

## **Programa Conjunto**

**Incorporación de medidas de adaptación y mitigación del cambio climático en el manejo de los recursos naturales en dos cuencas prioritarias de Panamá**

### **Fichas Técnicas de Proyectos Forestales de Captura de Carbono**

- 1. PROYECTO CUENCA DEL RÍO TUQUEZA**
- 2. PROYECTO CUENCA RÍO TABASARÁ**

## **Fichas Técnicas de Proyectos Forestales de Captura de Carbono**

### **1. PROYECTO CUENCA DEL RÍO TUQUEZA**

### **2. PROYECTO CUENCA RÍO TABASARÁ**

Preparado en colaboración con:

Eduardo Morales, Consultor FAO

Programa Conjunto

Incorporación de medidas de adaptación y mitigación del cambio climático en el manejo de los recursos naturales en dos cuencas prioritarias de Panamá.

Actividad 3.2.1

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA

MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO

## INTRODUCCION

Este documento presenta de forma resumida los dos proyectos forestales para la captura de carbono preparados en el marco del Programa Conjunto Incorporación de medidas de adaptación y mitigación del cambio climático en el manejo de los recursos naturales en dos cuencas prioritarias de Panamá (PCCC).

Se preparó un proyecto para cada cuenca: la cuenca de río Tuqueza en el caso de río Chucunaque y la cuenca del río Tabasará.

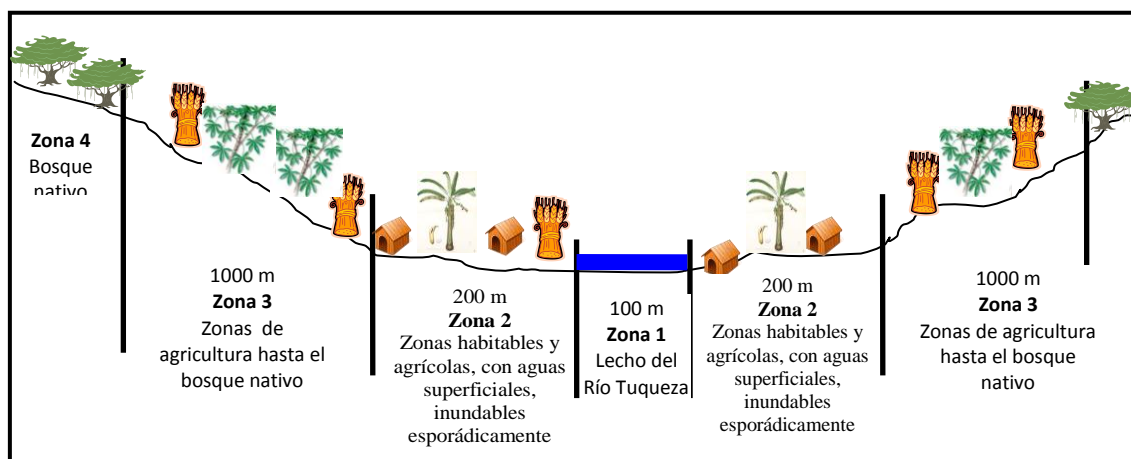
Además de este documento resumen, existe una versión completa de cada uno de estos proyectos en un formato sugerido por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, siglas en inglés) para los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de pequeña escala (AM0002).

### 1. PROYECTO CAPTURA CARBONO CUENCA RÍO TUQUEZA

#### 1.1. Área de implantación del proyecto

El Proyecto de Captura de Carbono del río Tuqueza se seleccionó con base en la experiencia y recomendaciones del agrónomo especializado del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) en el Darién. El paisaje donde se prevé insertar el proyecto es la cuenca del río Tuqueza, afluente del río Chucunaque, el que se caracteriza en el esquema del Valle del río Tuqueza que se presenta a continuación.

GRAFICO 1. PERFIL APROXIMADO DEL PROYECTO CARBONO EN EL VALLE DEL RIO TUQUEZA



En la **Zona 1** es imposible plantar especies vegetales por la alta probabilidad de inundación; la **Zona 2** tiene una fuerte presión humana porque es la zona donde se encuentran las casas y zonas de cultivos de plátano. Son zonas inundables esporádicamente pero con una capa freática relativamente alta. La **Zona 3**, la más propicia para plantaciones forestales era principalmente destinada, al momento de realizar el análisis, al cultivo de la yuca. La zona 4 es la zona del bosque nativo, donde el proyecto no puede contemplar plantaciones forestales.

## 1.2. Superficie a Forestar y especies seleccionadas

La condición experimental así como las condiciones ecológicas y la naturaleza foresto-social del proyecto hacen recomendable intentar una forestación con una superficie conservadora; por ello se estima que la forestación de 200 hectáreas anuales por un período de cinco (5) años, representaría en una primera fase una superficie total de 1,000 ha, inicialmente previstas para el período 2010-2014.

Los ingenieros forestales (locales), consultores y el ingeniero agrónomo del MIDA destinado en el área, después de haber ponderado largamente las realidades de campo, tanto edáficas como culturales, llegaron a la conclusión de seleccionar preferiblemente las especies *Terminalia amazonia* (Amarillo) para las zonas relativamente más altas, y la especie *Anacardium excelsum* (Espave), para las áreas inundables de la zona 2.

Superficie a forestar:

<i>Terminalia amazonia</i>	: 180 ha anuales durante 5 años =	900 ha
<i>Anacardium excelsum</i>	: 20 ha anuales durante 5 años =	100 ha
TOTAL	: 200 ha anuales durante 5 años =	1,000 ha

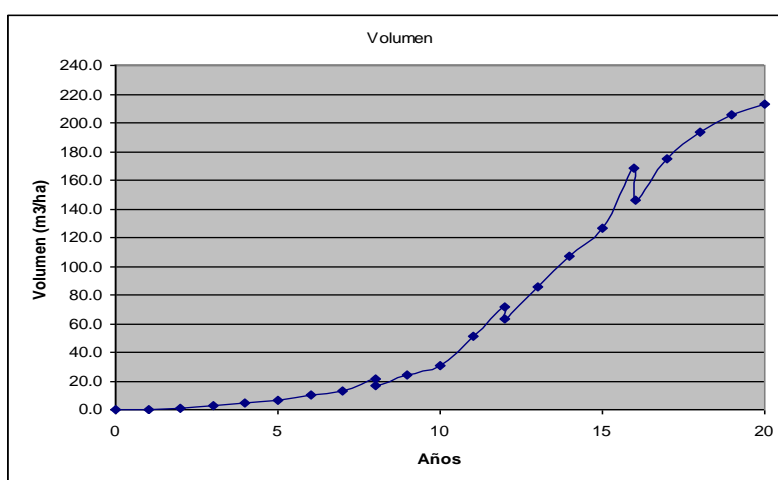
## 1.3. Rotaciones y crecimiento

De acuerdo a la experiencia que existe en el país *Terminalia amazonia* (*T. amazonia*) se ajusta adecuadamente a rotaciones entre los 20 y los 25 años. En este proyecto y con el propósito de adelantar la captura de ingresos, se seleccionó la opción de rotación más corta.

La rotación recomendada para el *Anacardium excelsum* (*A. excelsum*) es de 30 años, lo que permitiría obtener tamaños comerciales más atractivos.

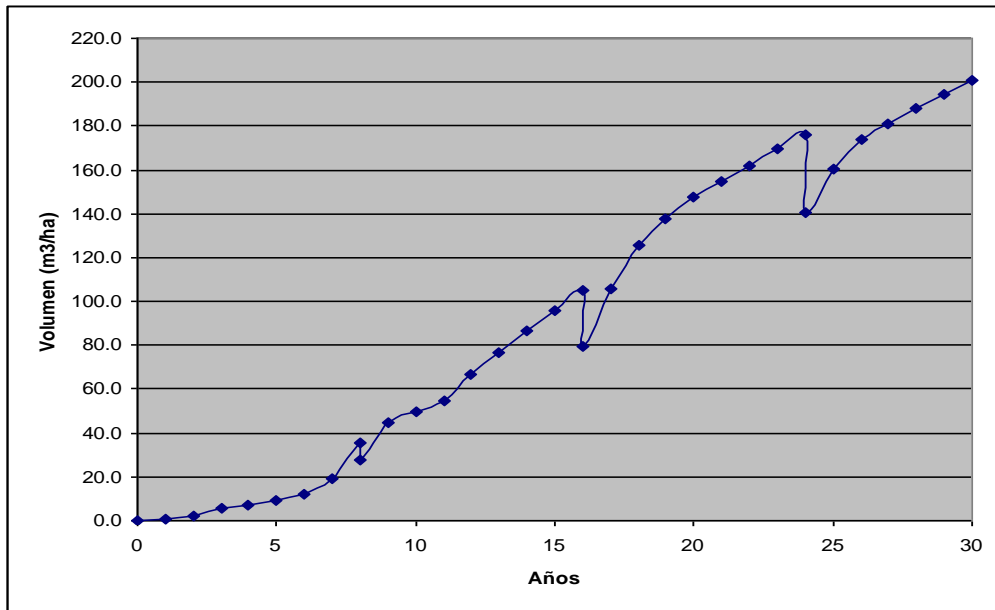
<i>Terminalia amazonia</i>	: 20 años
<i>Anacardium excelsum</i>	: 30 años

**GRAFICO2. TABLA DE DESARROLLO *Terminalia amazonia***



Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

**GRAFICO 3. TABLA DE DESARROLLO *Anacardium excelsum***



Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

#### 1.4. Planes de manejo y calendario de actividades

- La plantación. Los resultados con plantaciones de *T. amazonia*, hacen recomendable esta especie. La densidad de siembra comprobada para ambas especies *T. amazonia* y *A. excelsum* es de 1,111 plántones.
- Limpia. El año de la plantación, se realizarán 2 limpiezas para disminuir la presión de la vegetación sobre los plántones, al igual que durante el año 1 y 2 después de la plantación. Los años siguientes hasta el año 5, se recomienda una limpieza anual y después del año 5, una limpieza cada 2 años hasta el año 15, lo que representa un total de 14 limpiezas.
- Podas: Las podas son importantes para obtener madera libre de nudos, al menos en la primera troza.
- Raleos. Los raleos tienen como funciones liberar el crecimiento de los mejores árboles, mejorar la calidad de la madera, asegurar el estado fitosanitario de la plantación y facilitar el acceso, manejo y aprovechamiento de la plantación.
- Cosecha. Esta operación consiste en talar todos los árboles presentes al final de la rotación mediante tala rasa.

**CUADRO 1. CALENDARIO DE ACTIVIDADES PROYECTO FORESTACIÓN PARA *T. amazonia***

Año Calendario	Año del Proyecto	Superficies anuales de intervención (ha)				
		Siembra	Limpieza	Poda	Raleo	Cosecha
2010	1	180	360			
2011	2	180	720			
2012	3	180	1080	180		
2013	4	180	1440	180		
2014	5	180	1440	180		
2015	6		1260	360		
2016	7		1080	360		
2017	8		900	180		
2018	9		720	180	180	
2019	10		540	180	180	
2020	11		360		180	
2021	12		180		180	
2022	13				360	
2023	14				180	
2024	15				180	
2025	16				180	
2026	17				360	
2027	18				180	
2028	19				180	
2029	20				180	
<b>2030 R</b>	<b>21</b>				<b>180</b>	<b>180</b>
2031	22					180
2032	23					180
2033	24					180
2034	25					180

Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

Como puede apreciarse de las cifras contenidas en el cuadro anterior, la rotación se ha fijado en el año 20; sin embargo, como la forestación se realiza en años diferidos, la cosecha también se difiere en los años correspondientes y por eso el proyecto culmina el año 25.

A continuación se presenta el calendario de actividades silviculturales para *A. excelsum*.

**CUADRO 2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES PROYECTO FORESTACIÓN para *A. excelsum***

Año Calendario	Año del Proyecto	Superficies anuales de intervención (ha)				
		Siembra	Limpieza	Poda	Raleo	Cosecha
2010	1	20	40			
2011	2	20	80			
2012	3	20	120	20		
2013	4	20	160	40		
2014	5	20	160	60		
2015	6		140	80		
2016	7		120	80		
2017	8		100	60		
2018	9		80	40	20	
2019	10		60	20	20	
2020	11		40		20	
2021	12		20		20	
2022	13				20	
2023	14					
2024	15					
2025	16					
2026	17				20	
2027	18				20	
2028	19				20	
2029	20				20	
2030	21				20	
2031	22					
2032	23					
2033	24					
2034	25				20	
2035	26				20	
2036	27				20	
2037	28				20	
2038	29				20	
2039	30					
<b>2040 R</b>	<b>31</b>					<b>20</b>
2041	32					20
2042	33					20
2043	34					20
2044	35					20

Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

Tal como en el caso anterior, la rotación se ha fijado en el año 30, sin embargo como la forestación se realiza en años diferidos, la cosecha también se difiere en los años correspondientes y por eso el proyecto culmina el año 35.

## 1.5. Escenarios de crecimiento por especie

A continuación se presenta la tabla de rodal para *T. amazonia*, en la cual se consignan los parámetros de entrada del rodal y su tabla de desarrollo hasta la edad de rotación.

**CUADRO 3. PARAMETROS DE ENTRADA Y TABLA DE DESARROLLO DEL RODAL para *T. amazonia***

Años	Densidad Arboles/ha	DAP cm	Alt m	Area basal m <sup>2</sup> /ha	Volumen total m <sup>3</sup> /ha	Volumen raleado m <sup>3</sup> /ha
0	1,111	0	0	0	0	
1	1,111	1.3	2	0.1	0.1	
2	1,111	1.4	4	0.5	0.8	
3	1,111	3.6	5.5	1.0	2.5	
4	1,111	4.5	6.0	1.6	4.2	
5	1,111	5.2	6.5	2.1	6.1	
6	1,111	6.3	7.0	3.1	9.8	
7	1,111	7.1	7.5	3.9	13.3	
8	1,111	8.3	8.9	5.4	21.5	
8.01	750	8.4	9.0	4.2	16.8	4.7
9	750	9.6	9.8	5.4	23.9	
10	750	10.5	10.6	6.5	31.0	
11	750	12.8	11.8	9.7	51.1	
12	750	14.7	12.5	12.8	71.8	
12.01	650	14.8	12.6	11.2	63.6	8.3
13	650	16.6	13.5	14.0	85.4	
14	650	17.9	14.5	16.4	107.2	
15	650	18.7	15.8	17.9	126.6	
16	650	20.3	17.7	21.1	168.2	
16.01	450	24.1	17.8	18.2	146.1	21.9
17	450	25.8	18.6	20.9	175.0	
18	450	26.5	19.5	22.1	193.8	
19	450	26.9	20.2	22.7	206.0	
20	450	27.1	20.5	23.1	213.0	

Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

El crecimiento medio máximo de este rodal es muy conservador (modesto) y culmina el año de rotación con 10.84 m<sup>3</sup>/ha/año. Debe puntualizarse, sin embargo se trata del volumen cúbico o total del rodal. Esta muy conservadora cifra comparada con los incrementos en volumen representados por *Tectonia grandis*, tiene sin embargo la ventaja de colocar el proyecto en una posición confortable, particularmente si se considera que serán plantados cerca o en las riberas del río Tuqueza y sus periódicas inundaciones.

Se puede apreciar que a lo largo de la rotación se podarán arboles seleccionados y se ralearan los rodales con tres intervenciones a mediados de los años 8, 12 y 16. Los volúmenes que se prevé extraer en estas intervenciones son también modestos, pero estas son las cifras que entrega la experiencia forestal en Panamá.

Al analizar conjuntamente el cuadro superior y el Cuadro 1 en el cual se presenta la calendarización de actividades silviculturales para *T. amazonia* se puede advertir que la primera cosecha se realiza el año 20, denotado como de máximo crecimiento medio, y consistente con las consideraciones de selección y manejo de la especie.



A continuación se presenta la tabla de rodal para *A. excelsum*, en la cual se consignan los parámetros de entrada del rodal y su tabla de desarrollo hasta la edad de rotación.

**CUADRO 4. PARAMETROS DE ENTRADA Y TABLA DE DESARROLLO DEL RODAL PARA *A. excelsum***

Años	Densidad Arboles/ha	DAP cm	Altura m	Área basal m <sup>2</sup> /ha	Volumen total m <sup>3</sup> /ha	Volumen raleado m <sup>3</sup> /ha
0	1,111	0	0	0.0	0.0	
1	1,111	2	3	0.3	0.5	
2	1,111	3.4	4	1.0	2.0	
3	1,111	4.8	5.5	2.0	5.5	
4	1,111	5.1	6.0	2.3	6.8	
5	1,111	5.6	6.7	2.7	9.2	
6	1,111	6.0	7.6	3.1	11.8	
7	1,111	7.3	8.2	4.6	18.9	
7.99	1,111	9.6	8.8	8.1	35.6	
8	740	10.8	9.0	6.8	27.4	8.2
9	740	13.2	9.8	10.1	44.6	
10	740	13.5	10.4	10.6	49.6	
11	740	13.8	11.0	11.0	54.6	
12	740	14.5	12.1	12.3	66.8	
13	740	15.0	13.0	13.1	76.5	
14	740	15.4	14.0	13.7	86.4	
15	740	15.6	15.1	14.1	96.1	
15.99	740	15.9	15.9	14.7	105.1	26.5
16	555	16.0	15.9	11.1	79.4	
17	555	18.1	16.5	14.2	105.7	
18	555	19.2	17.3	16.1	125.4	
19	555	19.7	18.1	16.9	137.9	
20	555	19.9	18.9	17.3	147.5	
21	555	20.1	19.5	17.6	154.7	
22	555	20.3	20.0	18.0	161.7	
23	555	20.4	20.8	18.1	169.8	
23.99	555	21.2	20.0	19.6	176.3	35.0
24	300	24.9	21.3	14.6	140.2	
25	300	26.3	22.0	16.2	160.7	
26	300	27.0	22.5	17.2	173.9	
27	300	27.3	23.0	17.5	181.2	
28	300	27.5	23.5	17.8	188.1	
29	300	27.8	23.7	18.3	194.8	
30	300	28.1	24.0	18.6	200.6	

Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

Se puede apreciar que a lo largo de la rotación se podarán arboles seleccionados y se ralearan los rodales con tres intervenciones a mediados de los años 8, 15 y 23. Los volúmenes que se prevé extraer en estas intervenciones son algo mayores que los obtenidos con la otra especie, pero se insiste, estas son las cifras que entrega la experiencia forestal en Panamá.

El crecimiento medio máximo de este rodal es muy conservador (modesto) y culmina el año 28 con 6.72 m<sup>3</sup>/ha/año. Debe puntualizarse sin embargo, tal como en el caso anterior, que se trata del rendimiento de maderas volúmenes comerciales y no de volumen cúbico o total del rodal.

## 1.6. La situación del carbono en el proyecto

A continuación se presentan los cuadros resúmenes del cálculo del sumidero de carbono representado (ex-ante) por la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico por los árboles plantados.

Antes de presentar los cuadro se explican a continuación algunos de los supuestos fundamentales que se tuvieron en consideración para el cálculo y determinación de las capturas, emisiones y sumidero para cada especie.

Tal como se indicó precedentemente, los cuadros Calendario de actividades y Parámetros de Entrada del Rodal son determinantes en el desarrollo de las tablas de cálculo de Capturas, Emisiones y Sumidero de Carbono. El calendario determina la oportunidad para la realización de las actividades que generan emisiones y la Tabla de Parámetros de Entrada los volúmenes (biomasa) que se acumulan durante la vida del rodal.

A. *Especie: Terminalia amazonia.*

Rotación	: 20 años
Forestación total	: 900 ha
Densidad de la madera	: 0.65
Fracción de carbono	: 0.5
Factor de Expansión	: 1.66

Todos los factores se obtuvieron de las tablas de Valores por Defecto del IPCC. Algunos antecedentes fueron adaptados a las condiciones que prevalecen en Panamá cuando fuera posible.

La biomasa por actividades de limpia contempla la extracción (despeje) de un 40% de la vegetación donde se plantaran los árboles. Esta intensidad de limpia considerando el estado y naturaleza de la vegetación existente se estimó con una intensidad de limpia de 6.2 toneladas de materia seca por hectárea con una extracción aproximada de un 40% de material.

Para la determinación de la biomasa extraída por podas se estimó que la copa del árbol individual corresponde al 6.2 % del volumen expandido y que en las intervenciones totales se extrae un 30% del volumen de copas, es decir un 2.11% del volumen total expandido. A esta biomasa verde se le aplica el mismo factor de densidad que a la madera.

A continuación se presenta el cuadro resumen del cálculo para la determinación del sumidero de carbono en el proyecto del río Tuqueza. La clave de cada una de las columnas es la siguiente:

- (1) Representa el año calendario originalmente estimado para la iniciación y duración del proyecto.
- (2) Año del proyecto.
- (3) Tabla de desarrollo del rodal equivalente al volumen no expandido de la biomasa medible.
- (4) Volumen expandido mediante el Factor de Expansión seleccionado de los Defaults IPCC.
- (5) Volumen de las extracciones constituidas por podas, raleos y cosecha.
- (6) En esta columna el volumen expandido (4) se transforma a biomasa mediante el factor de densidad.
- (7) Biomasa generada por las limpieas al comienzo de la rotación y durante el período especificado.
- (8) Biomasa generada (6) menos la biomasa de las extracciones y limpieas.

- (9) Carbono capturado y contenido en la biomasa como carbono sólido.  
 (10) Carbono transformado a CO<sub>2</sub>e<sup>1</sup>.

Como es convencional en los cuadros que se presentan a continuación las capturas están representadas con un signo negativo (-) y las emisiones con un signo positivo (+).

**CUADRO 5. CARBONO CAPTURADO DEL PROYETO ATRIBUIBLE A *Terminalia amazonia***

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Año Calendario	Año del Proyecto	Crecimiento Volumen Total m <sup>3</sup>	Volumen Expandido m <sup>3</sup>	Volumen Extracciones m <sup>3</sup>	Biomasa Generada t	Biomasa Limpias t	Biomasa neta t	Captura Carbono t	3,67 CO <sub>2</sub> e t
2010	1	0	0	0	0	455	-455	228	835
2011	2	18	30	0	19	911	-891	446	1,634
2012	2	162	269	2	173	1,366	-1,192	596	2,186
2013	4	612	1,016	6	654	1,821	-1,165	582	2,136
2014	5	1,368	2,271	10	1,465	1,821	-352	176	645
2015	6	2,466	4,094	30	2,628	1,594	1,048	-524	-1,921
2016	7	4,212	6,992	48	4,492	1,366	3,147	-1,574	-5,770
2017	8	6,462	10,727	33	6,937	1,138	5,813	-2,906	-10,657
2018	9	9,882	16,404	4,283	6,041	911	6,968	-3,484	-12,775
2019	10	13,428	22,290	4,289	9,861	683	11,018	-5,509	-20,200
2020	11	17,910	29,731	4,230	14,761	455	16,120	-8,060	-29,553
2021	12	25,344	42,071	4,230	22,782	228	24,369	-12,185	-44,677
2022	13	35,874	59,551	11,700	26,084		31,103	-15,552	-57,022
2023	14	47,376	78,644	7,470	43,059		46,263	-23,132	-84,816
2024	15	62,370	103,534	7,470	59,237		62,442	-31,221	-114,477
2025	16	79,578	132,099	7,470	77,805		81,009	-40,505	-148,517
2026	17	100,656	167,089	27,180	79,281		90,941	-45,470	-166,725
2027	18	119,232	197,925	19,710	107,384		115,840	-57,920	-212,373
2028	19	138,744	230,315	19,710	128,438		136,893	-68,447	-250,971
2029	20	156,528	259,836	19,710	147,627		156,082	-78,041	-286,151
2030	21	172,080	285,653	54,108	127,292		150,504	-75,252	-275,924
2031	22	141,804	235,395	38,340	111,638		128,086	-64,043	-234,823
2032	23	110,304	183,105	38,340	77,649		94,097	-47,049	-172,511
2033	24	75,420	125,197	38,340	40,009		56,457	-28,229	-103,505
2034	25	38,340	63,644	38,340	0		16,448		0
	<b>TOTAL</b>						<b>1,230,592</b>	<b>-607,072</b>	<b>-2,225,930</b>

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de las cifras contenidas en el cuadro anterior es posible advertir que en el período de la primera rotación el proyecto Tuqueza a través de la especie *Terminalia amazonia* captura 2.23 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e

<sup>1</sup> La expresión CO<sub>2</sub>e se refiere al equivalente de dióxido de carbono gaseoso.

En el cuadro que se presenta a continuación se muestra el cuadro resumen del cálculo del sumidero de carbono representado (ex-ante) por la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico por las plantaciones de *Anacardium excelsum*.

*B. Especie: Anacardium excelsum*

Rotación	: 30 años
Forestación total	: 100 ha
Densidad de la madera	: 0.41
Fracción de carbono	: 0.5
Factor de Expansión	: 1.4

Todos los factores se obtuvieron de las tablas de Valores por Defecto del IPCC. Algunos antecedentes fueron adaptados a las condiciones que prevalecen en Panamá cuando fuera posible.

La biomasa por actividades de limpia contempla la extracción (despeje) de un 40% de la vegetación donde se plantaran los árboles. Esta intensidad de limpia considerando el estado y naturaleza de la vegetación existente se estimó con una intensidad de Limpia de 6.2 toneladas de materia seca por hectárea con una extracción aproximada de un 40% de material.

Para la determinación de la biomasa extraída por podas se estimó que la copa del árbol individual corresponde al 6.2 % del volumen expandido y que en las intervenciones totales se extrae un 30% del volumen de copas, es decir un 2.11% del volumen total expandido. A esta biomasa verde se le aplica el mismo factor de densidad que a la madera.

A continuación se presenta el cuadro resumen del cálculo para la determinación del sumidero de carbono en el proyecto del río Tuqueza. La clave de cada una de las columnas es la siguiente:

Lo mismo que en el caso anterior las columnas del cuadro que se presenta más adelante tienen los siguientes significados:

- (1) Representa el año calendario originalmente estimado para la iniciación y duración del proyecto.
- (2) Año del proyecto.
- (3) Tabla de desarrollo del rodal equivalente al volumen no expandido de la biomasa medible.
- (4) Volumen expandido mediante el Factor de Expansión seleccionado de los Defaults IPCC.
- (5) Volumen de las extracciones constituidas por podas, raleos y cosecha .
- (6) En esta columna el volumen expandido (4) se transforma a biomasa mediante el factor de densidad.
- (7) Biomasa generada por las limpias al comienzo de la rotación y durante el período especificado.
- (8) Biomasa generada (6) menos la biomasa de las extracciones y limpias.
- (9) Carbono capturado y contenido en la biomasa como carbono sólido.
- (10) Carbono transformado a CO<sub>2</sub>e.

**CUADRO 6. CARBONO CAPTURADO DEL PROYECTO ATRIBUIBLE A *Anacardium excelsum***

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Año Calendario	Año del Proyecto	Crecimiento Vol. Total m3	Volumen Expandido m3	Volumen Extracciones m3	Biomasa Generada t	Biomasa Limpias t	Biomasa neta t	Captura Carbono t	Captura CO <sub>2</sub> e <sup>2</sup> t
2010	1	0	0	0	0	51	-51	51	186
2011	2	10	14	0	6	101	-95	95	350
2012	2	50	70	0	28	152	-123	123	453
2013	4	160	224	2	90	202	-112	112	412
2014	5	296	414	4	166	202	-36	36	132
2015	6	480	672	6	269	177	92	-92	-338
2016	7	706	988	8	397	152	245	-245	-900
2017	8	1,378	1,929	18	773	126	646	-646	-2,370
2018	9	1,816	2,542	9	571	101	932	-932	-3,417
2019	10	2,572	3,601	172	1,006	76	1,231	-1,231	-4,515
2020	11	3,380	4,732	164	1,478	51	1,728	-1,728	-6,337
2021	12	4,236	5,930	164	1,969	25	2,245	-2,245	-8,231
2022	13	4,860	6,804	164	1,146		2,628	-2,628	-9,637
2023	14	5,842	8,179	164	2,173		3,192	-3,192	-11,704
2024	15	6,678	9,349	0	2,652		3,833	-3,833	-14,055
2025	16	7,788	10,903	0	3,290		4,470	-4,470	-16,391
2026	17	8,284	11,598	0	1,419		4,755	-4,755	-17,435
2027	18	9,062	12,687	530	3,047		4,680	-4,680	-17,160
2028	19	10,040	14,056	530	3,608		5,241	-5,241	-19,219
2029	20	11,070	15,498	530	4,199		5,833	-5,833	-21,386
2030	21	11,918	16,685	530	4,686		6,319	-6,319	-23,171
2031	22	13,424	18,794	530	7,705		7,184	-7,184	-26,341
2032	23	14,544	20,362	0	8,348		8,348	-8,348	-30,610
2033	24	15,412	21,577	0	8,846		8,846	-8,846	-32,437
2034	25	15,458	21,641	0	8,873		8,873	-8,873	-32,534
2035	26	15,722	22,011	700	9,024		8,336	-8,336	-30,564
							<b>TOTAL</b>	<b>-140,866</b>	<b>-516,508</b>

<sup>2</sup> Se utiliza el factor 3.67 para la transformar carbono sólido en gaseoso.

A continuación se presenta un cuadro resumen con las capturas de ambas especies.

**CUADRO 7. RESUMEN CARBONO CAPTURADO POR EL PROYECTO CUENCA DEL RÍO TUQUEZA**

Año Calendario	Año del Proyecto	Captura Carbono t	CO <sub>2</sub> e t
2010	1	278	1,020
2011	2	541	1,984
2012	2	720	2,639
2013	4	695	2,548
2014	5	212	777
2015	6	-616	-2,259
2016	7	-1,819	-6,670
2017	8	-3,553	-13,027
2018	9	-4,416	-16,191
2019	10	-6,740	-24,715
2020	11	-9,788	-35,890
2021	12	-14,429	-52,907
2022	13	-18,180	-66,659
2023	14	-26,324	-96,520
2024	15	-35,054	-128,531
2025	16	-44,975	-164,908
2026	17	-50,225	-184,160
2027	18	-62,600	-229,533
2028	19	-73,688	-270,190
2029	20	-83,874	-307,537
2030	21	-81,571	-299,095
2031	22	-71,227	-261,164
2032	23	-55,397	-203,121
2033	24	-37,075	-135,942
2034	25	-8,873	-32,534
2035	26	-8,336	-30,564
2036	27	-8,556	-31,372
2037	28	-8,780	-32,193
2038	29	-9,001	-33,005
2039	30	-9,628	-35,304
2040		-6,827	-25,034
2041		-4,831	-17,713
2042		-2,751	-10,086
2043		-591	-2,168
2044		-658	-2,413
<b>TOTAL</b>		<b>-747,938</b>	<b>-2,742,438</b>

Como puede apreciarse el proyecto de carbono del río Tuqueza captura a lo largo de su proyección **2,742,438** toneladas de Carbono equivalente.

## 2. PROYECTO CAPTURA CARBONO CUENCA RÍO TABASARÁ

### 2.1. Área de implantación del proyecto

Las colinas donde se ha decidido impulsar el proyecto de carbono de la cuenca del río Tabasará se ubican en el Corregimiento de Ñurum en la Comarca Ngäbe Bugle de Panamá. Estas tierras podrían dotarse de plantaciones forestales ya que desde antes del 31 de diciembre de 1989 han permanecido desprovistas de bosques y con una mínima cubierta vegetal, terrenos calificados como de sabana.

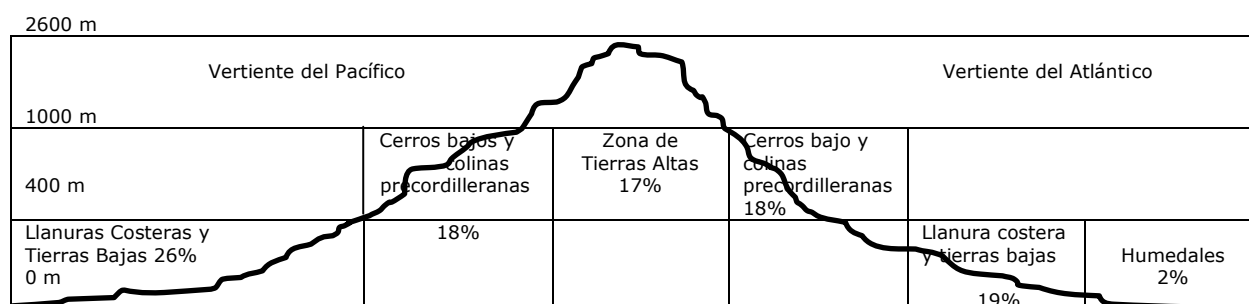
Los ríos Tabasará y Vigui nacen en las montañas de la Cordillera de Tabasará y generan una cuenca de un área de 1,289 km<sup>2</sup> en la Comarca Ngäbe Bugle, provincias de Chiriquí y Veraguas. Se caracteriza por sus llanuras estériles, tierras delgadas con poca productividad y altos niveles de deforestación y erosión incipiente.

Los ríos Tabasará y Vigui pasan por varias comunidades indígenas pertenecientes a la Comarca Ngäbe Bugle, entre ellas la de Jadote, Guacamaya, Bule, Bajo Mosquito y Llano Ñopo. Las pendientes de la vertiente occidental de la Cordillera del Tabasará son pronunciadas desde la cumbre hasta las proximidades de la Comunidad de Llano Ñopo, latitud desde donde ambos ríos adquieren menos pendiente y su recorrido se inicia en lugares relativamente planos. Aproximadamente a 3 kilómetros aguas abajo de la carretera interamericana el río Vigui desemboca en el Tabasará. A 7 kilómetros antes de su desembocadura en el Pacífico, el río Tabasará se divide en dos y estos a su vez se dividen en otros cursos formando el denominado Delta del Tabasará.

La Cordillera Central es una cadena montañosa ubicada al oeste de Panamá y es una prolongación de la cordillera de Talamanca que proviene de Costa Rica. Es un arco montañoso que constituye en el dorsal del relieve geográfico panameño, siendo la divisoria entre el Pacífico y el Mar Caribe. Se extiende desde la frontera con Costa Rica, pasando las provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Veraguas, la Comarca Ngäbe Bugle, Coclé y el extremo oeste de la provincia de Panamá, culminando en el cerro Trinidad.

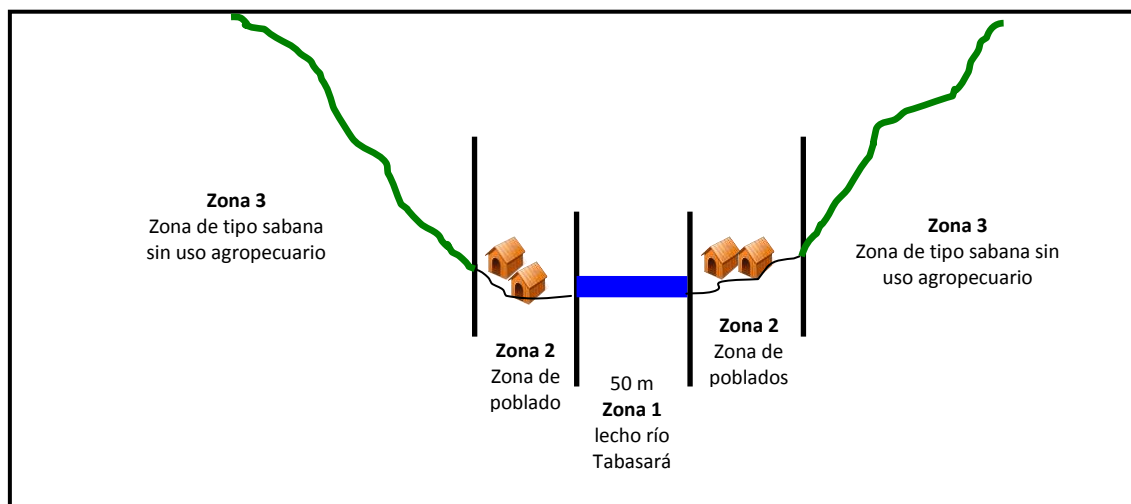
En el gráfico que se presenta a continuación se muestra un perfil típico de la Cordillera Central a la latitud de la cuenca del Tabasará.

**GRÁFICO 4. PERFIL TRANSVERSAL DE LA MACRO-OROGRAFÍA DE LA COMARCA NGÄBE BUGLE**



**Fuente:** Plan Estratégico de Desarrollo de la Comarca Ngäbe Bugle. Grupo para el Desarrollo Empresarial, S.A. (Grudem). Abril 2008.

**GRÁFICO 5. PERFIL DE LAS ZONAS AGRO ECOLÓGICAS DE LA COMARCA NGÄBE BUGLE**



Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

## 2.2. Superficie a forestar y especies seleccionadas

Después de haber considerado las experiencias, antecedentes y perspectivas de las realidades de campo expuestas por el representante técnico de las autoridades comarcales y considerando además las condiciones edáficas y ambientales del área, se ha llegado a la conclusión de seleccionar la especie *Pinus caribaea var hondurensis* (*P. caribaea*), selección que además corresponde a la preferencia de la propia comunidad, basada en sus experiencias y realidades. A continuación, se presenta una tabla con las principales características de la especie.

Superficie a forestar.

*Pinus caribaea* : 400 ha anuales durante 5 años = 2,000 ha

## 2.3. Rotación y crecimiento

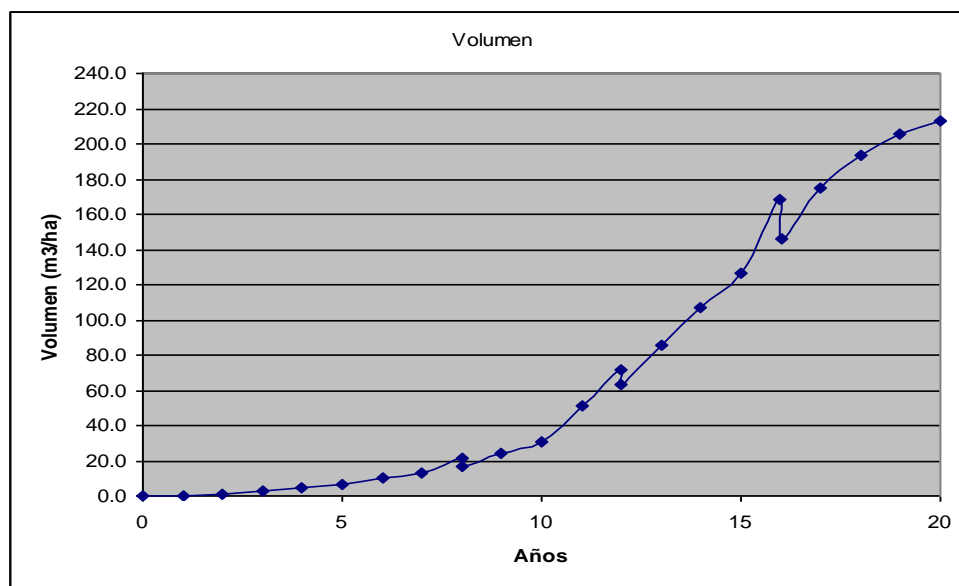
De acuerdo a la experiencia que existe en el país *P. caribaea* se ajusta adecuadamente a rotaciones entre los 20 y los 25 años. En este proyecto y con el propósito de adelantar la captura de ingresos se seleccionó la opción de una rotación de 22 años.

*Pinus caribaea* : 22 años

En el gráfico que se presenta a continuación se muestra la curva de desarrollo de un rodal de *P. caribaea* de la forma como crece en Panamá.



**GRAFICO 6. TABLA DE DESARROLLO *Pinus caribaea***



Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

#### 2.4. Planes de manejo y calendario de actividades

- La plantación. Los resultados con plantaciones de *P. caribaea*, hacen recomendable esta especie para la Comarca Ngäbe Bugle. La densidad de plantación recomendada para este proyecto con *Pinus caribaea* var. *hondurensis* es de 1,111 plántones/ha, plantados en un formato de 3 x 3 metros y en curvas de nivel cuando se siembra en pendiente mayores a 30%.
- Limpia: el año de la plantación, se recomiendan 2 limpiezas para disminuir la presión de la vegetación sobre los plántones, al igual que durante el año 1 después de la siembra. Los 2 años siguientes (años 2 y 3), se recomienda una sola limpieza anual con machete.
- Podas. Las podas son importantes para obtener madera libre de nudos al menos en la primera troza.
- Raleos. Los raleos tienen como funciones liberar el crecimiento de los mejores árboles, mejorar la calidad de la madera, asegurar el estado fitosanitario de la plantación y facilitar el acceso, manejo y aprovechamiento de la plantación.
- Cosecha. Esta operación consiste en talar todos los árboles presentes al final de la rotación mediante tala rasa.

**CUADRO 8. CALENDARIO DE ACTIVIDADES PROYECTO FORESTACIÓN PARA *P. caribaea***

Año Calendario	Año del Proyecto	Superficies anuales de intervención (ha)				
		Siembra	Limpieza	Poda	Raleo	Cosecha
2011	1	400	800			
2012	2	400	1,600			
2013	3	400	2,000			
2014	4	400	2,400			
2015	5	400	2,400			
2016	6		1,600	400	400	
2017	7		800	400	400	
2018	8		400	400	400	
2019	9			400	400	
2020	10			800	800	
2021	11			400	400	
2022	12			400	400	
2023	13			400	400	
2024	14			400	400	
2025	15					
2026	16					
2027	17					
2028	18					
2029	19					
2030	20					
2031	21					
2032	22					400
2033						400
2034						400
2035						400
2036						400
2037						400

Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

Como indicado precedentemente, la rotación se ha fijado en el año 22, sin embargo como la forestación se realiza en años diferidos, la cosecha también se difiere en los años correspondientes y por eso el proyecto culmina el año 37.

## 2.5. Escenarios de crecimiento por especie

A continuación se presenta la Tabla de Rodal para *P. caribaea*, en ella se consignan el número de árboles en pie a la edad de plantación y los rodales residuales después de las podas y raleos que coinciden en el momento de su ejecución. Se presentan además los volúmenes en la tabla de desarrollo del rodal hasta la edad de rotación.

**CUADRO 9. PARAMETROS DE ENTRADA Y TABLA DE DESARROLLO DEL RODAL PARA *P. caribaea***

Años	Densidad Árboles/ha	Volumen total m <sup>3</sup> /ha	Volumen raleado m <sup>3</sup> /ha
0	1,111	0.00	
1	1,000	0.00	
2	1,000	0.00	
3	1,000	0.80	
4	1,000	4.30	
5	1,000	8.80	
6	750	19.60	4.20
7	750	36.80	
8	750	61.80	
9	750	96.10	
10	500	141.30	114.4
11	500	188.40	
12	500	130.70	
13	500	166.30	
14	500	207.90	
15	500	253.80	
16	500	292.90	
17	500	335.70	
18	500	379.90	
19	500	416.60	
20	500	451.10	
21	500	487.40	
22	500	525.60	

Fuente: PANAMA FOREST SERVICES, INC. Mayo, 2009

El crecimiento de este rodal es más alentador que los consignados para las especies plantadas en el Proyecto del río Tuqueza. El crecimiento medio máximo de la especie creciendo en la Comarca Ngäbe Bugle y culmina el año de rotación con 23.89 m<sup>3</sup>/ha/año. Debe puntualizarse que se trata del volumen cúbico o total del rodal.

Se puede apreciar que a lo largo de la rotación se podarán arboles seleccionados y se ralearán los rodales con dos intervenciones a mediados de los años 5 y 12. Los volúmenes que se prevé extraer en esta intervenciones son normales para este tipo de bosques.

Al analizar conjuntamente el cuadro superior y el Cuadro 8 en el cual se presenta la calendarización de actividades silviculturales para *P. caribaea* se puede advertir que la primera cosecha se realiza el año 22, denotado como de máximo crecimiento medio, y consistente con las consideraciones de selección y manejo de la especie.

## 2.6. La situación del carbono en el proyecto

A continuación se presentan los cuadros resúmenes del cálculo del sumidero de carbono representado (ex-ante) por la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico por los árboles plantados.

Antes de presentar los cuadro se explican a continuación algunos de los supuestos fundamentales que se tuvieron en consideración para el cálculo y determinación de las capturas, emisiones y sumidero para cada especie.

Tal como se explicó precedentemente, los cuadros Calendario de actividades y Parámetros de Entrada del Rodal son determinantes en el desarrollo de las tablas de cálculo de Capturas, Emisiones y Sumidero de Carbono. El calendario determina la oportunidad en que se realizan las actividades que generan emisiones y la Tabla de Parámetros de Entrada los volúmenes (biomasa) que se acumula durante la vida del rodal.

*Especie: Pinus caribaea.*

Rotación	: 22 años
Forestación total	: 2,000 ha
Densidad de la madera	: 0.51
Fracción de carbono	: 0.5
Factor de Expansión	: 1,525

Todos los factores se obtuvieron de las tablas de Valores por Defecto del IPCC. Algunos antecedentes fueron adaptados a las condiciones que prevalecen en Panamá cuando fuera posible.

La biomasa por actividades de limpia contempla la extracción (despeje) de un 40% de la vegetación donde se plantaran los árboles. Esta intensidad de limpia considerando el estado y naturaleza de la vegetación existente se estimó con una intensidad de limpia de 6.2 toneladas de materia seca por hectárea con una extracción aproximada de un 40% de material.

Para la determinación de la biomasa extraída por podas se estimó que la copa del árbol individual corresponde al 6.4 % del volumen expandido y que en las intervenciones totales se extrae un 30% del volumen de copas, es decir un 1.92% del volumen total expandido. A esta biomasa verde se le aplica el mismo factor de densidad que a la madera.

A continuación se presenta el cuadro resumen del cálculo ara la determinación del sumidero de carbono en el proyecto del río Tabasará. La clave de cada una de las columnas es la siguiente:

- (1) Representa el año calendario originalmente estimado para la iniciación y duración del proyecto.
- (2) Año del proyecto.
- (3) Tabla de desarrollo del rodal equivalente al volumen no expandido de la biomasa medible.
- (4) Volumen expandido mediante el Factor de Expansión seleccionado de los Defaults IPCC.
- (5) Volumen de las extracciones constituidas por podas, raleos y cosecha.
- (6) En esta columna el volumen expandido (4) se transforma a biomasa mediante el factor de densidad.
- (7) Biomasa generada por las limpieas al comienzo de la rotación y durante el período especificado.
- (8) Biomasa generada (6) menos la biomasa de las extracciones y limpieas.

(9) Carbono capturado y contenido en la biomasa como carbono sólido.

(10) Carbono transformado a CO<sub>2</sub>e.

**CUADRO 6. CARBONO CAPTURADO DEL PROYECTO TABASARA *Pinus caribaea***

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Año Calendario	Año del Proyecto	Crecimiento Vol. Total m <sup>3</sup>	Volumen Expandido m <sup>3</sup>	Volumen Extracciones m <sup>3</sup>	Biomasa Generada t	Biomasa Limpias t	Biomasa neta t	Captura Carbono t	Captura <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> e t
2010	0	0	0		0	1,984	-1,984	992	3,641
2011	1	0	0		0	3,968	-3,968	1,984	7,281
2012	2	0	0		0	4,960	-4,960	2,480	9,102
2013	2	320	488		249	5,952	-5,703	2,852	10,465
2014	4	2,040	3,111		1,587	5,952	-4,365	2,183	8,010
2015	5	5,560	8,479		4,324	3,968	356	-178	-654
2016	6	13,400	20,435	1,007	10,422	1,984	7,925	-3,962	-14,541
2017	7	28,120	42,883	1,272	21,870	992	20,229	-10,115	-37,121
2018	8	52,520	80,093	1,764	40,847		39,948	-19,974	-73,304
2019	9	89,240	136,091	2,502	69,406		68,130	-34,065	-125,019
2020	10	142,240	216,916	26,925	110,627		96,896	-48,448	-177,803
2021	11	209,760	319,884	27,365	163,141		149,185	-74,592	-273,754
2022	12	247,320	377,163	28,086	192,353		178,029	-89,015	-326,684
2023	13	289,120	440,908	28,889	224,863		210,130	-105,065	-385,588
2024	14	333,840	509,106	29,747	259,644		244,473	-122,236	-448,608
2025	15	378,840	577,731		294,643		294,643	-147,321	-540,670
2026	16	420,640	641,476		327,153		327,153	-163,576	-600,325
2027	17	502,640	766,526		390,928		390,928	-195,464	-717,353
2028	18	588,080	896,822		457,379		457,379	-228,690	-839,291
2029	19	671,560	1,024,129		522,306		522,306	-261,153	-958,431
2030	20	750,480	1,144,482		583,686		583,686	-291,843	-1,071,063
2031	21	828,280	1,263,127		644,195		644,195	-322,097	-1,182,097
2032	22	904,240	1,378,966	210,240	703,273		596,050	-298,025	-1,093,752
2033	23	752,280	1,147,227	210,240	585,086		477,863	-238,932	-876,879
2034	24	585,640	893,101	210,240	455,482		348,259	-174,130	-639,055
2035	25	405,200	617,930	210,240	315,144		207,922	-103,961	-381,537
2036	26	210,240	320,616	210,240	163,514		56,292	-28,146	-103,295
							<b>TOTAL</b>	<b>-2,950,498</b>	<b>-10,828,328</b>

Como puede apreciarse el Proyecto de carbono del río Tabasará captura a lo largo de su proyección **10,828,328** toneladas de Carbono equivalente.

<sup>3</sup> Se utiliza el factor 3.67 para la transformar carbono sólido en gaseoso.