
**Análisis económico
de la conversión de suelos de
vocación forestal a plantación
para biocombustible**

**Julia Maturana Coronel
y col.**

Ayudas a la investigación 2008

Autores

Julia Maturana Coronel

Licenciada en Ecología por la Universidad Centroamericana de Nicaragua (UCA)
Magister en Economía del Medio Ambiente por la Universidad de los Andes - Colombia
Directora de la Escuela de Economía de la Universidad Católica Santo Toribio (USAT)

Anggela Salazar Gómez

Estudiante de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT, Perú)

Índice

Objeto y alcance	5
1. Introducción y antecedentes	5
2. Objetivos	6
2.1. Objetivo general	6
2.2. Objetivos específicos	6
3. Materiales y metodologías	7
3.1. Diseño de investigación	7
3.2. Población y muestra	7
3.2.1. Población	7
3.2.2. Muestra	7
3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	7
3.3.1. Métodos	7
3.3.2. Técnicas	7
3.3.3. Evaluación multidisciplinaria del paisaje (MLA)	8
3.3.4. Metodología para recopilación de biomasa – inventario forestal	8
3.3.5. Análisis de costo beneficio (ABC) multi-agentes	10
4. Resultados	11
4.1. Evaluación multidisciplinaria del paisaje (MLA)	11
4.1.1. Mapeo comunitario	11
4.1.2. Aplicación de encuestas	11
4.2. Inventario de especies existentes	12
4.3. Cálculo de biomasa total	13
4.3.1. Biomasa de árboles	13
4.3.2. Biomasa de hierbas	13
4.3.3. Biomasa de hojarasca	14
4.3.4. Biomasa de tierras	14
4.3.5. Biomasa total	14
4.4. Análisis costo-beneficio (ABC) multi-agentes	15
4.4.1. Aplicar a un proyecto MDL	15
4.4.2. Inversión privada	15
4.4.3. Combinación de ambas opciones	15
5. Discusión	16

6.	Conclusiones	17
7.	Bibliografía	18
8.	Anexos	18
8.1.	Anexo 1: Formatos de recolección de datos biométricos de árboles y Arbustos	18
8.2.	Anexo 2: Formatos de recolección de datos de hierbas y hojarasca	19
8.2.1.	Formato de recolección de datos de hierbas	19
8.2.2.	Formato de recolección de datos de hojarasca	19
8.3.	Anexo 3: Mapeo comunitario, realizado por la comunidad campesina de Tongorrape	20
8.4.	Anexo 4	20
8.4.1.	Primer inventario forestal de árboles	20
8.4.2.	Primer inventario forestal de arbustos	20
8.5.	Anexo 5: Análisis de la aplicación a un proyecto MDL	21
8.5.1.	Escenario pesimista	21
8.5.2.	Escenario conservador	22
8.5.3.	Escenario optimista	23
8.6.	Anexo 6: Análisis de plantación forestal y construcción de planta de Etanol	24
8.6.1.	Escenario pesimista	24
8.6.2.	Escenario conservador	25
8.6.3.	Escenario optimista	26
8.7.	Anexo 7: Combinación de aplicación a MDL y construcción de planta de Etanol	27
8.7.1.	Escenario pesimista	27
8.7.2.	Escenario conservador	28
8.7.3.	Escenario optimista	30

OBJETO Y ALCANCE

El cambio climático es un tema que con el pasar de los años se va haciendo cada vez más importante, debido a las consecuencias negativas que se generan como el aumento de la temperatura, el derretimiento de glaciares, la destrucción de la capa de ozono, etc. Por ello la primera iniciativa que nuestros representantes políticos asumieron fue la firma del Protocolo de Kyoto, donde se comprometen los países con mayores emisiones de gases efecto invernadero a buscar tecnologías limpias para poder trabajar y a reducir sus emisiones mediante la compra de CER (certificados de reducción de emisiones) a países en vías de desarrollo.

La firma de este protocolo, ha permitido el desarrollo de muchos proyectos de inversión que contribuyen con la mitigación de los gases de efecto invernadero y a su vez contribuyen con el desarrollo de muchas comunidades y pueblos de nuestro país. El presente estudio muestra la contribución que la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en unión con la Fundación MAPFRE, brindan a la comunidad campesina de Tongorrape, buscando ayudarles a determinar la mejor alternativa económica para el uso de sus áreas de bosque natural.

La comunidad campesina de Tongorrape, se encuentra ubicada en el departamento de Lambayeque, a 15 minutos antes de llegar a la ciudad de Olmos en Perú; cuenta con 9,301 ha de bosque, los cuales están distribuidos en áreas de llanura, lomada y colina. Los bosques de llanura tienen una antigüedad de 11 años, los de lomada una antigüedad de 26 años y los de colina una antigüedad de 50 años, además de ser estos los más preservados por el difícil acceso.

Este estudio plantea el análisis económico de dos opciones para el uso de las tierras, a saber: 1.- No invertir y aplicar a bonos por captura de carbono directamente y 2.- Permitir inversión privada bajo un sistema de reparto de utilidades Comunidad – Empresa. Adicionalmente se analiza una posible combinación entre las dos opciones mencionadas con el fin de identificar las características deseables de un proyecto de conversión de tierras para biocombustible que permita su generalización.

Para llevar a cabo el análisis, se utilizaron las metodologías de análisis costo beneficio (ACB) multi-agentes, la cual consiste en valorar por un lado los costos que se generarían en cada opción así como también los beneficios que esta generaría, con la finalidad de sopesar la opción más rentable para la comunidad; se usó también la metodología del inventario forestal para bosques secos, aplicada por el ministerio de agricultura peruano para el proyecto algarrobo, el cual permitió conocer la capacidad de absorción de CO₂ que tienen los bosques de la comunidad y poder estimar la rentabilidad del proyecto de aplicar al MDL (mecanismo de desarrollo limpio) por conservación de bosques; y finalmente se aplicó la metodología de evaluación multidisciplinaria del paisaje (MLA por sus siglas en inglés), la cual permitió hacer el reconocimiento de la zona y conocer la valoración por parte de la comu-

nidad de aplicar a un proyecto de conservación de bosques. Esto se logró a través de la aplicación de entrevistas y encuestas aplicadas durante el trabajo de campo con la comunidad. La aplicación de las metodologías mencionadas, generó los siguientes resultados:

1. La aplicación a un proyecto MDL es rentable para la comunidad ya que le permite obtener un VPN entre 1,001,864.58 USD y 3,114,073.23 USD por venta de CER, además de conservar sus bosques.
2. La segunda opción de aceptar a un inversionista extranjero para poder reforestar sus bosques con Paulownia s.p puede ser atractiva para la comunidad en los escenarios promedio y optimista, bajo el supuesto que la plantación forestal es sustituto perfecto del bosque natural. En estas opciones se obtiene un VPN entre 22,192.315.33 USD y 115,670.019.36 USD y una TIR entre 21% y 41% dependiendo del tipo de escenario analizado. En el escenario pesimista se obtiene VPN negativo.
3. De la combinación de ambas opciones resulta más rentable el escenario optimista donde se obtiene un VPN de 53,556,685.73 USD y una TIR de 40%. Para ello se ha estimado utilizar un 50% del área total para aplicación de proyecto al MDL y el otro 50% para la construcción de la planta de etanol.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El desarrollo del hombre, los animales y las plantas confluje y depende de un mismo entorno, el cual nos ha proporcionado los recursos necesarios para poder subsistir. Con el paso del tiempo y afectados por el mundo cambiante, hemos alterado nuestros hábitos de consumo, ocasionando en muchos casos la alteración de los ecosistemas. Vivimos en un mundo sometido a profundas transformaciones, que afectan las características biofísicas de los ecosistemas y la calidad de vida de la población. Esto se relaciona con el crecimiento exponencial de la población; las innovaciones de la ciencia y la tecnología; la mayor capacidad para producir bienes y servicios; las nuevas formas de gestionar la empresa y el trabajo y los cambios en los estilos de vida y equipamiento en los hogares entre otras (CAN, 2008).

El efecto principal de estos cambios ha sido un incremento en las demandas de la humanidad y una sobre explotación de los recursos naturales, aumentando cada vez más la brecha entre la demanda de la población por recursos naturales y la capacidad de regeneración de los mismos. La demanda de la humanidad sobre el planeta se ha más que duplicado durante los últimos 45 años como resultado del crecimiento de la población y el creciente consumo individual (WWF, 2008).

Los desequilibrios que se producen dentro de los diferentes ecosistemas, impiden que éstos cumplan con sus funciones básicas, las cuales permiten el desarrollo de la humanidad. La evaluación de los ecosistemas del milenio

describe cuatro categorías de servicios de los ecosistemas, comenzando con la más fundamental:

- Servicios de apoyo (el ciclo biogeoquímico de nutrientes, la formación de suelos y la producción primaria).
- Servicios de abastecimiento (la producción de alimentos, agua dulce, materiales o combustibles).
- Servicios de regulación (regulación del clima y de las inundaciones, purificación del agua, polinización y control de plagas)
- Servicios culturales (valores estéticos y espirituales, educación y recreación).

El mal funcionamiento de los ecosistemas genera alteraciones en la provisión de estos servicios, cruciales para el sostenimiento de la vida en el planeta. En nuestros últimos tiempos, uno de los efectos más conocidos, contemplando repercusiones globales, es el efecto invernadero. Este es un fenómeno que ocasiona que la atmósfera absorba una mayor radiación solar, no dejando “escapar” los rayos solares reflejados desde la superficie de la tierra, elevando de forma creciente la temperatura en nuestro planeta. Este efecto se produce debido a la acumulación de algunos gases en la atmósfera, tales como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), perfluoro-carbono (PFC), hidro-fluoro-carbono (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6); conocidos como gases de efecto invernadero (GEI).

Aunque el metano es el gas que mayor efecto tiene sobre el calentamiento global, el dióxido de carbono es el que se presenta en mayor volumen, por lo que muchas de las políticas de reducción de GEI se enfocan en la reducción de éste último (MINAM, 2009).

En respuesta a la necesidad de reducir nuestras emisiones a la atmósfera y la cantidad de contaminantes acumulados en ella, se inicia un proceso de negociación a nivel mundial cuyos acuerdos se concretan con la firma del protocolo de Kyoto en 1997, dando inicio a un mercado hasta entonces inexistente, el mercado del carbono. Bajo el principio de las responsabilidades comunes diferenciadas, en este acuerdo se establece que aquellos países con mayor índice de emisión de GEI (por ende los que más han contribuido con el calentamiento global) deberán reducir sus niveles de emisiones en un plazo determinado y por un volumen específico.

Este nuevo mercado se caracterizó por una serie de mecanismos flexibles para hacer posible la reducción de las emisiones de los países industrializados (incluidos en el Anexo I), incluyendo el comercio internacional de emisiones, que permite a los países industrializados vender sus excedentes de reducción; la implementación conjunta, por la cual los países industrializados pueden comercializar entre ellos las reducciones obtenidas por medio de proyectos específicos, y el mecanismo de desarrollo limpio (MDL), por el cual se permite la “compra de reducciones” de GEI.

El MDL se caracteriza por promover las actividades de mitigación del cambio climático entre los países industrializados y los países en desarrollo. El fundamento que sostiene la posibilidad de transacciones internacionales de reducción de GEI parte del hecho que los trastornos climá-

ticos se distribuyen uniformemente en la atmósfera de todo el planeta y por lo tanto la reducción y/o secuestro de estos gases será equivalente en cualquier sitio del planeta. Este fundamento permite a los países industrializados comprometidos en reducir sus emisiones de GEI efectuar dichas reducciones mediante transacciones, a través de proyectos en países en desarrollo, donde los costos de reducción son inferiores a los costos equivalentes en los países industrializados. Este mecanismo representa una oportunidad para países como el Perú, ya que posibilita el ingreso de divisas a cambio de acciones de aforestación ó reforestación, contribuyendo a la mitigación de emisiones en el planeta y la conservación de nuestros recursos forestales.

Aunque nuestro país presenta un enorme potencial para proyectos MDL, su desarrollo es aún incipiente y nuestra región no presenta avances significativos en el uso y aplicación de este mecanismo; sin embargo algunas comunidades campesinas (con posesión sobre grandes áreas boscosas) podrían encontrar en este mercado una alternativa de desarrollo acorde con su modelo de vida y el respeto de sus bosques. Entre los proyectos aprobados encontramos un proyecto de reforestación por una comunidad campesina en la región Piura (Junio del 2008), para un periodo de reducción de 40 años, generando ingresos aproximados de 20 millones de dólares (MINAM, 2009). Siguiendo este ejemplo, la comunidad campesina de Tongorrape ubicada en el departamento de Lambayeque, distrito de Motupe desea analizar el beneficio económico que tendría aplicar a un proyecto de MDL mediante la reducción certificada de emisiones, sobre otras alternativas como la plantación de especies forestales de crecimiento rápido (*Pauwlonia* sp) para la generación de biocombustible ó la combinación de ambas alternativas. Esta comunidad cuenta con aproximadamente 12,000 hectáreas de uso comunal.

Esta investigación busca ofrecer la información necesaria para la comparación económica de las alternativas, teniendo como objetivo aportar al desarrollo de las comunidades campesinas y el proceso de toma de decisiones actuales y futuras.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Determinar la mejor alternativa económica de uso de suelos de vocación forestal y manejo comunitario a plantación para biocombustible en la comunidad campesina de Tongorrape (Lambayeque).

2.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un análisis económico de tres opciones para el uso de las tierras de la comunidad campesina.
- Comparar cada una de las opciones propuestas a través de un análisis costo – beneficio multi-agentes.
- Identificar las características deseables de un proyecto de conversión de tierras para biocombustibles que permitan su generalización.

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Para la realización de este estudio y en concordancia con los objetivos planteados, se requiere elaborar una línea base de captura de carbono, a fin de determinar la tasa de captura de los bosques de la Comunidad en estudio y poder proceder a comparar los beneficios de las distintas opciones en análisis. Una vez realizado el levantamiento base de información, se procede a comparar con la tasa de crecimiento de la plantación alternativa utilizando datos procedentes de fuentes secundarias.

3.1 Diseño de investigación

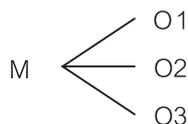
Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó el diseño descriptivo, cuyo diagrama es:

$$M \approx O$$

En donde:

M = Análisis económico de la conversión de tierras de uso comunal a plantación para biocombustible.

O = Información recogida con los instrumentos de investigación.



O1 = Información recogida a través de entrevistas realizadas a los dirigentes y pobladores de la C.C. de Tongorrape.

O2 = Información recogida mediante la aplicación de un inventario forestal.

O3 = Información recogida mediante revisión bibliográfica.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población estuvo conformada por todas las áreas de bosque que posee la comunidad campesina de Tongorrape (Ver tabla 1), sin incluir las áreas destinadas a vivienda y agricultura.

Tipo	Superficie (ha)
Bosque seco denso de colina	32
Bosque seco denso de llanura	405
Bosque seco ralo de colina	753
Bosque seco ralo de llanura	1,518
Bosque seco semi denso de colina	4,373
Bosque seco semi denso de llanura	2,019
Bosque seco semi denso de montaña	201
Total	9,301

Fuente: INRENA, 2009

Tabla 1. Cobertura Forestal – C.C. Tongorrape.

3.2.2 Muestra

Para calcular la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmulas:

$$n = \frac{K^2 \times p \times q \times N}{(e^2 \times (N - 1)) + K^2 \times p \times q}$$

Datos:

- k = Constante que indica el valor de confianza que asignemos = 1.96 (asignado a un nivel de confianza de 95%)
- p = Es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio = 0.5
- q = 1 – p = 0.5
- N = es el tamaño de la población.
- e = es el error muestral deseado = 5%

Calculando: n = 369 ha

Las unidades de muestreo que se seleccionaron fueron parcelas de 50m x 50m, cubriendo un área de 2,500 m² por parcela.

3.3 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

La metodología utilizada es acorde con el siguiente procedimiento:

3.3.1 Método

El método utilizado es de tipo descriptivo y cuantitativo.

3.3.2 Técnicas

Se emplearon las siguientes técnicas:

3.3.2.1 Técnica de Gabinete

- *Técnica de Fichaje*, incluyendo: fichas bibliográficas, fichas textuales y fichas de resumen. En el caso de las bibliográficas utilizamos el sistema Chicago para ciencias.
- *Técnica de Análisis de Textos*. Comentarios de los textos documentados, a través de las citas de documentación.

3.3.2.2 Técnica de Campo, como técnicas de campo se aplicaron

- *Entrevista*, con su instrumento el guión de entrevista.
- *Observación*, con su respectivo instrumento, la guía de observación.
- *Fase de campo*, la cual se realizó en la comunidad campesina de Tongorrape (Lambayeque). Se utilizaron las metodologías de evaluación multidisciplinaria del paisaje (MLA), inventario forestal para la medición de la biomasa y análisis costo beneficio (ACB) multiagentes.
- *Otros tipos de instrumentos*, cámaras fotográficas, grabadoras y cintas de audio.

3.3.2.3 Técnicas de procesamiento de datos

Para el análisis de los datos no se requiere más que un análisis simple, realizado en Excel para facilitar los cálculos y minimizar el error humano.

Para definir las parcelas, se hizo uso de imágenes satelitales, fotografías aéreas y mapas de vegetación, suelo o topografía. Estos elementos fueron combinados con mediciones directas en terreno para su validación. Este trabajo fue apoyado por un sistema de información geográfico (SIG), el cual facilitó la localización de los puntos de muestreo.

Para marcar los puntos de ubicación en cada parcela se utilizó el sistema de GPS (Global Positioning System) durante todo el recorrido, para los 11 sectores incluidos en el estudio. Para el levantamiento de datos y certificación de los recorridos diarios que efectuaban las cuadrillas se hizo uso del Programa Map Surf versión 1.0.

3.3.3. Evaluación multidisciplinaria del paisaje (MLA)

Trabajando con una gran gama de colaboradores, el Centro Internacional de Investigación Forestal (CIFOR), desarrolló una serie de métodos para evaluar lo que “realmente importa” en las comunidades que viven en los bosques tropicales. Conocido como “Valoración Multidisciplinaria del Paisaje” (MLA, por sus siglas en inglés), esta metodología facilita un mejor entendimiento entre gente trabajando por el desarrollo sostenible, políticos/tomadores de decisiones y comunidades forestales. Estos métodos desarrollados por el CIFOR, han sido adaptados y aplicados en Indonesia; Mozambique; Bolivia y Camerún -entre otros-, e incluyen las siguientes acciones:

Primeras actividades

- Una reunión con la comunidad para introducir la metodología, planificar y seleccionar a los expertos locales; y
- Un ejercicio inicial de mapeo participativo, dando por resultado una lista de los tipos de terreno y productos locales así como la distribución de éstos en un mapa. Esto sirve de base para el muestreo de campo.



Actividades a nivel de comunidad

- Entrevistas estructuradas con el jefe de la comunidad y el líder tradicional, así como con otros informantes clave. Los tópicos incluyen conocimiento tradicional sobre historia y origen cultural de la comunidad, uso del terreno, así como el tipo de uso de productos forestales.
- Encuesta de hogar con cuestionario, incluyendo datos demográficos, información sobre ingresos, tabúes, percepciones y aspiraciones.

- Ejercicios de valoración donde los pobladores indican su valoración de la importancia relativa de cada uno de los distintos productos y servicios que aprovechan del bosque.

Actividades de campo

La investigación de campo se basa en una combinación de descripciones científicas relativamente estándares del terreno, suelo y vegetación, y en las observaciones desde la perspectiva de la gente local, incluyendo descripción del sitio, datos de hierbas, trepadoras y otras plantas pequeñas; muestreo de árboles y evaluaciones del suelo.



3.3.4. Metodología para recopilación de biomasa – inventario forestal

Los instrumentos utilizados para la recopilación de datos del inventario forestal fueron estructurados en base al esquema utilizado por el proyecto algarrobos en Perú (MINAG, 2003), los cuales fueron diseñados específicamente para las áreas de bosque seco del país. Los formatos colectan datos biométricos de árboles y arbustos y fueron llenados durante el recorrido para la recolección de datos de biomasa y levantamiento de datos en las parcelas. Los formatos se muestran en el anexo 1. Los datos de lugar, sector, tamaño de parcela, fecha, jefe de brigada y grupo fueron pre-llenados en oficina antes de salir al campo. Los datos de número de parcela, coordenadas, especie, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura comercial (HC), densidad de corteza (DC) y cualquier observación requerida se llenaron en el campo durante el levantamiento de los datos.

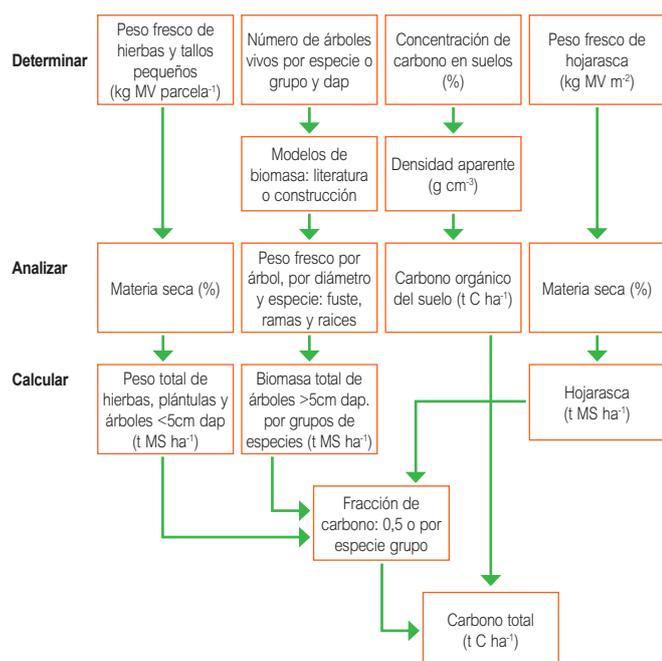
Posterior al llenado del formato de datos biométricos se procedió al levantamiento de datos de hojarasca y hierbas, para lo cual se utilizó el formato B presentado en el anexo 2. Este formato requiere el llenado de datos de peso fresco de las muestras y código para posteriormente secarlas al horno y obtener el peso seco a fin de estimar el porcentaje de humedad en cada una de las muestras.

Todos los datos fueron levantados por un total de tres cuadrillas de personas equipadas con un GPS para la ubicación permanente de las parcelas a través de las coordenadas. Las cuadrillas eran trasladadas diariamente a la zona o pernoctaban cuando las condiciones lo requerían. En la cuadro 1 se resume el procedimiento a seguir para poder calcular el carbono total de un área de bosque.

3.3.4.1. Identificación de las áreas de trabajo

Las áreas de trabajo fueron seleccionadas considerando las siguientes variables:

- Accesibilidad
- Cobertura vegetal.
- Grado de intervención.



Fuente: Schlegel, B.; Ganoso, J.; Guerra, J., 2001

Cuadro 1. Resumen del procedimiento para la captura de carbono.

Aunque inicialmente se había previsto trabajar en un total de seis sectores, al realizar la observación de las áreas de estudio y las variables consideradas para la selección de las zonas de trabajo, se tuvo que incluir cinco sectores adicionales, resultando 11 sectores seleccionados tal como se muestra en la tabla 2.

N°	Sectores	Coordenadas		Área (ha)
		Oeste	Norte	
1	Portachuelo 1	0646751	9333998	4,373.00
2	Portachuelo 2	0646320	9335436	
3	Loma Facunda	0650521	9327655	
4	Alto Perú	0647955	9324011	
5	Las Pampas	0646621	9326099	
6	Yocape-Paraje Soledad	0649911	9329439	2,018.00
7	Jabonillal	0649343	9331577	
8	El Teniente	0644202	9329030	
9	Cerro Chalpón – Cruz verde	0642628	9324201	753.00
10	La Rufina	0650417	9328485	
11	Pán de azúcar	0650303	9330749	1,518.00
				8,662.00

Tabla 2. Distribución de áreas seleccionadas.

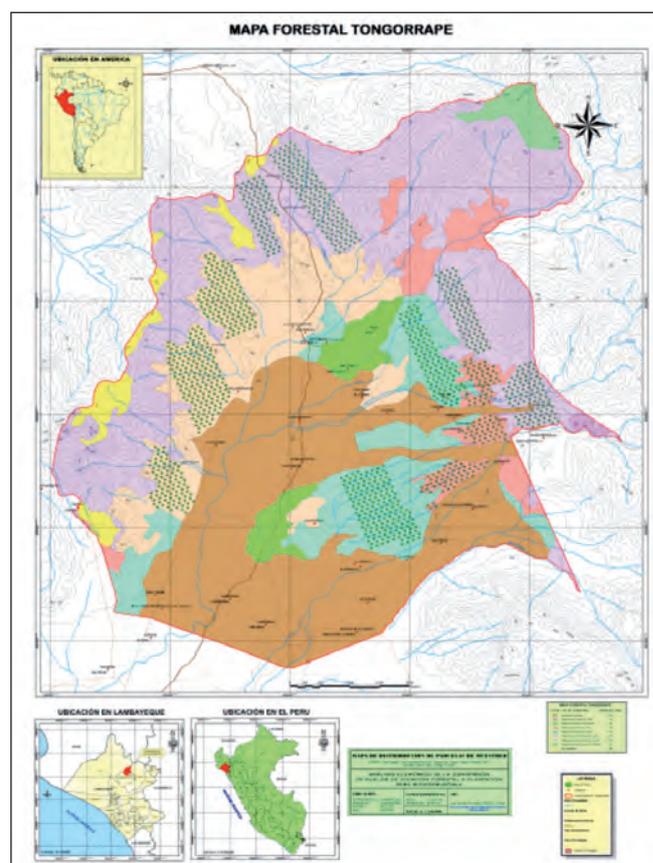
3.3.4.2 Establecimiento de parcelas experimentales

Definida el área total de los 11 sectores, se procedió al establecimiento de las parcelas experimentales, a fin de llevar a cabo el muestreo de biomasa en la zona. Se establecieron un total de 1,297 parcelas de las 1,733 originalmente planteadas. Debido a la inaccesibilidad de la zona

se tuvo que redefinir el tamaño de muestra, tomando en cuenta los criterios antes mencionados (accesibilidad, cobertura vegetal y grado de intervención). La distribución de las parcelas establecidas se muestra en la tabla 3 y mapa 1.

N°	Sector	N° parcelas
1	Portachuelo 1	104
2	Portachuelo 2	246
3	Jabonillal	31
4	Cerro Chalpón	89
5	Paraje Soledad-Yocape	267
6	La Rufina	44
7	Pan de azúcar	101
8	Loma Facunda	82
9	Alto Perú	103
10	Las Pampas	48
11	El Teniente	182
		1,297

Tabla 3. Distribución de número de parcelas por sector.



Mapa 1. Distribución de parcelas por sector.

3.3.4.3 Diseño de parcelas

Para bosque seco, como es el caso del bosque de la comunidad de Tongorrape, se utilizan parcelas de 50mts x 50mts, las cuales se subdividieron en parcelas más pe-

queñas dentro de las mismas para la medición de árboles, biomasa herbácea, hojarasca y suelo, según se muestra en el gráfico 1.

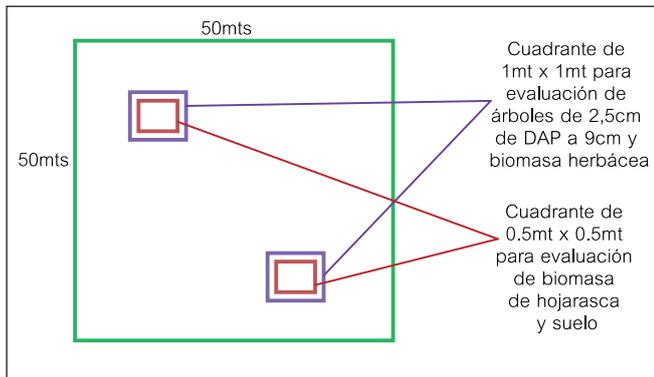


Gráfico 1. Diseño de parcelas para la evaluación de los diferentes componentes de la biomasa vegetal

3.3.4.3.1. Biomasa arbórea viva

Es toda biomasa (tronco, ramas, hojas) de los árboles con diámetros mayores de 2,5cm. Para estimar el carbono secuestrado en la biomasa arbórea viva, se trazaron parcelas de 50mts x 50mts donde se realizó el inventario forestal, midiendo todos los árboles que tengan el diámetro a la altura del pecho (DAP) de 2.5 cm a más. En los formatos se colectaron los datos biométricos de árboles y arbustos y fueron llenados durante el recorrido para la recolección de datos de biomasa y levantamiento de datos en las parcelas. Los formatos se muestran en el anexo 1.

3.3.4.3.2. Biomasa arbustiva y herbácea

Esta biomasa arbustiva (BAb) y herbácea (Bhb), está compuesta por la biomasa sobre el suelo (epigea), arbustos menores de 2,5 cm de diámetro, gramíneas y otras hierbas. La biomasa se estimó por muestreo directo en dos cuadrantes de 1mt x 1mt, distribuidas al azar dentro de cada parcela de 50mts x 50mts. Para el levantamiento de estos datos se utilizó el formato B, el cual se presenta en el anexo 1. Este formato requiere el llenado de datos de peso fresco de las muestras y código para posteriormente secarlas al horno a 200 grados centígrados por un tiempo de 10 minutos y obtener el peso seco para así estimar el porcentaje de humedad en cada una de las muestras.

Las fórmulas utilizadas para la conversión fueron las siguientes:

$$CH = \frac{(\text{Peso fresco} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Donde: CH = contenido de humedad

$$B = \frac{\text{Peso fresco total}}{1 + (CHT / 100)}$$

Donde: B = biomasa

CHT = contenido de humedad total (sumando todas las sub-muestras)

3.3.4.3.3. Biomasa de hojarasca (Bh)

Esta biomasa se cuantificó en base a la capa de mantillo u hojarasca y otros materiales muertos (ramillas, ramas) en cuadrantes de 0.5mt x 0.5mt colocados dentro de cada

uno de los cuadrantes de 1mt x 1mt. Se colectó toda la hojarasca y se registró el peso fresco total; de ésta se tomó una sub-muestra registrando su peso. Se colocó en bolsas de papel debidamente codificados y se secó en un horno a 200 grados centígrados por un tiempo de 5 minutos.

3.3.4.3.4. Biomasa de árboles muertos en pie

La biomasa de los árboles muertos en pie, se estimó en las parcelas de 50mts x 50mts de acuerdo con el DAP de los árboles, siguiendo el mismo proceso que para la estimación de la biomasa arbórea viva.

3.3.4.3.5. Biomasa de los árboles caídos muertos

De igual manera que para el caso anterior, se midió todos los árboles caídos muertos en los cuadrantes de 50mts x 50mts, y se registró el diámetro promedio, proveniente de dos medidas en el tronco caído y la longitud del árbol dentro del cuadrante.

3.3.4.3.6. Muestreo de suelos y medición de densidad aparente

En los cuadrantes señalados para el muestreo de biomasa herbácea, se colectó una muestra de tierra de 1 kg conteniendo todas las capas de suelo. Las muestras se identificaron apropiadamente y se llevaron al laboratorio a fin de determinar el porcentaje de carbono contenido en las mismas. Las muestras de suelo fueron analizadas en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en Lambayeque, incluyendo además del análisis de carbono, los análisis de pH; conductividad eléctrica; materia orgánica; carbonato de calcio; agua; textura; tipo de suelo y porcentaje de saturación.

3.3.5. Análisis costo beneficio (ACB) multi-agentes

El análisis Costo-Beneficio, permite definir la factibilidad de las alternativas planteadas en el proyecto a ser desarrollado. La técnica de Análisis Costo - Beneficio, tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de los costos en que se incurre con la realización de un proyecto, y a su vez comparar dichos costos con los beneficios esperados de la realización del proyecto.

Esta técnica nos permite:

- Valorar la necesidad y oportunidad de acometer la realización del proyecto.
- Seleccionar la alternativa más beneficiosa para la realización del proyecto.
- Estimar adecuadamente los recursos económicos necesarios en el plazo de realización del proyecto.

Para determinar si el proyecto es o no factible nos basaremos en los siguientes indicadores:

Retorno de la inversión este método consiste en calcular el costo y beneficio anual, sabiendo el costo total al iniciar el proyecto. Este método nos permitir saber en que año se recupera el costo total inicialmente estimado en el proyecto, donde el año de recuperación de la inversión es cuando la sumatoria de los beneficios netos es igual al costo total al inicio del proyecto.

Valor actual este método nos permitir tener en cuenta que un gasto invertido durante un cierto tiempo produce un beneficio. Con este método podremos determinar la cantidad de dinero que es viable invertir inicialmente para que se recupere la inversión en un periodo de tiempo determinado.

Este análisis se realiza desde el punto de vista de cada uno de los agentes involucrados en el análisis, en nuestro caso: Comunidad Campesina e inversionista externo.

4. RESULTADOS

4.1. Evaluación multidisciplinaria del paisaje (MLA)

4.1.1. Mapeo comunitario

A través del mapeo comunitario los pobladores de la comunidad campesina de Tongorrape identificaron todas las áreas de la comunidad, sus usos, límites y tipo de manejo (ver anexo 3).

Sectores	Centros poblados	Áreas de bosque
La Capilla 200 familias	La Capilla	Cascajal
Pueblo Nuevo 180 familias	Santa Rosa	Jabonillal
Leticia 50 familias	El Pato	Portachuelo
Arrozal 160 familias	Cardo	Totoras
Marripón 90 familias	Pueblo Nuevo	Yocape
El Cardo 200 familias	Cruz Verde	La Rufina
	Choloque	Loma Facunda
	Higueron	Rinconada Soledad
	La Arena	
	Molino el Carmen	
	El Arrozal	
	Alto Perú	
	Las Pampas	

Tabla 4. Distribución de áreas, según mapeo comunitario.

4.1.2. Aplicación de encuestas

El trabajo de aplicación de encuestas, se realizó paralelamente por un equipo de estudiantes en el proyecto denominado "Proyecto de captura de carbono en la comunidad de Tongorrape – Lambayeque" (Maturana, et.al, 2008), en donde se aplicaron 345 encuestas distribuidas en las familias de la comunidad. Entre los resultados encontramos:

a) El nivel de conocimiento por parte de los pobladores acerca de los temas de CO₂, Calentamiento Global y

Mercado de Carbono es casi nulo, debido al poco acceso de información que tienen los miembros de esta comunidad campesina tal y como lo muestran los resultados del gráfico 2.

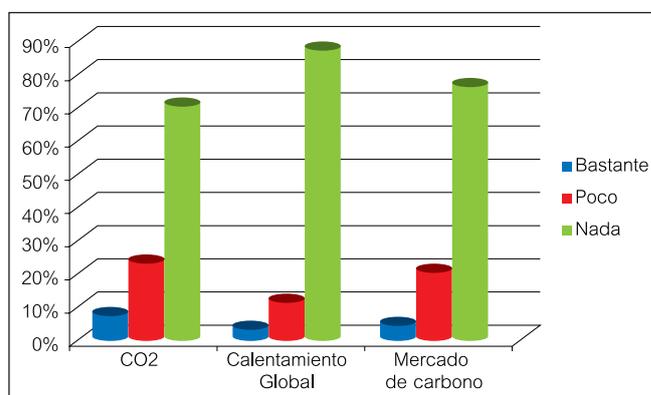


Gráfico 2. Distribución de la población en relación a su conocimiento sobre temas de CO₂, Calentamiento global y Mercado de carbono.

b) El proyecto para aplicar a bonos por captura de carbono es aceptado por la gran mayoría de la población de la comunidad, debido al beneficio que traerá consigo la preservación de sus bosques. Esto se muestra en el gráfico 3.

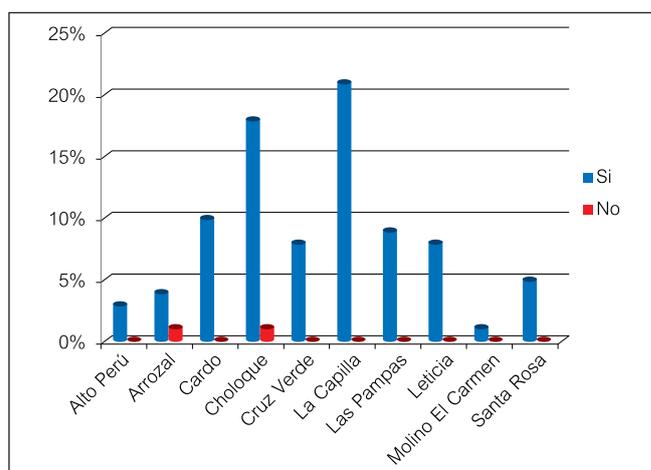


Gráfico 3. Distribución de la población según la aceptación al proyecto.

c) En relación a su nivel académico, podemos observar que la gran mayoría (74%) cuenta con conocimientos de nivel secundario y primario. (ver gráfico 4).

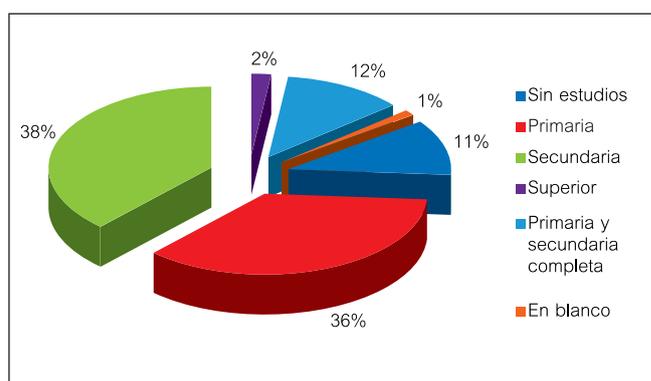


Gráfico 4. Distribución de la población según su grado de instrucción.

d) La comunidad ve en el proyecto de captura de carbono un beneficio importante como proveedor de un ingreso constante ya que en la actualidad la mayoría de ellos no cuentan con una ocupación laboral estable. (ver gráfico 5).

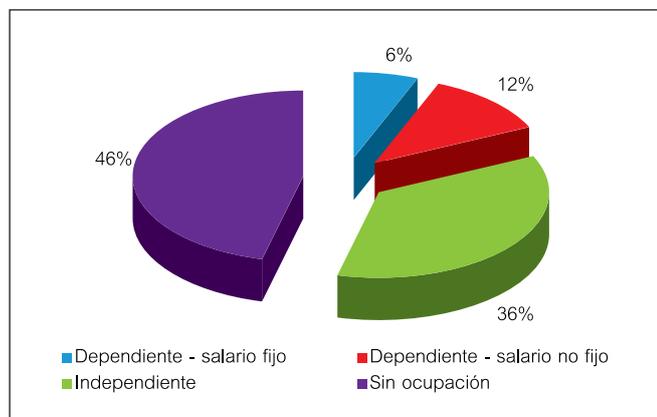


Gráfico 5. Distribución de la población según tipo de ocupación laboral.

e) La comunidad valora sus áreas de bosque en aproximadamente USD 1 por hectárea por año, aprovechando principalmente estas áreas para la provisión de frutas silvestres, miel de abejas y como sitio de caza.

4.2. Inventario de las especies existentes

Inicialmente se llevó a cabo un sondeo visual de las principales especies arbóreas observadas en cada uno de los sectores. Este primer sondeo se realizó en compañía de un experto en árboles de la zona (matero), registrando el nombre común de las especies, usos y características principales tanto de hábitat como de comportamiento.

En este primer inventario se registraron un total de 29 especies diferentes de árboles y arbustos. El detalle se presenta en el anexo 4.

Con los datos detallados por especie y tras una revisión documental se procedió a relacionar cada especie con el tipo de bosque en que se observó con mayor predominancia (llanura, lomada y colina), detallando su utilidad económica. Estos datos se presentan en la Tabla 4.

Nº	Género y especie	Sitio			Utilización
1	Algarrobo <i>Ceratonia siliqua L</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Madera: para uso de leña y carbón • Fruto: alimento para el ganado • Puño: alimento del ganado y elaboración de abono orgánico. • Flor: para apicultura
2	Faique <i>Acacia macracantha</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Madera: para uso de leña y carbón • Follaje: para alimento de ganado ovino, caprino • Flor: polinífero.
3	Zapote <i>Capparis Angulata</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Goma: antiparasitario para animales mayores y menores. • Follaje: para alimento de ganado. • Melífero: néctar para las abejas. • Madera: elaboración de artesanía.
4	Charán o Paypay <i>Caesalpineia glabrata kunth</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Follaje: para alimento de ganado. • Fruto: como cicatrizante
5	Algarrobo verde ó Palo Verde <i>Parkinsonia aculeata L.</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Flor: para apicultura.
6	Angolo <i>Penélope albipennis</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Follaje: para alimento de ganado. • Fruto: para ganado caprino.
7	Palo Santo <i>Bursera graveolens</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Madera: para elaboración de cajas, mueblería y sahumerio.
8	Hualtaco <i>Loxopterygium Huasango</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Madera: para elaboración de cajas y parquet.
9	Cedro andino <i>Cedrella odorata</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Madera: se usa como vigas para quinchado de casas y muebles.
10	Pasallo <i>Schizolobium sp</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Flor: para la apicultura. • Corteza: para elaboración de canastas y sogas.
11	Palo blanco <i>Rosedendrom donell smitthii</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Follaje: para alimento de ganado. • Flor: para uso de apicultura y malliponias.
12	Higuerón <i>Ficus citrifolia Mill</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Flor: para uso de apicultura. • Hojas: para elaboración de abono orgánico y para ayudar a los suelos a que incorporen materia orgánica. • Madera: por tradición y costumbre de la zona ayuda a curar las hernias.
13	Pajaro bobo <i>Tessaria integrifolia</i>	LLA	LO	CO	<ul style="list-style-type: none"> • Flor: para uso de apicultura.

LLA = Llanura; LO = Lomada; CO = Colina

Tabla 4. Registro de árboles según ubicación y descripción de su uso.

Posteriormente se procedió a levantar muestras botánicas de todos los árboles y arbustos con diámetro mayor a 10 cms. que se encontraban dentro de las parcelas de muestreo. En los casos en que fue posible se levantaron muestras de hojas, flores, frutos y corteza. Estas muestras botánicas se ubicaron en prensas de madera según el procedimiento regular y se analizaron con la ayuda de un botánico de la zona. Los datos resultantes se utilizaron para completar la tabla anterior y corregir en caso fuese requerido.

4.3. Cálculo de la biomasa total

4.3.1. Biomasa de árboles (A)

La biomasa arbórea se calculó en base a la fórmula general adaptada para bosques secos en el Perú (INRENA,

2003). Esta fórmula requiere únicamente de la estimación del diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles medidos, de la siguiente forma:

$$\text{Biomasa arbórea} = 0.1184 * \text{DAP}^{2.53}$$

Aplicando esta fórmula para el total de biomasa viva por parcela (Kg/árbol) y corrigiendo para el tamaño de parcela utilizado (50mx50m) se obtiene un valor promedio de 60.91 TM/Ha para árboles vivos y 16.48 TM/Ha para árboles muertos. (ver tabla 6)

4.3.2. Biomasa de hierbas (B)

La biomasa total de las hierbas de las 2,510 muestras analizadas en los 11 sectores seleccionados, genera un resultado total de 6.06 TM/Ha (ver tabla 7)

Sectores	Nº de parcelas	Biomasa de árboles vivos (TM/Ha)	Promedio BV por sector (TM/Ha)	Nº de parcelas	Biomasa de árboles muertos (TM/Ha)	Promedio BM por sector (TM/Ha)
Portachuelo 1	104	6,122.70	58.87	16	223.59	13.97
Portachuelo 2	245	15,517.06	63.33	74	1,021.49	13.80
Jabonillal	31	1,808.81	58.35	06	53.60	8.93
El Teniente	182	14,104.45	77.50	35	537.69	15.36
Cerro Chalpón	90	4,384.67	48.72	21	191.48	9.12
Paraje Soledad	239	19,119.63	80.00	25	761.39	30.46
La Rufina	37	2,178.46	58.88	11	179.94	16.36
Pan de azúcar	100	6,693.77	66.94	30	722.75	24.09
Loma Facunda	73	3,784.23	51.84	27	526.21	19.49
Alto Perú	80	4,196.05	52.45	10	138.69	13.87
Las Pampas	46	2,493.62	53.12	14	221.76	15.84
Total	1,227	80,353.45	60.91	269	4,578.59	16.48

Tabla 6. Cálculo de biomasa en árboles vivos y muertos.

Sectores	Nº de muestras	Nº de parcelas	Peso húmedo	Peso seco	% de humedad	Biomasa de Hierbas (Tm/Ha)
Portachuelo 1	208	104	12,514	9,745	8,096.05	7.50
Portachuelo 2	472	246	24,894	17,108	46,947.60	5.80
Jabonillal	62	31	2,310	1,688	3,792.19	4.36
El Teniente	366	182	17,970	13,490	15,747.72	5.90
Cerro Chalpón	176	89	8,617	6,004	12,682.21	5.46
Paraje Soledad	484	267	27,951	21,321	24,296.67	7.05
La Rufina	88	44	5,166	3,797	4,750.12	6.90
Pan de azúcar	208	101	10,045	7,080	14,965.15	5.45
Loma Facunda	140	82	8,359	5,792	9,498.30	6.62
Alto Perú	210	103	10,727	7,262	13,804.16	5.53
Las Pampas	96	48	4,981	3,662	4,526.82	6.10
Total	2,510	1,297	133,534	96,949	159,106.99	6.06

Tabla 7. Cálculo de biomasa en las hierbas.

4.3.3. Biomasa de hojarasca (C)

La biomasa total de la hojarasca de las 2,510 muestras analizadas en los 11 sectores seleccionados, genera un total de 17.07 TM/Ha. (ver tabla 8)

4.3.4. Biomasa de tierras (D)

La biomasa total de las muestras de tierras recolectadas en los 11 sectores seleccionados, dio un peso total 1,556,400 gr. Para poder analizar las muestras de tierra de cada sector, se procedió a mezclar todas las muestras por sector y a sacar una muestra de 1Kgr, la cual fue derivada al laboratorio para su estudio. Del análisis de laboratorio se obtuvo un indicador por sector, el cual permitió estimar el valor de carbono total en los 11 sectores, el cual corresponde a 2.33 $TMCO_2/Ha$. (ver tabla 9)

4.3.5. Biomasa Total (E)

Al sumar todos los datos para el área total, obteniendo la biomasa vegetal total a partir de la biomasa de árboles (vivos y muertos) de hierbas y hojarasca se encuentra que, en promedio, el bosque de la comunidad campesina de Tongorrape actualmente almacena 100.52 TM/Ha, lo cual convertido a carbono, utilizando un factor de conversión de 0.45 corresponde a 45.23 TM de carbono por hectárea. El carbono acumulado en el suelo corresponde a 2.33 TM/Ha. El carbono total acumulado en los bosques es la suma de ambos, correspondiendo a 47.56 TM/Ha. Si consideramos una antigüedad de 18 años para estos bosques, basándonos en el testimonio de los habitantes de la comunidad por cada tipo de bosque, obtenemos que, en promedio, estas áreas capturan 2.64 TM/Ha/año. Al calcular para el área total obtenemos 24,575.3 TM de carbono por año (ver tabla 10).

Sectores	Nº de muestras	Nº de parcelas	Peso húmedo	Peso seco	% de humedad	Biomasa de Hojarasca (TM/Ha)
Portachuelo 1	208	104	7,380	6,855	2,209.80	21.09
Portachuelo 2	472	246	15,068	13,884	6,344.74	18.83
Jabonillal	62	31	1,503	1,348	788.59	13.91
El Teniente	366	182	12,398	11,483	3,607.62	20.08
Cerro Chalpón	176	89	4,574	4,134	3,297.43	15.03
Paraje Soledad	484	267	13,641	12,431	6,473.20	16.44
La Rufina	88	44	2494	2274	1030.35	16.54
Pan de azúcar	208	101	5093	4574	3689.40	14.07
Loma Facunda	140	82	3907	3557	1632.70	16.26
Alto Perú	210	103	6543	6018	2621.51	18.34
Las Pampas	96	48	3128	2886	982.34	17.16
Total	2,510	1,297	75,729	69,444	32,677.69	17.07

Tabla 8. Cálculo de biomasa en la hojarasca.

Nº	Sector	Peso total (gr)	Peso total (kg)	Carbono/kg (%)	Carbono en el Suelo (TM/Ha)
1	Portachuelo 1	124,800.00	124.80	2.07	2.58336
2	Portachuelo 2	295,200.00	295.20	1.57	4.63464
3	Jabonillal	37,200.00	37.20	1.35	0.5022
4	Cerro Chalpón	106,800.00	106.80	1.17	1.24956
5	Paraje Soledad-Yocape	320,400.00	320.40	1.94	6.21576
6	La Rufina	52,800.00	52.80	2.05	1.0824
7	Pán de azúcar	121,200.00	121.20	2.35	2.8482
8	Loma Facunda	98,400.00	98.40	1.94	1.90896
9	Alto Perú	123,600.00	123.60	1.54	1.90344
10	Las Pampas	57,600.00	57.60	1.89	1.08864
11	El Teniente	218,400.00	218.40	0.75	1.638
Total	1,556,400.00	1,556.40	1.69	2.332	

Tabla 9. Cálculo de carbono en las muestras de tierras.

Biomasa Vegetal Total (BVT)	Biomasa árboles vivos Total (BAVT)	Biomasa Total árboles muertos en pie (BTAMP)	Biomasa arbustiva y herbácea (BAH)	Biomasa de hojarasca (Bh)	Carbono Total	Carbono Biomasa Vegetal (CBV)	Carbono en el suelo (CS)
TM/Ha	TM/Ha	TM/Ha	TM/Ha	TM/Ha	TM/Ha	TM/Ha	TM/Ha
100.52	60.91	16.48	6.06	17.07	47.56	45.23	2.33

Tabla 10. Cálculo de biomasa total.

4.4. Análisis costo beneficio (ACB) multi-agentes

Para el ACB multi agentes se comparó las 3 opciones posibles para el uso de las tierras de la comunidad, siendo estas: 1) Aplicar a un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio; 2) Destinar el área de bosque para plantación de *Paulownia sp.* y construcción de una planta para producción de etanol y 3) Combinar ambas opciones en la proporción que resulte más rentable. Los agentes incluidos en el análisis son: Comunidad Campesina e Inversor externo.

4.4.1. Aplicar a un proyecto MDL

Al realizar el análisis del flujo de fondos para la primera opción (aplicar directamente al mercado de carbono) encontramos que, debido a la baja inversión para realizar el proyecto y el tamaño del área disponible, el ingreso generado promedio puede variar entre 50 mil y 156 mil dólares por año, con un VPN entre un millón y 3 millones de dólares; dependiendo del precio del carbono en el mercado internacional y la tasa de crecimiento esperada del mismo. Las tablas con el análisis detallado se muestran en el anexo 5. Los datos principales para construir los flujos se observan en la Tabla 11.

Área de bosque (Ha)	Captura de carbono (TM/Ha/año)	Precio del carbono (USD/TM)
9,301	2.64	8 – 23

Tabla 11. Datos para la elaboración del flujo de fondos por captura de carbono.

4.4.2. Plantación forestal y construcción de planta de etanol

En esta opción se plantea “limpiar” el área del bosque natural para proceder a la plantación de una especie forestal de crecimiento rápido (*Paulownia sp.*). En esta opción se estaría liberando a la atmósfera en el primer año todo el carbono capturado por este ecosistema (442,355.56 TMCO_2) y se estaría posteriormente capturando carbono a una tasa de entre 17 y 22 TM CO_2 por hectárea por año. Al realizar el análisis, los resultados muestran que esta opción no es factible en un escenario de tasa de captura y precio bajo. Al utilizar un escenario promedio y optimista, esta opción generaría ingresos entre 1 millón y 5.8 millones de dólares por año (dependiendo del precio de mercado), requiriendo una inversión de unos 15 millones de dólares. La tasa interna de retorno sólo parece atractiva en un escenario de precios altos y para la tasa de creci-

miento más alta de la especie plantada (41%). En el escenario promedio la tasa de retorno corresponde a 21% (Ver anexo 6).

4.4.3. Combinación de las dos opciones

Para este caso se determinó que únicamente el 50% del área se destinaría a la plantación de *Paulownia sp.* tras el clareo del bosque natural y en el otro 50% del área se aplicaría a bonos por captura de carbono, haciendo uso del bosque natural existente. En este caso se considera que se estaría emitiendo a la atmósfera el carbono por el clareo del área de bosque (50% del área total).

El resultado del análisis de esta opción produce beneficios comparativamente menores a la opción en que se aplica a bonos por captura de carbono y biocombustible (100% del área) y mayores que la opción en que se aplica únicamente a captura de carbono. Los resultados se muestran en el gráfico 6.

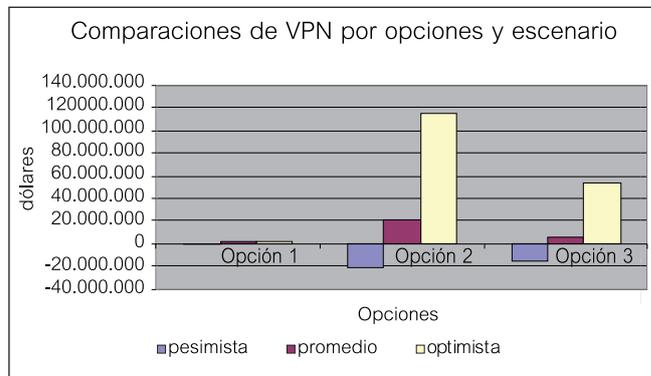


Gráfico 6. Valor presente neto de las tres opciones ante diferentes escenarios de precio.

Esta opción (3) implica inversiones por cerca de 7.5 millones de dólares en el año cero, recuperando la inversión al octavo año. Comparativamente hablando, la opción 2 sería más beneficiosa para el inversionista que la opción 3.

Desde el punto de vista de la Comunidad Campesina, la opción 1 parece ser bastante interesante y factible por requerir una inversión muy pequeña y únicamente en el año cero. Las opciones 2 y 3, serían atractivas para la comunidad si adicionalmente al pago de unos 190 mil dólares el año cero por compensación por el uso de la tierra se negocian pagos anuales posteriores entre 400 mil y 500 mil dólares del año 1 al 20.

Desde el punto de vista del inversionista y si utilizamos como criterio de toma de decisiones la rentabilidad, la opción 2 es la preferida, ya que presenta una mayor tasa de

recuperación para su inversión tanto en el escenario promedio como en el optimista. Aunque en el escenario optimista la diferencia en la TIR es muy pequeña (1%), en el escenario promedio la diferencia es de 3 puntos porcentuales a favor de la opción 2. Si el criterio de decisión es el riesgo, en este caso la opción seleccionada es la tercera, debido a que en este caso la inversión requerida es cerca de la mitad de lo que se requiere en la opción 2 y las TIR son muy similares en ambos casos (Ver gráficos 7 y 8).

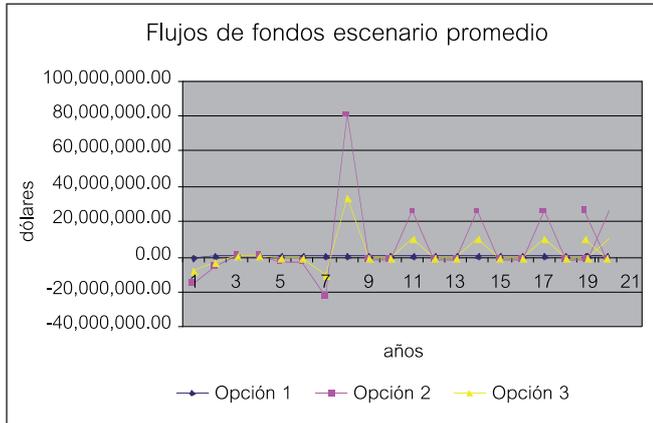
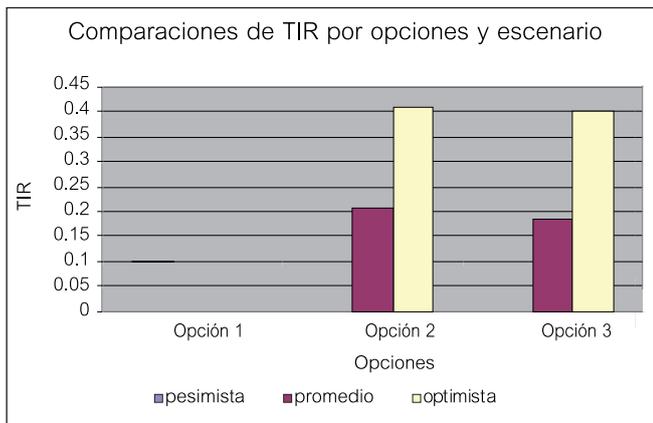


Gráfico 7. Flujo de fondos neto de las tres opciones ante diferentes escenarios de precio.



Nota: De este gráfico se eliminó la opción 1 por ser comparativamente demasiado grande.

Gráfico 8. Tasa interna de retorno de las opciones 2 y 3 ante diferentes escenarios de precio.

5. DISCUSIÓN

El dato más importante para la determinación de la rentabilidad de las áreas de bosque es el volumen de carbono capturado por estas áreas, así como la tasa de captura anual estimada. Estos valores fueron determinados para esta área en particular a través de la aplicación de una metodología para determinación de carbono en bosques naturales maduros que fue desarrollada y probada con anterioridad para las zonas de bosque seco de nuestra región. Por un lado se quiso determinar el volumen de carbono en las áreas por que todos los datos existentes en la literatura han sido desarrollados a partir de estimaciones generales a través de fotos satelitales, con un nivel

de verificación en campo muy pequeño. Esto puede generar grandes errores a la hora de estimar el volumen de carbono capturado en áreas particulares.

Por otro lado, era importante determinar este dato para poder tener como referente en la región, a fin que pueda ser utilizado por nuevos proyectos y para otras áreas similares en la zona, buscando ahorrar costos a otras comunidades campesinas o pequeños dueños de bosque interesados en aplicar al mercado de captura de carbono con áreas de bosque natural.

Los datos obtenidos muestran un valor promedio de 47.56 TM de carbono por hectárea y una tasa de captura aproximada de 2.64 TM CO₂/Ha/año. Estos valores están en el límite bajo de valores referenciales para la zona (3 a 10 TM CO₂/Ha/año), lo que demuestra la importancia de realizar observación directa en el campo.

El análisis de rentabilidad de la inversión utiliza costos estimados para el desarrollo e implementación de los estudios previos a la aplicación al mercado de carbono y los ingresos están en función de la tasa de captura obtenida directamente en nuestro estudio y el precio promedio del carbono en el mercado. Para la determinación del precio de carbono se utilizaron datos históricos, trabajando con un rango de entre 8 y 23 dólares por tonelada. Con estos datos se generaron tres flujos a diversos escenarios. El escenario pesimista utiliza el menor precio (8 USD/TM) y lo maneja constante durante el período de análisis (20 años); el escenario promedio usa el valor promedio del mercado (15.5 USD/TM) y un crecimiento del 1% anual en el precio; el escenario optimista utiliza el precio más alto (23 USD/TM) con una tasa de crecimiento del 1% en el precio. En los costos de la opción 1 no se incluye el costo de la tierra debido a que actualmente las áreas se encuentran destinadas a cobertura boscosa, por lo que el costo de oportunidad de dedicar las áreas a captura de carbono se considera nulo. Para las opciones 2 y 3 se considera un costo de 1 USD/Ha/año.

El análisis de las opciones que incluyen la deforestación de áreas de bosque para la plantación de una especie forestal de crecimiento rápido, toman en cuenta los costos de instalación de la plantación, su mantenimiento y cosecha, así como los costos de instalación y operación de una planta para la transformación de celulosa a biocombustible. Este análisis se realizó tomando en consideración la alternativa propuesta por inversionistas externos a la comunidad. En este caso el costo base de la tierra se determinó usando encuestas de valoración con los pobladores en la comunidad y todos los costos adicionales se obtuvieron de la literatura especializada en el área. Los ingresos dependen del precio del biocombustible y de la tasa de crecimiento de la especie considerada. Al igual que en el caso anterior, se generaron tres escenarios de análisis con precios y tasas de crecimiento mínimos, promedio y altos. Los resultados muestran ingresos esperados muy altos y rentabilidades entre 18% y 41%. Es importante resaltar que en el análisis de los casos con plantación como costos en el primer año. Sin embargo, la captura de carbono no es el único servicio que los bosques prestan

al ambiente y no todos pueden ser reemplazados por las plantaciones forestales. Únicamente se permitió este análisis para poder comparar con un caso en que las plantaciones se establecieran por reforestación o aforestación, es decir sin necesidad de clarear áreas de bosque.

6. CONCLUSIONES

La deforestación y la degradación de los bosques ocupan el segundo lugar entre las principales causas del calentamiento global. Ambas son responsables del 20 por ciento de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global y por más de un tercio de las emisiones causadas por los países en desarrollo (Banco Mundial, 2008). Sin embargo la deforestación evitada aún no forma parte de los instrumentos regulatorios regidos por el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Este hecho ha limitado las opciones de los países en desarrollo para reducir las emisiones y concentraciones de GEI, pero últimamente esta opción se ha habilitado a través del Mecanismo para la Cooperación por el Carbono de los Bosques (FCPF por sus siglas en inglés). Estos pagos buscan reducir la deforestación a través de incentivos y compensaciones para los casos en que los bosques se conserven inalterados.

Este nuevo mercado representa una alternativa interesante para comunidades campesinas y pequeños dueños de bosques que hayan mostrado una cultura de conservación y protección de sus áreas de bosque. Esto ha abierto las posibilidades para optar a crédito por captura de carbono para éstas áreas inalteradas, dando lugar a incentivos para su conservación.

La comunidad campesina de Tongorrape, en el departamento de Lambayeque (Perú) ha visto en este nuevo mecanismo una oportunidad para generar ingresos y promover la conservación de sus bosques. Estas áreas han sido conservadas hasta ahora únicamente gracias a su esfuerzo e interés conservacionista, sin embargo se encuentran bajo una enorme presión por parte de grupos de comerciantes de carbón vegetal, la creciente demanda de leña y grupos de inversionistas que les ofrecen convertir las áreas a plantación para biocombustible. Este proyecto surge precisamente ante la demanda de parte de la comunidad campesina por conocer la rentabilidad de aplicar al mercado de carbono, en comparación con la propuesta para plantar una especie forestal de crecimiento rápido para la producción de biocombustible.

En este estudio se ha establecido el volumen de carbono capturado por estas áreas de bosque, en base a metodologías probadas para esta zona, encontrando un valor promedio de 47.56 TM de carbono por hectárea y una tasa de captura aproximada de 2.64 TM CO₂/Ha/año. Estos valores se encuentran cercanos pero por debajo del límite inferior en el rango de captura encontrado por otros autores para zonas de bosque seco.

Con estos datos y los valores demostrados de la especie forestal a plantar (*Pawlonia* sp), así como costos de

instalación y operación de una planta para biocombustible se concluye que, la opción más rentable corresponde a la plantación de la especie de crecimiento rápido, aprovechando su captura de carbono a través de la venta de reducción de emisiones en el mercado internacional y la producción de biocombustible, suponiendo que los residuos en la transformación de celulosa a etanol no generan emisiones o que estas se cancelan con el beneficio por la sustitución de combustible fósil y dando un valor de cero a la biodiversidad que se perdería al convertir áreas de bosque natural a plantación forestal.

Si tomamos en cuenta el riesgo asociado al tamaño de la inversión, una alternativa adicional sería la dedicación de sólo la mitad del área a plantación para biocombustible, dejando el resto de la misma con la cobertura vegetal actual. Esta opción representa costos de inversión de cerca de la mitad de los costos respecto de la opción anterior y muestra tasas de rentabilidad similares. En esta opción, sin embargo aún se presenta el problema de pérdida de biodiversidad en las áreas taladas, aunque éste se reduce a la mitad respecto de la opción anterior.

La opción de aplicar a créditos por captura de carbono con las áreas de bosque originales parece ser una excelente opción para la comunidad campesina puesto que la inversión requerida es pequeña en comparación a los ingresos obtenidos por la captura de carbono y se concentra en el año cero ó de inversión. Esta opción presenta un valor presente neto de entre 1 y 3.1 millones de dólares para un período de 20 años, con tasas de retorno por encima del 100% (Anexo 5).

En conclusión, la comunidad campesina puede esperar ingresos anuales de entre 50 mil y 156 mil dólares anuales de acuerdo al precio por tonelada de carbono en el mercado. Si se quiere distribuir este ingreso entre las 880 familias de la comunidad, éste no representa un monto significativo; sin embargo, sí puede representar un ingreso importante si se utiliza para llevar a cabo inversiones dirigidas a la mejora de la calidad de vida de la comunidad, tal como la implementación y mejora del colegio, construcción de vías de acceso, implementación de un centro de salud ó incluso como un fondo revolviente para promover la microempresa comunitaria.

Las características deseables de un proyecto de captura de carbono en la zona de bosque seco del Perú incluyen que éste se desarrolle en áreas deforestadas o aforestadas, en cuyo caso el beneficio de la plantación será positivo. Para áreas de bosque natural dedicadas a la conservación, los proyectos deben verse como complemento de los usos y servicios ya existentes, a fin que el costo de oportunidad de dedicar las áreas a captura de carbono se haga cero. Debido a la baja tasa de captura de carbono de estos bosques (2.64 TM CO₂/Ha), su ingreso al mercado de carbono sólo es rentable como servicio adicional, por lo que podemos concluir que éste mercado no genera incentivos para la conservación de áreas de bosque seco natural, sino que más bien funciona como un complemento que refuerza la dedicación a la conservación de áreas ya destinadas a ese fin.

8.2. Anexo 2

8.2.1. Formato de recolección de datos de hierbas

I. ANTECEDENTES GENERALES

Lugar		Tamaño de parcela	1mt x 1mt
Sector			
Jefe de Brigada			

II. TIEMPO DE INVENTARIO

Fecha	Horario de inicio

III. DATOS DE HIERBAS

Nº de parcela	Muestras	Peso fresco kg/m ²	Peso fresco submuestra (gramos)
1A	1.1A		
	1.2A		
2A	2.1A		
	2.2A		
3A	3.1A		
	3.2A		
4A	4.1A		
	4.2A		
5A	5.1A		
	5.2A		
6A	6.1A		
	6.2A		
7A	7.1A		
	7.2A		
8A	8.1A		
	8.2A		
9A	9.1A		
	9.2A		
10A	10.1A		
	10.2A		
11A	11.1A		
	11.2A		
12A	12.1A		
	12.2A		

Nº de parcela	Muestras	Peso fresco kg/m ²	Peso fresco submuestra (gramos)
13A	13.1A		
	13.2A		
14A	14.1A		
	14.2A		
15A	15.1A		
	15.2A		
16A	16.1A		
	16.2A		
17A	17.1A		
	17.2A		
18A	18.1A		
	18.2A		
19A	19.1A		
	19.2A		
20A	20.1A		
	20.2A		
21A	21.1A		
	21.2A		
22A	22.1A		
	22.2A		
23A	23.1A		
	23.2A		
24A	24.1A		
	24.2A		

8.2.2. Formato de recolección de datos de hojarascas

I. ANTECEDENTES GENERALES

Lugar		Tamaño de parcela	0.50mt x 0.50mt
Sector			
Jefe de Brigada			

II. TIEMPO DE INVENTARIO

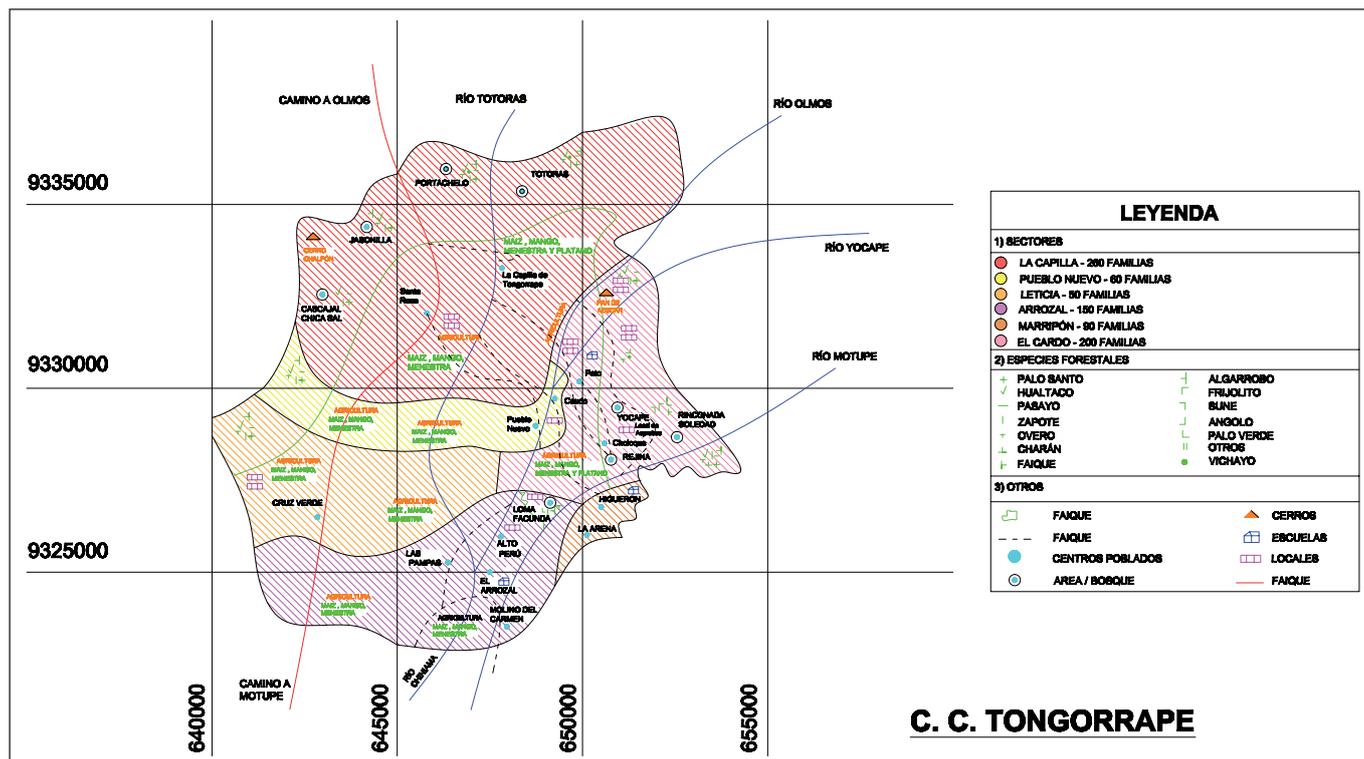
Fecha	Horario de inicio

III. DATOS DE HIERBAS

Nº de parcela	Muestras	Peso fresco kg/m ²	Peso fresco submuestra (gramos)
1	1.1		
	1.2		
2	2.1		
	2.2		
3	3.1		
	3.2		
4	4.1		
	4.2		
5	5.1		
	5.2		
6	6.1		
	6.2		
7	7.1		
	7.2		
8	8.1		
	8.2		
9	9.1		
	9.2		
10	10.1		
	10.2		
11	11.1		
	11.2		
12	12.1		
	12.2		

Nº de parcela	Muestras	Peso fresco kg/m ²	Peso fresco submuestra (gramos)
13	13.1		
	13.2		
14	14.1		
	14.2		
15	15.1		
	15.2		
16	16.1		
	16.2		
17	17.1		
	17.2		
18	18.1		
	18.2		
19	19.1		
	19.2		
20	20.1		
	20.2		
21	21.1		
	21.2		
22	22.1		
	22.2		
23	23.1		
	23.2		
24	24.1		
	24.2		

8.3. Anexo 3: Mapeo comunitario, realizado por la comunidad campesina de Tongorrape



8.4. Anexo 4

8.4.1. Primer inventario forestal de árboles

Tipo de terreno	Especies									
Llanura										
Lomada										
Colina										

8.4.2. Primer inventario forestal de arbustos

Tipo de terreno	Especies					
Llanura						
Llanura						
Colina						

8.5.2. Escenario promedio

Flujo de fondos por venta de carbono (conservador)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Evolución del precio		15.50	15.66	15.81	15.97	16.13	16.29
INGRESOS	0.00	380,596.92	384,402.89	388,246.92	392,129.39	396,050.68	400,011.19
Ingresos por carbono capturado		380,596.92	384,402.89	388,246.92	392,129.39	396,050.68	400,011.19
EGRESOS	20,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Inventario forestal	13,000.00						
Elaboración del proyecto	5,000.00						
Costos de transacción	1,000.00						
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Flujo antes de impuestos	-20,000.00	379,596.92	383,402.89	387,246.92	391,129.39	395,050.68	399,011.19
Impuesto (30%)		113,879.08	115,020.87	116,174.08	117,338.82	118,515.20	119,703.36
Flujo de Fondos Neto	-20,000.00	265,717.84	268,382.02	271,072.84	273,790.57	276,535.48	279,307.83
VPN	2,090,387.85						
TIR	1330%						

	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Evolución del precio	16.45	16.62	16.78	16.95	17.12	17.29	17.47
INGRESOS	404,011.30	408,051.41	412,131.93	416,253.25	420,415.78	424,619.94	428,866.14
Ingresos por carbono capturado	404,011.30	408,051.41	412,131.93	416,253.25	420,415.78	424,619.94	428,866.14
EGRESOS	1,000.00						
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Flujo antes de impuestos	403,011.30	407,051.41	411,131.93	415,253.25	419,415.78	423,619.94	427,866.14
Impuesto (30%)	120,903.39	122,115.42	123,339.58	124,575.97	125,824.73	127,085.98	128,359.84
Flujo de Fondos Neto	282,107.91	284,935.99	287,792.35	290,677.27	293,591.05	296,533.96	299,506.30

	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Evolución del precio	17.64	17.82	18.00	18.17	18.36	18.54	18.73
INGRESOS	433,154.80	437,486.35	441,861.21	446,279.82	450,742.62	455,250.05	459,802.55
Ingresos por carbono capturado	433,154.80	437,486.35	441,861.21	446,279.82	450,742.62	455,250.05	459,802.55
EGRESOS	1,000.00						
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Flujo antes de impuestos	432,154.80	436,486.35	440,861.21	445,279.82	449,742.62	454,250.05	458,802.55
Impuesto (30%)	129,646.44	130,945.90	132,258.36	133,583.95	134,922.79	136,275.01	137,640.76
Flujo de Fondos Neto	302,508.36	305,540.44	308,602.85	311,695.87	314,819.83	317,975.03	321,161.78

8.5.3. Escenario optimista

Flujo de fondos por venta de carbono (optimista)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Evolución del precio		23.00	23.23	23.46	23.70	23.93	24.17
INGRESOS	0.00	564,756.72	570,404.29	576,108.33	581,869.41	587,688.11	593,564.99
Ingresos por carbono capturado		564,756.72	570,404.29	576,108.33	581,869.41	587,688.11	593,564.99
EGRESOS	20,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Inventario forestal	13,000.00						
Elaboración del proyecto	5,000.00						
Costos de transacción	1,000.00						
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Flujo antes de impuestos	-20,000.00	563,756.72	569,404.29	575,108.33	580,869.41	586,688.11	592,564.99
Impuesto (30%)		169,127.02	170,821.29	172,532.50	174,260.82	176,006.43	177,769.50
Flujo de Fondos Neto	-20,000.00	394,629.70	398,583.00	402,575.83	406,608.59	410,681.68	414,795.49
VPN	3,114,073.23						
TIR	1974%						

	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Evolución del precio	24.41	24.66	24.91	25.15	25.41	25.66	25.92
INGRESOS	599,500.64	605,495.64	611,550.60	617,666.11	623,842.77	630,081.20	636,382.01
Ingresos por carbono capturado	599,500.64	605,495.64	611,550.60	617,666.11	623,842.77	630,081.20	636,382.01
EGRESOS	1,000.00						
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Flujo antes de impuestos	598,500.64	604,495.64	610,550.60	616,666.11	622,842.77	629,081.20	635,382.01
Impuesto (30%)	179,550.19	181,348.69	183,165.18	184,999.83	186,852.83	188,724.36	190,614.60
Flujo de Fondos Neto	418,950.45	423,146.95	427,385.42	431,666.28	435,989.94	440,356.84	444,767.41

	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Evolución del precio	26.18	26.44	26.70	26.97	27.24	27.51	27.79
INGRESOS	642,745.83	649,173.29	655,665.02	662,221.67	668,843.89	675,532.33	682,287.65
Ingresos por carbono capturado	642,745.83	649,173.29	655,665.02	662,221.67	668,843.89	675,532.33	682,287.65
EGRESOS	1,000.00						
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Flujo antes de impuestos	641,745.83	648,173.29	654,665.02	661,221.67	667,843.89	674,532.33	681,287.65
Impuesto (30%)	192,523.75	194,451.99	196,399.51	198,366.50	200,353.17	202,359.70	204,386.29
Flujo de Fondos Neto	449,222.08	453,721.30	458,265.51	462,855.17	467,490.72	472,172.63	476,901.35

8.6. Anexo 6: Análisis de plantación forestal y construcción de planta de etanol

8.6.1. Escenario pesimista

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Evolución del precio		8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
INGRESOS	0.00	-2,588,341.43	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73
Ingresos por venta de biocombustible							
Ingresos por carbono capturado (neto)		-2,588,341.43	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73
EGRESOS	14,918,887.71	713,533.00	713,533.00	1,223,199.44	4,790,864.46	4,790,864.46	21,979,210.12
Costo de la tierra	186,020.00						
Instalación de planta							17,188,345.66
Costos de producción							
Costos de plantación	14,732,867.71						
Costos de mantenimiento de plantación		713,533.00	713,533.00	1,223,199.44	4,790,864.46	4,790,864.46	4,790,864.46
Costos de cosecha							
UAI	-14,918,887.71	-3,301,874.44	233,993.72	-275,672.71	-3,843,337.73	-3,843,337.73	-21,031,683.40
Impuesto (30%)			70,198.12				
UDI	-14,918,887.71	-3,301,874.44	163,795.60	-275,672.71	-3,843,337.73	-3,843,337.73	-21,031,683.40
VPN	-21,063,768.92						
TIR	#DIV/0!						

	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Evolución del precio	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
INGRESOS	61,612,276.12	947,526.73	947,526.73	21,169,109.86	947,526.73	947,526.73	21,169,109.86
Ingresos por venta de biocombustible	60,664,749.39			20,221,583.13			20,221,583.13
Ingresos por carbono capturado (neto)	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73
EGRESOS	22,710,075.91	4,077,331.46	4,077,331.46	10,288,246.27	4,077,331.46	4,077,331.46	10,288,246.27
Costo de la tierra							
Instalación de planta							
Costos de producción	18,199,424.82			6,066,474.94			6,066,474.94
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46
Costos de cosecha	433,319.64			144,439.88			144,439.88
UAI	38,902,200.20	-3,129,804.73	-3,129,804.73	10,880,863.58	-3,129,804.73	-3,129,804.73	10,880,863.58
Impuesto (30%)	11,670,660.06			3,264,259.07			3,264,259.07
UDI	27,231,540.14	-3,129,804.73	-3,129,804.73	7,616,604.51	-3,129,804.73	-3,129,804.73	7,616,604.51

	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Evolución del precio	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
INGRESOS	947,526.73	947,526.73	21,169,109.86	947,526.73	947,526.73	21,169,109.86	947,526.73
Ingresos por venta de biocombustible			20,221,583.13			20,221,583.13	
Ingresos por carbono capturado (neto)	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73	947,526.73
EGRESOS	4,077,331.46	4,077,331.46	10,288,246.27	4,077,331.46	4,077,331.46	10,288,246.27	4,077,331.46
Costo de la tierra							
Instalación de planta							
Costos de producción			6,066,474.94			6,066,474.94	
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46
Costos de cosecha			144,439.88			144,439.88	
UAI	-3,129,804.73	-3,129,804.73	10,880,863.58	-3,129,804.73	-3,129,804.73	10,880,863.58	-3,129,804.73
Impuesto (30%)			3,264,259.07			3,264,259.07	
UDI	-3,129,804.73	-3,129,804.73	7,616,604.51	-3,129,804.73	-3,129,804.73	7,616,604.51	-3,129,804.73

8.6.2. Escenario promedio

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Evolución del precio		15.50	15.66	15.81	15.97	16.13	16.29
INGRESOS	0.00	-4,698,278.68	2,173,990.54	2,195,730.45	2,217,687.75	2,239,864.63	2,262,263.27
Ingresos por venta de biocombustible							
Ingresos por carbono capturado (neto)		-4,698,278.68	2,173,990.54	2,195,730.45	2,217,687.75	2,239,864.63	2,262,263.27
EGRESOS	14,918,887.71	713,533.00	713,533.00	1,223,199.44	4,790,864.46	4,790,864.46	24,434,688.07
Costo de la tierra	186,020.00						
Instalación de planta							19,643,823.61
Costos de producción							
Costos de plantación	14,732,867.71						
Costos de mantenimiento de plantación		713,533.00	713,533.00	1,223,199.44	4,790,864.46	4,790,864.46	4,790,864.46
Costos de cosecha							
UAI	-14,918,887.71	-5,411,811.68	1,460,457.54	972,531.01	-2,573,176.71	-2,550,999.83	-22,172,424.80
Impuesto (30%)			438,137.26	291,759.30			
UDI	-14,918,887.71	-5,411,811.68	1,022,320.27	680,771.71	-2,573,176.71	-2,550,999.83	-22,172,424.80
VPN	22,192,315.33						
TIR	21%						

	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Evolución del precio	16.45	16.62	16.78	16.95	17.12	17.29	17.47
INGRESOS	140,947,170.23	2,307,734.77	2,330,812.11	48,574,881.67	2,377,661.44	2,401,438.05	48,646,213.87
Ingresos por venta de biocombustible	138,662,284.32			46,220,761.44			46,220,761.44
Ingresos por carbono capturado (neto)	2,284,885.91	2,307,734.77	2,330,812.11	2,354,120.23	2,377,661.44	2,401,438.05	2,425,452.43
EGRESOS	25,371,896.55	4,077,331.46	4,077,331.46	11,175,519.82	4,077,331.46	4,077,331.46	11,175,519.82
Costo de la tierra							
Instalación de planta							
Costos de producción	20,799,342.65			6,933,114.22			6,933,114.22
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46
Costos de cosecha	495,222.44			165,074.15			165,074.15
UAI	115,575,273.68	-1,769,596.69	-1,746,519.34	37,399,361.85	-1,699,670.02	-1,675,893.40	37,470,694.05
Impuesto (30%)	34,672,582.10			11,219,808.56			11,241,208.22
UDI	80,902,691.58	-1,769,596.69	-1,746,519.34	26,179,553.30	-1,699,670.02	-1,675,893.40	26,229,485.84

	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Evolución del precio	17.64	17.82	18.00	18.17	18.36	18.54	18.73
INGRESOS	2,449,706.96	2,474,204.03	48,719,707.51	2,523,935.53	2,549,174.88	48,795,428.07	2,600,413.30
Ingresos por venta de biocombustible			46,220,761.44			46,220,761.44	
Ingresos por carbono capturado (neto)	2,449,706.96	2,474,204.03	2,498,946.07	2,523,935.53	2,549,174.88	2,574,666.63	2,600,413.30
EGRESOS	4,077,331.46	4,077,331.46	11,175,519.82	4,077,331.46	4,077,331.46	11,175,519.82	4,077,331.46
Costo de la tierra							
Instalación de planta							
Costos de producción			6,933,114.22			6,933,114.22	
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46
Costos de cosecha			165,074.15			165,074.15	
UAI	-1,627,624.50	-1,603,127.43	37,544,187.69	-1,553,395.93	-1,528,156.57	37,619,908.25	-1,476,918.16
Impuesto (30%)			11,263,256.31			11,285,972.48	-443,075.45
UDI	-1,627,624.50	-1,603,127.43	26,280,931.38	-1,553,395.93	-1,528,156.57	26,333,935.78	-1,033,842.71

8.6.3. Escenario optimista

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Evolución del precio		23.00	23.23	23.46	23.70	23.93	24.17
INGRESOS	0.00	-6,501,797.04	3,700,462.16	3,737,466.78	3,774,841.45	3,812,589.87	3,850,715.77
Ingresos por venta de biocombustible							
Ingresos por carbono capturado (neto)		-6,501,797.04	3,700,462.16	3,737,466.78	3,774,841.45	3,812,589.87	3,850,715.77
EGRESOS	14,918,887.71	713,533.00	713,533.00	1,223,199.44	4,790,864.46	4,790,864.46	26,890,166.02
Costo de la tierra	186,020.00						
Instalación de planta							22,099,301.56
Costos de producción							
Costos de plantación	14,732,867.71						
Costos de mantenimiento de plantación		713,533.00	713,533.00	1,223,199.44	4,790,864.46	4,790,864.46	4,790,864.46
Costos de cosecha							
UAI	-14,918,887.71	-7,215,330.04	2,986,929.16	2,514,267.35	-1,016,023.01	-978,274.59	-23,039,450.26
Impuesto (30%)			896,078.75	754,280.20			
UDI	-14,918,887.71	-7,215,330.04	2,090,850.41	1,759,987.14	-1,016,023.01	-978,274.59	-23,039,450.26
VPN	115,670,019.36						
TIR	41%						

	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Evolución del precio	24.41	24.66	24.91	25.15	25.41	25.66	25.92
INGRESOS	315,879,362.64	3,928,115.15	3,967,396.30	108,003,783.51	4,047,140.97	4,087,612.38	108,125,201.74
Ingresos por venta de biocombustible	311,990,139.72			103,996,713.24			103,996,713.24
Ingresos por carbono capturado (neto)	3,889,222.92	3,928,115.15	3,967,396.30	4,007,070.27	4,047,140.97	4,087,612.38	4,128,488.50
EGRESOS	28,033,717.18	4,077,331.46	4,077,331.46	12,062,793.37	4,077,331.46	4,077,331.46	12,062,793.37
Costo de la tierra							
Instalación de planta							
Costos de producción	23,399,260.48			7,799,753.49			7,799,753.49
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46
Costos de cosecha	557,125.25			185,708.42			185,708.42
UAI	287,845,645.46	-149,216.30	-109,935.15	95,940,990.14	-30,190.49	10,280.92	96,062,408.38
Impuesto (30%)	86,353,693.64			28,782,297.04		3,084.28	28,818,722.51
UDI	201,491,951.82	-149,216.30	-109,935.15	67,158,693.10	-30,190.49	7,196.65	67,243,685.86

	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Evolución del precio	26.18	26.44	26.70	26.97	27.24	27.51	27.79
INGRESOS	4,169,773.39	4,211,471.12	108,250,299.07	4,296,121.69	4,339,082.91	108,379,186.98	4,426,298.48
Ingresos por venta de biocombustible			103,996,713.24			103,996,713.24	
Ingresos por carbono capturado (neto)	4,169,773.39	4,211,471.12	4,253,585.83	4,296,121.69	4,339,082.91	4,382,473.74	4,426,298.48
EGRESOS	4,077,331.46	4,077,331.46	12,062,793.37	4,077,331.46	4,077,331.46	12,062,793.37	4,077,331.46
Costo de la tierra							
Instalación de planta							
Costos de producción			7,799,753.49			7,799,753.49	
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46	4,077,331.46
Costos de cosecha			185,708.42			185,708.42	
UAI	92,441.93	134,139.67	96,187,505.71	218,790.24	261,751.45	96,316,393.61	348,967.02
Impuesto (30%)	27,732.58	40,241.90	28,856,251.71	65,637.07	78,525.44	28,894,918.08	104,690.11
UDI	64,709.35	93,897.77	67,331,254.00	153,153.17	183,226.02	67,421,475.53	244,276.91

8.7. Anexo 7: Combinación aplicación MDL construcción de planta de etanol

8.7.1. Escenario pesimista

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Evolución del precio CO2		8.00	8.08	8.16	8.24	8.32	8.41
Evolución del precio etanol		1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05
INGRESOS	0.00	-1,195,952.16	577,701.74	583,478.76	589,313.55	595,206.68	601,158.75
Ingresos por venta de biocombustible							
Ingresos por carbono capturado (neto)		-1,195,952.16	577,701.74	583,478.76	589,313.55	595,206.68	601,158.75
EGRESOS	7,572,453.85	357,766.50	357,766.50	612,599.72	2,396,432.23	2,396,432.23	10,990,605.06
Inventario forestal	13,000.00						
Elaboración del proyecto	5,000.00						
Costos de transacción	1,000.00						
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Instalación de planta							8,594,172.83
Costo de la tierra	186,020.00						
Costos de producción							
Costos de plantación	7,366,433.85						
Costos de mantenimiento de plantación		356,766.50	356,766.50	611,599.72	2,395,432.23	2,395,432.23	2,395,432.23
Costos de cosecha							
UAI	-7,572,453.85	-1,553,718.66	219,935.24	-29,120.96	-1,807,118.68	-1,801,225.55	-10,389,446.31
Impuesto (30%)			65,980.57				
UDI	-7,572,453.85	-1,553,718.66	153,954.67	-29,120.96	-1,807,118.68	-1,801,225.55	-10,389,446.31
VPN	-14,378,885.21						
TIR	#¡DIV/0!						

	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Evolución del precio CO2	8.49	8.58	8.66	8.75	8.84	8.93	9.01
Evolución del precio etanol	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.12	1.13
INGRESOS	30,939,545.03	613,242.04	619,374.46	10,736,359.77	631,823.89	638,142.13	10,755,315.11
Ingresos por venta de biocombustible	30,332,374.70			10,110,791.57			10,110,791.57
Ingresos por carbono capturado (neto)	607,170.34	613,242.04	619,374.46	625,568.21	631,823.89	638,142.13	644,523.55
EGRESOS	20,455,750.36	2,039,665.73	2,039,665.73	8,178,360.61	2,039,665.73	2,039,665.73	8,178,360.61
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Instalación de planta							
Costo de la tierra							
Costos de producción	18,199,424.82			6,066,474.94			6,066,474.94
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73
Costos de cosecha	216,659.82			72,219.94			72,219.94
UAI	10,483,794.67	-1,426,423.69	-1,420,291.27	2,557,999.16	-1,407,841.84	-1,401,523.60	2,576,954.51
Impuesto (30%)	3,145,138.40			767,399.75			773,086.35
UDI	7,338,656.27	-1,426,423.69	-1,420,291.27	1,790,599.41	-1,407,841.84	-1,401,523.60	1,803,868.15

	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Evolución del precio CO2	9.10	9.20	9.29	9.38	9.47	9.57	9.66
Evolución del precio etanol	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.20	1.21
INGRESOS	650,968.78	657,478.47	10,774,844.82	670,693.79	677,400.73	10,794,966.30	691,016.48
Ingresos por venta de biocombustible			10,110,791.57			10,110,791.57	
Ingresos por carbono capturado (neto)	650,968.78	657,478.47	664,053.26	670,693.79	677,400.73	684,174.73	691,016.48
EGRESOS	2,039,665.73	2,039,665.73	8,178,360.61	2,039,665.73	2,039,665.73	8,178,360.61	2,039,665.73
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Instalación de planta							
Costo de la tierra							
Costos de producción			6,066,474.94			6,066,474.94	
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73
Costos de cosecha			72,219.94			72,219.94	
UAI	-1,388,696.94	-1,382,187.26	2,596,484.21	-1,368,971.94	-1,362,265.00	2,616,605.69	-1,348,649.25
Impuesto (30%)			778,945.26			784,981.71	
UDI	-1,388,696.94	-1,382,187.26	1,817,538.95	-1,368,971.94	-1,362,265.00	1,831,623.98	-1,348,649.25

8.7.2. Escenario promedio

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Evolución del precio CO2		15.50	15.66	15.81	15.97	16.13	16.29
Evolución del precio etanol		2.00	2.02	2.04	2.06	2.08	2.10
INGRESOS	0.00	-2,158,840.88	1,279,196.71	1,291,988.68	1,304,908.57	1,317,957.65	1,331,137.23
Ingresos por venta de biocombustible							
Ingresos por carbono capturado (neto)		-2,158,840.88	1,279,196.71	1,291,988.68	1,304,908.57	1,317,957.65	1,331,137.23
EGRESOS	7,572,453.85	357,766.50	357,766.50	612,599.72	2,396,432.23	2,396,432.23	12,218,344.04
Inventario forestal	13,000.00						
Elaboración del proyecto	5,000.00						
Costos de transacción	1,000.00						
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Instalación de planta							9,821,911.81
Costo de la tierra	186,020.00						
Costos de producción							
Costos de plantación	7,366,433.85						
Costos de mantenimiento de plantación		356,766.50	356,766.50	611,599.72	2,395,432.23	2,395,432.23	2,395,432.23
Costos de cosecha							
UAI	-7,572,453.85	-2,516,607.38	921,430.21	679,388.96	-1,091,523.66	-1,078,474.58	-10,887,206.81
Impuesto (30%)			276,429.06	203,816.69			
UDI	-7,572,453.85	-2,516,607.38	645,001.15	475,572.27	-1,091,523.66	-1,078,474.58	-10,887,206.81
VPN	6,988,306.30						
TIR	18%						

	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Evolución del precio CO2	16.45	16.62	16.78	16.95	17.12	17.29	17.47
Evolución del precio etanol	2.12	2.14	2.17	2.19	2.21	2.23	2.25
INGRESOS	70,675,590.76	1,357,893.09	1,371,472.02	24,495,567.46	1,399,038.61	1,413,028.99	24,537,540.00
Ingresos por venta de biocombustible	69,331,142.16			23,110,380.72			23,110,380.72
Ingresos por carbono capturado (neto)	1,344,448.60	1,357,893.09	1,371,472.02	1,385,186.74	1,399,038.61	1,413,028.99	1,427,159.28
EGRESOS	23,086,619.60	2,039,665.73	2,039,665.73	9,055,317.02	2,039,665.73	2,039,665.73	9,055,317.02
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Instalación de planta							
Costo de la tierra							
Costos de producción	20,799,342.65			6,933,114.22			6,933,114.22
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73
Costos de cosecha	247,611.22			82,537.07			82,537.07
UAI	47,588,971.17	-681,772.64	-668,193.71	15,440,250.44	-640,627.12	-626,636.73	15,482,222.99
Impuesto (30%)	14,276,691.35			4,632,075.13			4,644,666.90
UDI	33,312,279.82	-681,772.64	-668,193.71	10,808,175.31	-640,627.12	-626,636.73	10,837,556.09

	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Evolución del precio CO2	17.64	17.82	18.00	18.17	18.36	18.54	18.73
Evolución del precio etanol	2.28	2.30	2.32	2.35	2.37	2.39	2.42
INGRESOS	1,441,430.88	1,455,845.19	24,580,784.36	1,485,107.67	1,499,958.75	24,625,339.06	1,530,107.92
Ingresos por venta de biocombustible			23,110,380.72			23,110,380.72	
Ingresos por carbono capturado (neto)	1,441,430.88	1,455,845.19	1,470,403.64	1,485,107.67	1,499,958.75	1,514,958.34	1,530,107.92
EGRESOS	2,039,665.73	2,039,665.73	9,055,317.02	2,039,665.73	2,039,665.73	9,055,317.02	2,039,665.73
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Instalación de planta							
Costo de la tierra							
Costos de producción			6,933,114.22			6,933,114.22	
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73
Costos de cosecha			82,537.07			82,537.07	
UAI	-598,234.85	-583,820.54	15,525,467.34	-554,558.05	-539,706.98	15,570,022.04	-509,557.81
Impuesto (30%)			4,657,640.20			4,671,006.61	
UDI	-598,234.85	-583,820.54	10,867,827.14	-554,558.05	-539,706.98	10,899,015.43	-509,557.81

8.7.3. Escenario optimista

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Evolución del precio CO2		23.00	23.23	23.46	23.70	23.93	24.17
Evolución del precio etanol		4.00	4.04	4.08	4.12	4.16	4.20
INGRESOS	0.00	-2,968,520.16	2,135,433.23	2,156,787.56	2,178,355.43	2,200,138.99	2,222,140.38
Ingresos por venta de biocombustible							
Ingresos por carbono capturado (neto)		-2,968,520.16	2,135,433.23	2,156,787.56	2,178,355.43	2,200,138.99	2,222,140.38
EGRESOS	7,572,453.85	357,766.50	357,766.50	612,599.72	2,396,432.23	2,396,432.23	13,446,083.01
Inventario forestal	13,000.00						
Elaboración del proyecto	5,000.00						
Costos de transacción	1,000.00						
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Instalación de planta							11,049,650.78
Costo de la tierra	186,020.00						
Costos de producción							
Costos de plantación	7,366,433.85						
Costos de mantenimiento de plantación		356,766.50	356,766.50	611,599.72	2,395,432.23	2,395,432.23	2,395,432.23
Costos de cosecha							
UAI	-7,572,453.85	-3,326,286.66	1,777,666.72	1,544,187.84	-218,076.80	-196,293.24	-11,223,942.63
Impuesto (30%)			533,300.02	463,256.35			
UDI	-7,572,453.85	-3,326,286.66	1,244,366.71	1,080,931.49	-218,076.80	-196,293.24	-11,223,942.63
VPN	53,556,685.73						
TIR	40%						

	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Evolución del precio CO2	24.41	24.66	24.91	25.15	25.41	25.66	25.92
Evolución del precio etanol	4.25	4.29	4.33	4.37	4.42	4.46	4.51
INGRESOS	158,239,431.64	2,266,805.40	2,289,473.45	54,310,724.81	2,335,491.87	2,358,846.79	54,380,791.88
Ingresos por venta de biocombustible	155,995,069.86			51,998,356.62			51,998,356.62
Ingresos por carbono capturado (neto)	2,244,361.78	2,266,805.40	2,289,473.45	2,312,368.19	2,335,491.87	2,358,846.79	2,382,435.26
EGRESOS	25,717,488.83	2,039,665.73	2,039,665.73	9,932,273.43	2,039,665.73	2,039,665.73	9,932,273.43
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Instalación de planta							
Costo de la tierra							
Costos de producción	23,399,260.48			7,799,753.49			7,799,753.49
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73
Costos de cosecha	278,562.62			92,854.21			92,854.21
UAI	132,521,942.81	227,139.67	249,807.72	44,378,451.38	295,826.14	319,181.06	44,448,518.45
Impuesto (30%)	39,756,582.84	68,141.90	74,942.32	13,313,535.41	88,747.84	95,754.32	13,334,555.53
UDI	92,765,359.97	158,997.77	174,865.41	31,064,915.96	207,078.30	223,426.74	31,113,962.91

VPN	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
TIR	26.18	26.44	26.70	26.97	27.24	27.51	27.79
Evolución del precio etanol	4.55	4.60	4.64	4.69	4.74	4.78	4.83
INGRESOS	2,406,259.61	2,430,322.20	54,452,982.05	2,479,171.68	2,503,963.40	54,527,359.65	2,554,293.06
Ingresos por venta de biocombustible			51,998,356.62			51,998,356.62	
Ingresos por carbono capturado (neto)	2,406,259.61	2,430,322.20	2,454,625.43	2,479,171.68	2,503,963.40	2,529,003.03	2,554,293.06
EGRESOS	2,039,665.73	2,039,665.73	9,932,273.43	2,039,665.73	2,039,665.73	9,932,273.43	2,039,665.73
Inventario forestal							
Elaboración del proyecto							
Costos de transacción							
Monitoreo del proyecto	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Instalación de planta							
Costo de la tierra							
Costos de producción			7,799,753.49			7,799,753.49	
Costos de plantación							
Costos de mantenimiento de plantación	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73	2,038,665.73
Costos de cosecha			92,854.21			92,854.21	
UAI	366,593.88	390,656.48	44,520,708.62	439,505.95	464,297.67	44,595,086.22	514,627.33
Impuesto (30%)	109,978.16	117,196.94	13,356,212.59	131,851.79	139,289.30	13,378,525.87	154,388.20
UDI	256,615.72	273,459.53	31,164,496.03	307,654.17	325,008.37	31,216,560.36	360,239.13

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a Fundación MAPFRE a través de sus “Ayudas a la Investigación” por habernos confiado la realización de este estudio. Asimismo agradecemos a nuestra Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por todo el apoyo brindado. De manera muy especial agradecemos a los ingenieros Michel Pérez Ocupa (INRENA) y Nils Pérez Ocupa (Consultor Forestal) por su apoyo durante el desarrollo del inventario forestal; a la comunidad campesina de Tongorrape, representada por su Presidente Sr. José Orellana y a todas aquellas personas que de una u otra forma nos han apoyado, haciendo posible que esta investigación se culminara con éxito.