078.246	537.286	0	10.147	213.086
2003	2.096.976	16.164.259	575.984	0	10.878	228.434
2004	2.201.825	18.748.641	668.074	0	12.617	264.957
2005	2.097.536	19.430.397	692.367	0	13.076	274.591
2006	2.184.761	21.755.312	775.211	0	14.640	307.447
2007	2.293.999	24.320.751	866.626	0	16.367	343.702
2008	2.408.699	26.976.235	961.249	0	18.154	381.229
2009	2.529.134	29.727.257	1.059.277	0	20.005	420.107
2010	2.655.590	32.579.555	1.160.913	0	21.925	460.416
2011	2.788.370	35.539.132	1.266.373	0	23.916	502.241
2012	2.927.788	38.612.266	1.375.878	0	25.984	545.670
2013	3.074.178	41.805.525	1.489.664	0	28.133	590.797
2014	3.227.887	45.125.784	1.607.976	0	30.368	637.720
2015	3.389.281	48.580.237	1.731.069	0	32.692	686.538
2016	3.558.745	52.176.417	1.859.212	0	35.112	737.359

El promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 335.050 toneladas en el escenario 1.

Cuadro 6: Emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (situación con proyecto) en el Escenario 2

Año (t)	"R (t/año)"	Rápida Degradación (m <sup>3</sup> /año)	"Lenta Degradación (m <sup>3</sup> /año)"	"No degradable (m <sup>3</sup> /año)"	Total Producción de CH <sub>4</sub> (t/año)	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente anual
1996	1.407.479	0	0	0	0	0
1997	1.477.853	5.176.128	184.442	0	3.483	73.149
1998	1.551.746	10.477.159	373.335	0	7.051	148.064
1999	1.629.333	15.912.802	567.024	0	10.709	224.880
2000	1.710.800	21.493.163	765.870	0	14.464	303.742
2001	1.796.340	27.228.765	970.248	0	18.324	384.798
2002	2.204.790	38.727.397	1.379.981	0	26.062	547.297
2003	2.096.976	41.516.744	1.479.374	0	27.939	586.716
2004	2.201.825	48.154.544	1.715.900	0	32.406	680.522
2005	2.097.536	49.905.587	1.778.295	0	33.584	705.268
2006	2.184.761	55.876.965	1.991.074	0	37.603	789.656
2007	2.293.999	62.466.112	2.225.867	0	42.037	882.774
2008	2.408.699	69.286.534	2.468.900	0	46.627	979.160
2009	2.529.134	76.352.335	2.720.677	0	51.382	1.079.015
2010	2.655.590	83.678.259	2.981.723	0	56.312	1.182.545
2011	2.788.370	91.279.721	3.252.587	0	61.427	1.289.969
2012	2.927.788	99.172.847	3.533.845	0	66.739	1.401.515
2013	3.074.178	107.374.506	3.826.096	0	72.258	1.517.421
2014	3.227.887	115.902.353	4.129.970	0	77.997	1.637.937
2015	3.389.281	124.774.869	4.446.126	0	83.968	1.763.324
2016	3.558.745	134.011.400	4.775.253	0	90.184	1.893.855

El promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 860.553 toneladas en el escenario 2.

Cuadro 7: Emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (situación con proyecto) en el Escenario 3

Año (t)	"R (t/año)"	Rápida Degradación (m <sup>3</sup> /año)	"Lenta Degradación (m <sup>3</sup> /año)"	"No degradable (m <sup>3</sup> /año)"	Total Producción de CH <sub>4</sub> (t/año)	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente anual
1996	1.407.479	0	0	0	0	0
1997	1.477.853	3.022.935	107.717	0	2.034	42.720
1998	1.551.746	6.118.814	218.033	0	4.118	86.471
1999	1.629.333	9.293.310	331.150	0	6.254	131.333
2000	1.710.800	12.552.323	447.279	0	8.447	177.390
2001	1.796.340	15.901.998	566.639	0	10.701	224.728
2002	2.204.790	22.617.368	805.929	0	15.220	319.630
2003	2.096.976	24.246.388	863.976	0	16.317	342.651
2004	2.201.825	28.122.961	1.002.111	0	18.925	397.435
2005	2.097.536	29.145.596	1.038.550	0	19.614	411.887
2006	2.184.761	32.632.968	1.162.817	0	21.961	461.171
2007	2.293.999	36.481.126	1.299.939	0	24.550	515.553
2008	2.408.699	40.464.353	1.441.874	0	27.231	571.844
2009	2.529.134	44.590.885	1.588.915	0	30.008	630.160
2010	2.655.590	48.869.332	1.741.370	0	32.887	690.624
2011	2.788.370	53.308.697	1.899.559	0	35.874	753.361
2012	2.927.788	57.918.399	2.063.817	0	38.976	818.505
2013	3.074.178	62.708.288	2.234.496	0	42.200	886.196
2014	3.227.887	67.688.676	2.411.963	0	45.551	956.579
2015	3.389.281	72.870.355	2.596.603	0	49.038	1.029.807
2016	3.558.745	78.264.625	2.788.818	0	52.669	1.106.039

El promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 502.575 toneladas en el escenario 3.

Cuadro 8: Emisiones de CH<sub>4</sub> en el relleno sanitario (situación con proyecto) en el Escenario 4

Año (t)	"R (t/año)"	Rápida Degradación (m <sup>3</sup> /año)	"Lenta Degradación (m <sup>3</sup> /año)"	"No degradable (m <sup>3</sup> /año)"	Total Producción de CH <sub>4</sub> (t/año)	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente anual
1996	1.407.479	0	0	0	0	0
1997	1.477.853	7.764.191	276.663	0	5.225	109.724
1998	1.551.746	15.715.738	560.002	0	10.576	222.095
1999	1.629.333	23.869.203	850.536	0	16.063	337.321
2000	1.710.800	32.239.745	1.148.805	0	21.696	455.613
2001	1.796.340	40.843.147	1.455.372	0	27.486	577.197
2002	2.204.790	58.091.095	2.069.971	0	39.093	820.946
2003	2.096.976	62.275.115	2.219.061	0	41.908	880.075
2004	2.201.825	72.231.816	2.573.850	0	48.609	1.020.783
2005	2.097.536	74.858.381	2.667.443	0	50.376	1.057.902
2006	2.184.761	83.815.448	2.986.612	0	56.404	1.184.484
2007	2.293.999	93.699.168	3.338.800	0	63.055	1.324.161
2008	2.408.699	103.929.801	3.703.350	0	69.940	1.468.740
2009	2.529.134	114.528.503	4.081.016	0	77.072	1.618.522
2010	2.655.590	125.517.388	4.472.585	0	84.467	1.773.817
2011	2.788.370	136.919.581	4.878.881	0	92.141	1.934.953
2012	2.927.788	148.759.270	5.300.767	0	100.108	2.102.272
2013	3.074.178	161.061.759	5.739.144	0	108.387	2.276.132
2014	3.227.887	173.853.530	6.194.956	0	116.996	2.456.906
2015	3.389.281	187.162.303	6.669.190	0	125.952	2.644.986
2016	3.558.745	201.017.099	7.162.880	0	135.275	2.840.782

El promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 1290.829 toneladas en el escenario 4.

Cuadro 9: Reducción de emisiones de GEI por la actividad de compostaje en el Escenario 1

<b>Año</b>	<b>Emisiones del relleno sanitario (con materia prima) (t CO<sub>2</sub> eq/año)</b>	<b>Emisiones del relleno sanitario (sin materia prima) (t CO<sub>2</sub> eq/año)</b>	<b>Emisiones del compost (t CO<sub>2</sub> eq/año)</b>	<b>Total emisiones reducidas (t CO<sub>2</sub> eq/año)</b>
1996	0	0	-	
1997	28.480	28.480	-	
1998	57.648	57.648	-	
1999	87.556	87.556	-	
2000	118.260	118.260	-	
2001	149.818	149.818	-	
2002	213.086	213.086	-	
2003	228.434	228.434	-	
2004	264.957	264.957	-	
2005	302.656	274.591	204,6	27.860
2006	341.608	307.447	204,6	33.956
2007	381.891	343.702	204,6	37.985
2008	423.588	381.229	204,6	42.154
2009	466.785	420.107	204,6	46.474
2010	511.573	460.416	204,6	50.953
2011	558.045	502.241	204,6	55.600
2012	606.300	545.670	204,6	60.425
2013	656.442	590.797	204,6	65.440
2014	708.577	637.720	204,6	70.653
2015	762.820	686.538	204,6	76.077
2016	819.288	737.359	204,6	81.724

El promedio de reducciones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 54.108 toneladas en el escenario 1.

Cuadro 10: Reducción de emisiones de GEI por la actividad de compostaje en el Escenario 2

<b>Año</b>	<b>"Emisiones de la LINEA BASE (con materia prima) (t Co2 eq/año)"</b>	<b>"Emisiones de la situación CON PROYECTO (sin materia prima) (t Co2 eq/año) "</b>	<b>"Emisiones de la situación CON PROYECTO () (t Co2 eq/año) "</b>	<b>TOTAL reducción</b>
1996	0	0	-	-
1997	73.149	73.149	-	-
1998	148.064	148.064	-	-
1999	224.880	224.880	-	-
2000	303.742	303.742	-	-
2001	384.798	384.798	-	-
2002	547.297	547.297	-	-
2003	586.716	586.716	-	-
2004	680.522	680.522	-	-
2005	777.350	705.268	204,6	71.878
2006	877.395	789.656	204,6	87.535
2007	980.860	882.774	204,6	97.881
2008	1.087.956	979.160	204,6	108.591
2009	1.198.905	1.079.015	204,6	119.686
2010	1.313.939	1.182.545	204,6	131.189
2011	1.433.299	1.289.969	204,6	143.125
2012	1.557.239	1.401.515	204,6	155.519
2013	1.686.024	1.517.421	204,6	168.398
2014	1.819.930	1.637.937	204,6	181.788
2015	1.959.249	1.763.324	204,6	195.720
2016	2.104.283	1.893.855	204,6	210.224

El promedio de reducciones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 139.295 toneladas en el escenario 2.

Cuadro 11: Reducción de emisiones de GEI por la actividad de compostaje en el Escenario 3

<b>Año</b>	<b>"Emisiones de la LINEA BASE (con materia prima) (t Co2 eq/año)"</b>	<b>"Emisiones de la situación CON PROYECTO (sin materia prima) (t Co2 eq/año) "</b>	<b>"Emisiones de la situación CON PROYECTO () (t Co2 eq/año) "</b>	<b>TOTAL reducción</b>
1996	0	0	-	-
1997	42.720	42.720	-	-
1998	86.471	86.471	-	-
1999	131.333	131.333	-	-
2000	177.390	177.390	-	-
2001	224.728	224.728	-	-
2002	319.630	319.630	-	-
2003	342.651	342.651	-	-
2004	397.435	397.435	-	-
2005	453.984	411.887	204,6	41.893
2006	512.412	461.171	204,6	51.037
2007	572.837	515.553	204,6	57.079
2008	635.382	571.844	204,6	63.334
2009	700.178	630.160	204,6	69.813
2010	767.359	690.624	204,6	76.531
2011	837.068	753.361	204,6	83.502
2012	909.450	818.505	204,6	90.740
2013	984.662	886.196	204,6	98.262
2014	1.062.866	956.579	204,6	106.082
2015	1.144.230	1.029.807	204,6	114.218
2016	1.228.932	1.106.039	204,6	122.689

El promedio de reducciones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 81.265 toneladas en el escenario 3.

Cuadro 12: Reducción de emisiones de GEI por la actividad de compostaje en el Escenario 4

<b>Año</b>	<b>"Emisiones de la LINEA BASE (con materia prima) (t Co2 eq/año)"</b>	<b>"Emisiones de la situación CON PROYECTO (sin materia prima) (t Co2 eq/año) "</b>	<b>"Emisiones de la situación CON PROYECTO () (t Co2 eq/año) "</b>	<b>TOTAL reducción</b>
1996	0	0	-	-
1997	109.724	109.724	-	-
1998	222.095	222.095	-	-
1999	337.321	337.321	-	-
2000	455.613	455.613	-	-
2001	577.197	577.197	-	-
2002	820.946	820.946	-	-
2003	880.075	880.075	-	-
2004	1.020.783	1.020.783	-	-
2005	1.166.025	1.057.902	204,6	107.919
2006	1.316.093	1.184.484	204,6	131.405
2007	1.471.290	1.324.161	204,6	146.924
2008	1.631.934	1.468.740	204,6	162.989
2009	1.798.358	1.618.522	204,6	179.631
2010	1.970.908	1.773.817	204,6	196.886
2011	2.149.948	1.934.953	204,6	214.790
2012	2.335.858	2.102.272	204,6	233.381
2013	2.529.035	2.276.132	204,6	252.699
2014	2.729.895	2.456.906	204,6	272.785
2015	2.938.873	2.644.986	204,6	293.683
2016	3.156.425	2.840.782	204,6	315.438

El promedio de reducciones de CO<sub>2</sub> equivalente anual, alcanza el valor de 209.044 toneladas en el escenario 4.

**APÉNDICE II**

Flujo de Caja Proyecto de compostaje en alternativa 1, sin ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos:</b>						
Ingresos por ventas de Compost		420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000
Ingresos por recibo de Residuos		750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597
Ingreso por venta de Bonos de Carbono		0	0	0	0	0
<b>Total Ingresos</b>		<b>1.170.191.597</b>	<b>1.170.191.597</b>	<b>1.170.191.597</b>	<b>1.170.191.597</b>	<b>1.170.191.597</b>
<b>Egresos:</b>						
Costos fijos		174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables		136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>		<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		832.341.597	832.341.597	832.341.597	832.341.597	832.341.597
<b>Impuesto (17%)</b>		141.498.071	141.498.071	141.498.071	141.498.071	141.498.071
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		690.843.525	690.843.525	690.843.525	690.843.525	690.843.525
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>						
Inversión en Infraestructura	-90.000.000					
Inversión en Tecnología	-278.500.000					
Inversión en Proyecto MDL	0					
Inversión en Capital de trabajo	155.000.000					
Valor residual de la inversión						
Recuperación del capital de trabajo						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-213.500.000</b>	<b>718.693.525</b>	<b>718.693.525</b>	<b>718.693.525</b>	<b>718.693.525</b>	<b>718.693.525</b>

(Continúa)

Continuación Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 1), sin ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO				
	6	7	8	9	10
<b>Ingresos:</b>					
Ingresos por ventas de Compost	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000
Ingresos por recibo de Residuos	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597
Ingreso por venta de Bonos de Carbono	0	0	0	0	0
<b>Total Ingresos</b>	<b>1.170.191.597</b>	<b>1.170.191.597</b>	<b>1.170.191.597</b>	<b>1.170.191.597</b>	<b>1.170.191.597</b>
<b>Egresos:</b>					
Costos fijos	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	832.341.597	832.341.597	832.341.597	832.341.597	832.341.597
<b>Impuesto (17%)</b>	141.498.071	141.498.071	141.498.071	141.498.071	141.498.071
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	690.843.525	690.843.525	690.843.525	690.843.525	690.843.525
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>					
Inversión en Infraestructura					
Inversión en Tecnología					
Inversión en Proyecto MDL					
Inversión en Capital de trabajo					
Valor residual de la inversión					83.550.000
Recuperación del capital de trabajo					155.000.000
<b>Flujo de Caja</b>	<b>718.693.525</b>	<b>718.693.525</b>	<b>718.693.525</b>	<b>718.693.525</b>	<b>957.243.525</b>

Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 1), con ingresos por bonos de carbono  
(Octubre 2004).

	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos:</b>						
Ingresos por ventas de Compost		420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000
Ingresos por recibo de Residuos		750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597
Ingreso por venta de Bonos de Carbono		50.148.304	61.121.123	68.372.101	75.877.586	83.653.096
<b>Total Ingresos</b>		<b>1.220.339.901</b>	<b>1.231.312.719</b>	<b>1.238.563.698</b>	<b>1.246.069.182</b>	<b>1.253.844.692</b>
<b>Egresos:</b>						
Costos fijos		174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables		136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>		<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		882.489.901	893.462.719	900.713.698	908.219.182	915.994.692
<b>Impuesto (17%)</b>		150.023.283	151.888.662	153.121.329	154.397.261	155.719.098
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		732.466.618	741.574.057	747.592.369	753.821.921	760.275.595
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>						
Inversión en Infraestructura	-90.000.000					
Inversión en Tecnología	-278.500.000					
Inversión en Proyecto MDL	-90.000.000					
Inversión en Capital de trabajo	155.000.000					
Valor residual de la inversión						
Recuperación del capital de trabajo						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-303.500.000</b>	<b>760.316.618</b>	<b>769.424.057</b>	<b>775.442.369</b>	<b>781.671.921</b>	<b>788.125.595</b>

(Continúa)

Continuación Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 1), con ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO				
	6	7	8	9	10
<b>Ingresos:</b>					
Ingresos por ventas de Compost	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000
Ingresos por recibo de Residuos	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597
Ingreso por venta de Bonos de Carbono	91.714.856	100.079.830	108.765.763	117.791.219	127.175.628
<b>Total Ingresos</b>	<b>1.261.906.452</b>	<b>1.270.271.426</b>	<b>1.278.957.359</b>	<b>1.287.982.816</b>	<b>1.297.367.224</b>
<b>Egresos:</b>					
Costos fijos	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	924.056.452	932.421.426	941.107.359	950.132.816	959.517.224
<b>Impuesto (17%)</b>	157.089.597	158.511.642	159.988.251	161.522.579	163.117.928
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	766.966.855	773.909.784	781.119.108	788.610.237	796.399.296
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>					
Inversión en Infraestructura					
Inversión en Tecnología					
Inversión en Proyecto MDL					
Inversión en Capital de trabajo					
Valor residual de la inversión					83.550.000
Recuperación del capital de trabajo					155.000.000
<b>Flujo de Caja</b>	<b>794.816.855</b>	<b>801.759.784</b>	<b>808.969.108</b>	<b>816.460.237</b>	<b>1.062.799.296</b>

Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 2), sin ingresos por bonos de carbono  
(Octubre 2004).

	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos:</b>						
Ingresos por ventas de Compost		420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000
Ingresos por recibo de Residuos		0	0	0	0	0
Ingreso por venta de Bonos de Carbono		0	0	0	0	0
<b>Total Ingresos</b>		<b>420.000.000</b>	<b>420.000.000</b>	<b>420.000.000</b>	<b>420.000.000</b>	<b>420.000.000</b>
<b>Egresos:</b>						
Costos fijos		174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables		136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>		<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		82.150.000	82.150.000	82.150.000	82.150.000	82.150.000
<b>Impuesto (17%)</b>		13.965.500	13.965.500	13.965.500	13.965.500	13.965.500
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		68.184.500	68.184.500	68.184.500	68.184.500	68.184.500
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>						
Inversión en Infraestructura	-90.000.000					
Inversión en Tecnología	-278.500.000					
Inversión en Proyecto MDL	0					
Inversión en Capital de trabajo	155.000.000					
Valor residual de la inversión						
Recuperación del capital de trabajo						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-213.500.000</b>	<b>96.034.500</b>	<b>96.034.500</b>	<b>96.034.500</b>	<b>96.034.500</b>	<b>96.034.500</b>

(Continúa)

Continuación Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 2), sin ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO				
	6	7	8	9	10
<b>Ingresos:</b>					
Ingresos por ventas de Compost	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000
Ingresos por recibo de Residuos	0	0	0	0	0
Ingreso por venta de Bonos de Carbono	0	0	0	0	0
<b>Total Ingresos</b>	<b>420.000.000</b>	<b>420.000.000</b>	<b>420.000.000</b>	<b>420.000.000</b>	<b>420.000.000</b>
<b>Egresos:</b>					
Costos fijos	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	82.150.000	82.150.000	82.150.000	82.150.000	82.150.000
<b>Impuesto (17%)</b>	13.965.500	13.965.500	13.965.500	13.965.500	13.965.500
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	68.184.500	68.184.500	68.184.500	68.184.500	68.184.500
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>					
Inversión en Infraestructura					
Inversión en Tecnología					
Inversión en Proyecto MDL					
Inversión en Capital de trabajo					
Valor residual de la inversión					83.550.000
Recuperación del capital de trabajo					155.000.000
<b>Flujo de Caja</b>	<b>96.034.500</b>	<b>96.034.500</b>	<b>96.034.500</b>	<b>96.034.500</b>	<b>334.584.500</b>

Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 2), con ingresos por bonos de carbono  
(Octubre 2004).

	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos:</b>						
Ingresos por ventas de Compost		420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000
Ingresos por recibo de Residuos		0	0	0	0	0
Ingreso por venta de Bonos de Carbono		50.148.304	61.121.123	68.372.101	75.877.586	83.653.096
<b>Total Ingresos</b>		<b>470.148.304</b>	<b>481.121.123</b>	<b>488.372.101</b>	<b>495.877.586</b>	<b>503.653.096</b>
<b>Egresos:</b>						
Costos fijos		174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables		136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>		<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		<i>132.298.304</i>	<i>143.271.123</i>	<i>150.522.101</i>	<i>158.027.586</i>	<i>165.803.096</i>
<b>Impuesto (17%)</b>		22.490.712	24.356.091	25.588.757	26.864.690	28.186.526
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		<i>109.807.593</i>	<i>118.915.032</i>	<i>124.933.344</i>	<i>131.162.896</i>	<i>137.616.570</i>
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>						
Inversión en Infraestructura	-90.000.000					
Inversión en Tecnología	-278.500.000					
Inversión en Proyecto MDL	-90.000.000					
Inversión en Capital de trabajo	155.000.000					
Valor residual de la inversión						
Recuperación del capital de trabajo						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-303.500.000</b>	<b>137.657.593</b>	<b>146.765.032</b>	<b>152.783.344</b>	<b>159.012.896</b>	<b>165.466.570</b>

(Continúa)

Continuación Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 2), con ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO				
	6	7	8	9	10
<b>Ingresos:</b>					
Ingresos por ventas de Compost	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000	420.000.000
Ingresos por recibo de Residuos	0	0	0	0	0
Ingreso por venta de Bonos de Carbono	91.714.856	100.079.830	108.765.763	117.791.219	127.175.628
<b>Total Ingresos</b>	<b>511.714.856</b>	<b>520.079.830</b>	<b>528.765.763</b>	<b>537.791.219</b>	<b>547.175.628</b>
<b>Egresos:</b>					
Costos fijos	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	173.864.856	182.229.830	190.915.763	199.941.219	209.325.628
<b>Impuesto (17%)</b>	29.557.025	30.979.071	32.455.680	33.990.007	35.585.357
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	144.307.830	151.250.759	158.460.083	165.951.212	173.740.271
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>					
Inversión en Infraestructura					
Inversión en Tecnología					
Inversión en Proyecto MDL					
Inversión en Capital de trabajo					
Valor residual de la inversión					83.550.000
Recuperación del capital de trabajo					155.000.000
<b>Flujo de Caja</b>	<b>172.157.830</b>	<b>179.100.759</b>	<b>186.310.083</b>	<b>193.801.212</b>	<b>440.140.271</b>

Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 3), sin ingresos por bonos de carbono  
(Octubre 2004).

	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos:</b>						
Ingresos por ventas de Compost		0	0	0	0	0
Ingresos por recibo de Residuos		750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597
Ingreso por venta de Bonos de Carbono		0	0	0	0	0
<b>Total Ingresos</b>		750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597
<b>Egresos:</b>						
Costos fijos		174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables		136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>		310.000.000	310.000.000	310.000.000	310.000.000	310.000.000
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		412.341.597	412.341.597	412.341.597	412.341.597	412.341.597
<b>Impuesto (17%)</b>		70.098.071	70.098.071	70.098.071	70.098.071	70.098.071
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		342.243.525	342.243.525	342.243.525	342.243.525	342.243.525
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>						
Inversión en Infraestructura	-90.000.000					
Inversión en Tecnología	-278.500.000					
Inversión en Proyecto MDL	0					
Inversión en Capital de trabajo	155.000.000					
Valor residual de la inversión						
Recuperación del capital de trabajo						
<b>Flujo de Caja</b>	-213.500.000	370.093.525	370.093.525	370.093.525	370.093.525	370.093.525

(Continúa)

Continuación Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 3), sin ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO				
	6	7	8	9	10
<b>Ingresos:</b>					
Ingresos por ventas de Compost	0	0	0	0	0
Ingresos por recibo de Residuos	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597
Ingreso por venta de Bonos de Carbono	0	0	0	0	0
<b>Total Ingresos</b>	<b>750.191.597</b>	<b>750.191.597</b>	<b>750.191.597</b>	<b>750.191.597</b>	<b>750.191.597</b>
<b>Egresos:</b>					
Costos fijos	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	412.341.597	412.341.597	412.341.597	412.341.597	412.341.597
<b>Impuesto (17%)</b>	70.098.071	70.098.071	70.098.071	70.098.071	70.098.071
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	342.243.525	342.243.525	342.243.525	342.243.525	342.243.525
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>					
Inversión en Infraestructura					
Inversión en Tecnología					
Inversión en Proyecto MDL					
Inversión en Capital de trabajo					
Valor residual de la inversión					83.550.000
Recuperación del capital de trabajo					155.000.000
<b>Flujo de Caja</b>	<b>370.093.525</b>	<b>370.093.525</b>	<b>370.093.525</b>	<b>370.093.525</b>	<b>608.643.525</b>

Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 3), con ingresos por bonos de carbono  
(Octubre 2004).

	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos:</b>						
Ingresos por ventas de Compost		0	0	0	0	0
Ingresos por recibo de Residuos		750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597
Ingreso por venta de Bonos de Carbono		50.148.304	61.121.123	68.372.101	75.877.586	83.653.096
<b>Total Ingresos</b>		<b>800.339.901</b>	<b>811.312.719</b>	<b>818.563.698</b>	<b>826.069.182</b>	<b>833.844.692</b>
<b>Egresos:</b>						
Costos fijos		174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables		136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>		<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		462.489.901	473.462.719	480.713.698	488.219.182	495.994.692
<b>Impuesto (17%)</b>		78.623.283	80.488.662	81.721.329	82.997.261	84.319.098
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		383.866.618	392.974.057	398.992.369	405.221.921	411.675.595
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>						
Inversión en Infraestructura	-90.000.000					
Inversión en Tecnología	-278.500.000					
Inversión en Proyecto MDL	-90.000.000					
Inversión en Capital de trabajo	155.000.000					
Valor residual de la inversión						
Recuperación del capital de trabajo						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-303.500.000</b>	<b>411.716.618</b>	<b>420.824.057</b>	<b>426.842.369</b>	<b>433.071.921</b>	<b>439.525.595</b>

(Continúa)

Continuación Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 3), con ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO				
	6	7	8	9	10
<b>Ingresos:</b>					
Ingresos por ventas de Compost	0	0	0	0	0
Ingresos por recibo de Residuos	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597	750.191.597
Ingreso por venta de Bonos de Carbono	91.714.856	100.079.830	108.765.763	117.791.219	127.175.628
<b>Total Ingresos</b>	<b>841.906.452</b>	<b>850.271.426</b>	<b>858.957.359</b>	<b>867.982.816</b>	<b>877.367.224</b>
<b>Egresos:</b>					
Costos fijos	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	<b>504.056.452</b>	<b>512.421.426</b>	<b>521.107.359</b>	<b>530.132.816</b>	<b>539.517.224</b>
<b>Impuesto (17%)</b>	85.689.597	87.111.642	88.588.251	90.122.579	91.717.928
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	<b>418.366.855</b>	<b>425.309.784</b>	<b>432.519.108</b>	<b>440.010.237</b>	<b>447.799.296</b>
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>					
Inversión en Infraestructura					
Inversión en Tecnología					
Inversión en Proyecto MDL					
Inversión en Capital de trabajo					
Valor residual de la inversión					83.550.000
Recuperación del capital de trabajo					155.000.000
<b>Flujo de Caja</b>	<b>446.216.855</b>	<b>453.159.784</b>	<b>460.369.108</b>	<b>467.860.237</b>	<b>714.199.296</b>

Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 4), sin ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos:</b>						
Ingresos por ventas de Compost		0	0	0	0	0
Ingresos por recibo de Residuos		333.443.660	333.443.660	333.443.660	333.443.660	333.443.660
Ingreso por venta de Bonos de Carbono		0	0	0	0	0
<b>Total Ingresos</b>		<b>333.443.660</b>	<b>333.443.660</b>	<b>333.443.660</b>	<b>333.443.660</b>	<b>333.443.660</b>
<b>Egresos:</b>						
Costos fijos		174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables		136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>		<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		-4.406.340	-4.406.340	-4.406.340	-4.406.340	-4.406.340
<b>Impuesto (17%)</b>		-749.078	-749.078	-749.078	-749.078	-749.078
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		-3.657.262	-3.657.262	-3.657.262	-3.657.262	-3.657.262
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>						
Inversión en Infraestructura	-90.000.000					
Inversión en Tecnología	-278.500.000					
Inversión en Proyecto MDL	0					
Inversión en Capital de trabajo	155.000.000					
Valor residual de la inversión						
Recuperación del capital de trabajo						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-213.500.000</b>	<b>24.192.738</b>	<b>24.192.738</b>	<b>24.192.738</b>	<b>24.192.738</b>	<b>24.192.738</b>

(Continúa)

Continuación Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 4), sin ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO				
	6	7	8	9	10
<b>Ingresos:</b>					
Ingresos por ventas de Compost	0	0	0	0	0
Ingresos por recibo de Residuos	333.443.660	333.443.660	333.443.660	333.443.660	333.443.660
Ingreso por venta de Bonos de Carbono	0	0	0	0	0
<b>Total Ingresos</b>	<b>333.443.660</b>	<b>333.443.660</b>	<b>333.443.660</b>	<b>333.443.660</b>	<b>333.443.660</b>
<b>Egresos:</b>					
Costos fijos	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	-4.406.340	-4.406.340	-4.406.340	-4.406.340	-4.406.340
<b>Impuesto (17%)</b>	-749.078	-749.078	-749.078	-749.078	-749.078
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	-3.657.262	-3.657.262	-3.657.262	-3.657.262	-3.657.262
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>					
Inversión en Infraestructura					
Inversión en Tecnología					
Inversión en Proyecto MDL					
Inversión en Capital de trabajo					
Valor residual de la inversión					83.550.000
Recuperación del capital de trabajo					155.000.000
<b>Flujo de Caja</b>	<b>24.192.738</b>	<b>24.192.738</b>	<b>24.192.738</b>	<b>24.192.738</b>	<b>262.742.738</b>

Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 4), con ingresos por bonos de carbono  
(Octubre 2004).

	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos:</b>						
Ingresos por ventas de Compost		0	0	0	0	0
Ingresos por recibo de Residuos		333.443.660	333.443.660	333.443.660	333.443.660	333.443.660
Ingreso por venta de Bonos de Carbono		50.148.304	61.121.123	68.372.101	75.877.586	83.653.096
<b>Total Ingresos</b>		<b>383.591.965</b>	<b>394.564.783</b>	<b>401.815.762</b>	<b>409.321.246</b>	<b>417.096.756</b>
<b>Egresos:</b>						
Costos fijos		174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables		136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>		<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>		45.741.965	56.714.783	63.965.762	71.471.246	79.246.756
<b>Impuesto (17%)</b>		7.776.134	9.641.513	10.874.180	12.150.112	13.471.949
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		37.965.831	47.073.270	53.091.582	59.321.134	65.774.808
<b>Depreciación</b>		27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>						
Inversión en Infraestructura	-90.000.000					
Inversión en Tecnología	-278.500.000					
Inversión en Proyecto MDL	-90.000.000					
Inversión en Capital de trabajo	155.000.000					
Valor residual de la inversión						
Recuperación del capital de trabajo						
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-303.500.000</b>	<b>65.815.831</b>	<b>74.923.270</b>	<b>80.941.582</b>	<b>87.171.134</b>	<b>93.624.808</b>

(Continúa)

Continuación Flujo de Caja Proyecto de compostaje (alternativa 4), con ingresos por bonos de carbono (Octubre 2004).

	AÑO				
	6	7	8	9	10
<b>Ingresos:</b>					
Ingresos por ventas de Compost	0	0	0	0	0
Ingresos por recibo de Residuos	333.443.660	333.443.660	333.443.660	333.443.660	333.443.660
Ingreso por venta de Bonos de Carbono	91.714.856	100.079.830	108.765.763	117.791.219	127.175.628
<b>Total Ingresos</b>	<b>425.158.516</b>	<b>433.523.490</b>	<b>442.209.423</b>	<b>451.234.880</b>	<b>460.619.288</b>
<b>Egresos:</b>					
Costos fijos	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000	174.000.000
Costos variables	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000	136.000.000
<b>Total Egresos</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>	<b>310.000.000</b>
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Utilidad Antes de Impuestos</b>	87.308.516	95.673.490	104.359.423	113.384.880	122.769.288
<b>Impuesto (17%)</b>	14.842.448	16.264.493	17.741.102	19.275.430	20.870.779
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	72.466.068	79.408.997	86.618.321	94.109.450	101.898.509
<b>Depreciación</b>	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000	27.850.000
<b>Flujo de Capitales</b>					
Inversión en Infraestructura					
Inversión en Tecnología					
Inversión en Proyecto MDL					
Inversión en Capital de trabajo					
Valor residual de la inversión					83.550.000
Recuperación del capital de trabajo					155.000.000
<b>Flujo de Caja</b>	<b>100.316.068</b>	<b>107.258.997</b>	<b>114.468.321</b>	<b>121.959.450</b>	<b>368.298.509</b>

**ANEXO I****Tabla Metodologías presentadas a la Junta Ejecutiva**

<b>Metodologías</b>	<b>Host Country</b>	<b>EB Decision</b>
NM0001: Vale do Rosario Bagasse Cogeneration (VRBC) Project	Brasil	A
NM0002: V&M do Brasil Fuel Switch project	Brasil	C
NM0003: Construction fo new methanol production plant (M5000) in Trinidad	Trinidad y Tobago	C
NM0004: Salvador Bahia landfill gas project	Brasil	A
NM0005: Nova Gerar landfill gas to energy project	Brasil	A
NM0006: El Canada Hydroelectric project	Canada	C
NM0007: HFC Decomposition project in Ulsan	Korea	A
NM0008: Penas Blancas hydroelectric project	Costa Rica	C
NM0009: AT Biopower rice husk project	Thailand	C
NM0010: Durban landfill-gas-to-electricity project	South Africa	A
NM0011: 26 MW Bagasse/ biomass based cogeneration power project	India	C
NM0012: Wigton wind farm Project	Jamaica	B
NM0013: FELDA Lepar Hilir palm oil mill	Malaysia	C
NM0014: AT Biopwer rice husk project- displacement of steam	Thailand	C
NM0015: AT Biopower rice husk project- methane avoidance	Thailand	C
NM0016: Graneros plant fuel switching project	Chile	A
NM0017: Steam system efficiency improvements in refineries in Fushun, China	China	B
NM0018: Metrogas Package Cogeneration Project	Chile	B
NM0019: A.T. Biopower rice husk power project	Thailand	A
NM0020: La Vuelta and La Herradura hydroelectric Project	Colombia	B
NM0021: Cerupt methodology for landfill gas recovery	Brasil	A
NM0022: Methane capture and combustion from swine manure treatment for Peralillo	Chile	A
NM0023: El Gallo Hydroelectric Project	Mexico	A
NM0024: Colombia: Jepirachi Windpower Project	Colombia	B
NM0025: 18 MW Biomass Power Project in Tamilnadu, India	India	C

NM0026: Rang Dong Oil Field Associated Gas Recovery and Utilization Project	Vietnam	A
NM0027: CERUPT: Alternative Investment Analysis: Catanduva Sugarcane Mill, Brazil	Brasil	N/A
NM0028: TA Sugars co-generation and fuel switch project - fuel switch component	India	A
NM0029: V&M do Brasil Avoided Fuel Switch Project	Brasil	N/A
NM0030: Haidergarh Bagasse Based Co-generation Power Project	India	B
NM0031: OSIL - 10 MW Waste Heat Recovery Based Captive Power Project	India	B
NM0032: Municipal Solid Waste Treatment cum Energy Generation, Lucknow, India	India	A
NM0033: Holcim Costa Rica's Cartago Plant Expansion Project	Costa Rica	B
NM0034: Granja Becker Greenhouse Gas (GHG) Mitigation Project	Brasil	B
NM0035: TA Sugars co-generation and fuel switch project - capacity augmentation component	India	N/A
NM0036: Zafarana Wind Power Plant Project in the Arab Republic of Egypt	Egypt	N/A
NM0037: Energy efficiency project by modification of CO2 removal system of Ammonia Plant to reduce steam consumption	India	N/A
NM0038: Methane Gas Capture and Electricity Production at Chisinau Wastewater Treatment Plant, Moldova	Moldova	N/A
NM0040: Replacement of Fossil Fuel by Palm Kernel Shell Biomass in the production of Portland Cement	Malasia	N/A
NM0039: Bumibiopower Methane Extraction and Power Generation Project	Malaysia	N/A
NM0041: Khorat Waste To Energy Project, Thailand	Thailandia	N/A
NM0042: Energy Efficiency Improvements in Municipal Water Utilities in Karnataka, India - water pumping efficiency improvement	India	N/A
NM0043: Bayano Hydroelectric Expansion and Upgrade Project in Panama	Panamá	N/A
NM0044: Energy Efficiency Improvements in Municipal Water Utilities in Karnataka, India - power factor improvements	India	N/A

NM0045: Birla Corporation Limited: CDM project for "Optimal Utilization of Clinker and Conversion Factor Improvement	India	N/A
NM0046: Andijan District Heating Project	Uzbekistan	N/A
NM0047: Indocement's Sustainable Cement Production Project Blended Cement Component	Indonesia	N/A
NM0048: Indocement's Sustainable Cement Production Project Alternative Fuel Component	Indonesia	N/A
NM0049: Waste heat recovery from BOF Gas at Jindal Vijayanagar Steel Limited through Power generation and supply to Karnataka Grid as also Jindal Vijayanagar Steel Limited ("JVSL") in Karnataka, India	India	N/A
NM0050: Ratchasima Small Power Producer (SPP) Expansion Project	Tailandia	N/A
NM0051: PCH Passo do Meio	Brasil	N/A
NM0052: Urban Mass Transportation System (TransMilenio), Bogotá DC, Colombia	Colombia	N/A
NM0053: Lihir Geothermal Power Project	Papua Nueva Guinea	N/A
NM0054: Sibimbe Hydroelectric Project	Ecuador	N/A
NM0055: Darajat Unit III Geothermal Project	Indonesia	N/A
NM0056: Vinasse Anaerobic Treatment Project - Compañía Licorera de Nicaragua	Nicaragua	N/A
NM0057: Emission Reduction through installation of point break feeders (PBF) in	India	N/A
NM0058: Energy Efficiency Improvements-Hou Ma District Heating, Shanxi Province	China	N/A
NM0059: Optimization and Co-Generation of Energy from Steel Making Process	Brasil	N/A
NM0060: Dan Chan Bio-Energy Cogeneration Project (DCBC)	Tailandia	N/A
NM0062: Electricity Generation Project With Cleaner Fuel	India	N/A
NM0061: Emission Reduction in Onsan, South Korea	South Korea	N/A
NM0063: Organic Green Waste Composting	Bangladesh	N/A

A: Aprobado

B: Bajo consideración

C: No aprobado

N/A: No aplica (se encuentra en etapa de comentarios a público)