

Inventario de GEI Proyecto Puerto Verde Panamá Atlántico



Panamá, agosto de 2013

Dr. Freddy Picado.

I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global y el cambio climático han pasado a primer plano como una cuestión clave para el desarrollo sostenible. Muchos gobiernos están tomando medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de políticas nacionales que incluyen la introducción de los programas de comercio de emisiones, programas voluntarios, impuestos sobre el carbono o la energía, y los reglamentos y normas en materia de eficiencia energética y de las emisiones.

Como resultado de ello, las empresas deben ser capaces de comprender y gestionar sus riesgos por la generación de gases de efecto invernadero (GEI), si se quiere asegurar el éxito a largo plazo en un entorno empresarial competitivo, y para estar preparados para las presentes y futuras políticas nacionales o regionales del clima.

SMC Barcelona, S.A., está promoviendo la construcción del proyecto *Puerto Verde Panamá Atlántico* y su Zona Logística en respuesta a la oportunidad de negocio que brinda la ampliación del Canal de Panamá que se prevé finalice en el año 2014. Los análisis de tráfico marítimo realizados concluyen que la zona del Atlántico así como la del Pacífico requerirá a medio plazo capacidad para suministrar tanto servicios marítimos como combustible a barcos post panamax.

En virtud de lo anterior para la construcción del puerto y su zona logística se ha escogido la llamada *Isla Largo Remo* localizada en la Provincia de Colón en el Caribe Panameño, la cual según informe del Banco Mundial (marzo de 2012) es la mejor sobre la oferta y demanda de los servicios marítimos relacionados con la expansión del Canal de Panamá.

Como parte de las acciones a realizar para llevar a cabo tan importante proyecto está la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, dentro del cual uno de los capítulos centrales para este desarrollo es la realización del Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que permitirá cuantificar las emisiones de dichos gases que se generarán durante los diferentes procesos constructivos (puerto, terminales, zona logística y turística, edificio singular, zona comercial, etc.) del proyecto en mención.

En los acápites siguientes se presentan los resultados del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del proyecto *Puerto Verde Panamá Atlántico* y su Zona Logística, en aquellos sectores donde se logró compilar información para estimar las emisiones de algunos GEI, los cuales son: energía, manejo de desechos sólidos, cambio de uso de suelo y tratamiento de aguas residuales.

II. METODOLOGÍA

La cuantificación de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) se realizó en base a la metodología del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) comprendida en las Guías del IPCC.

- Guía del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada 1996. Consta de tres volúmenes: Instrucciones para realizar el Informe del Inventario (Volumen 1), Libro de Trabajo (Volumen 2) en el software del IPCC y Manual de Referencia (Volumen 3), el cual contiene un compendio de métodos y consideraciones a seguir en los diferentes cálculos del inventario. Se utilizan las directrices que establece la guía metodológica, empleando estadísticas nacionales y valores por defecto en el caso de ausencia de datos de país.
- Modalidades y Procedimientos de las metodologías AM0029 y ACM0002 aprobados por la Junta Ejecutiva del Protocolo de Kioto (PK) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés).
- Guía del IPCC sobre Buenas Prácticas y la gestión de incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GBP). Esta guía presenta ecuaciones para realizar el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero evitándose las sobrestimaciones o subestimaciones de las emisiones.
- Guía de Buenas Prácticas para el sector Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura publicada en 2003 (GBP 2003).

Se hace uso del método nivel 1 (Tier 1), este método simplificado presenta factores de emisión por defecto que abarcan las principales fuentes y sumideros de los gases de efecto invernadero, Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Monóxido de Carbono (CO) y Óxido de Nitrógeno (NO_x).

La metodología en general se basa en la multiplicación de los datos de cada categoría de fuente por el correspondiente factor de emisión, mediante la aplicación de la fórmula:

$$E = FE * P$$

Donde:

E = emisión del gas contaminante del sector X

FE = factor de emisión por defecto del IPCC asociado al gas

P = producción de la categoría de fuente en el sector X

Las fuentes principales de información utilizadas fueron estudios de casos realizados a nivel internacional, censos e indicadores nacionales de instituciones oficiales; bases de datos y mapas generados por proyectos y entes

gubernamentales. Así como la documentación de apoyo del proyecto *Puerto Verde Panamá Atlántico (PVPA)* elaborada en la fase de factibilidad.

III. OBJETIVOS

- Proveer información que se puede utilizar para construir una estrategia eficaz para gestionar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar los impactos directos que el proyecto PVPA tendrá al medio ambiente;
- Proporcionar información que facilite la participación de la Empresa en los programas de GEI voluntarios y obligatorios;
- Aumentar la coherencia y la transparencia en la contabilidad y notificación de GEI entre varias empresas y programas de GEI.

IV. INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

4.1. SECTOR ENERGÍA

i. INTRODUCCIÓN

Centrales de generación en ciclo combinado

Es una configuración que usa tanto turbinas a gas como turbina a vapor. En un ciclo combinado los gases calientes emitidos por una turbina a gas son usados para entregar todo o una parte de la fuente de calor para la caldera, que produce vapor para la turbina a vapor. Puede combinarse una o varias turbinas de gas con una de vapor.

Este tipo de centrales tiene mayor eficiencia térmica (50-55%) que los generadores de vapor y que las turbinas de gas. Usualmente utilizan gas natural como combustible. En algunos casos la caldera de vapor del sistema cuenta con quemadores adicionales que aumentan la temperatura de los gases de escape de la turbina de gas, incrementando la producción de vapor.

La generación de ciclo combinado se denomina también como de ciclo cerrado. En caso contrario se denominan como ciclo abierto.

Proyecto Puerto Verde Panamá Atlántico (PVPA)

El Proyecto PVPA de Cogeneración a gas natural consiste en el establecimiento de 5 unidades de cogeneración de ciclo combinado, con una capacidad instalada de 500 MW de potencia nominal (5 x 100 MW) y 506.26 MW calculada, de la cual 200 MW serán para la operación del proyecto PVPA y 300 MW serán vendidos a la red nacional interconectada. El vapor será utilizado para otras actividades del proyecto como por ejemplo, frío.

El tiempo previsto de operación de la planta es de 8.000 horas anuales, quedando las 760 restantes para mantenimiento del equipo. Se estima que el rendimiento conjunto sea del 86%, con una pérdida del 14%. Del rendimiento conjunto, 59% será para electricidad y 27% para frío. De acuerdo a las modalidades y procedimientos establecidos la Junta Ejecutiva del PK de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) las metodologías que se utilizan para estimar las emisiones de CO₂e reducidas por un proyecto a Gas Natural como es el que presenta PVPA, la metodología de cálculo a utilizar es la AM0029¹ que describe como calcular la línea base para un proyecto a gas natural que esté conectado a la red nacional de transmisión de energía. Así como la metodología ACM0002, la cual dicta las pautas de proyectos de energía renovable conectados a la red de transmisión eléctrica de manera consolidada. Ambas metodologías indican que el primer cálculo que se debe hacer, es el de estimar las emisiones propias que tiene el proyecto en su forma de operar que presentamos en el siguiente punto.

ii. Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero, planta de 500 MW

En la tabla 1 se presentan los factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en la industria de la energía (Kg de gases de efecto invernadero por TJ sobre la base del poder calorífico neto). (IPCC 2006, Tabla 2.2, Vol. 2, Energía). Dicha tabla documenta la estimación de las emisiones de GEI en

¹ <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html>

kilogramos (Kg) para los gases de efecto invernadero principales (CO₂, CH₄ y N₂O) originados por la generación de 1 TJ, los cuales están referidos a valores por defectos (bajo y alto) y a dos valores de potencial de calentamiento usados internacionalmente, a fin de conocer el rango de oscilación de éstos. Utilizando el GWP más conservador se obtiene que 1 TJ produce 58.5 toneladas de CO₂ equivalente.

Tabla 1. Factores de emisión por defecto (bajo y alto) para la combustión estacionaria referida a los GEI principales y estimación de emisiones de GEI para 1 TJ.								
Dióxido de Carbono (CO₂)			Metano (CH₄)			Óxido Nitroso (N₂O)		
Defecto	Bajo	Alto	Defecto	Bajo	Alto	Defecto	Bajo	Alto
56,100	54,300	58,300	1.0	0.3	3.0	0.1	0.03	0.3
GWP 2007			25			298		
Usando GWP 2007			25	7.5	75	29.8	8.94	89.4
GWP KP			21			310		
Usando GWP KP			21	6.3	63	31	9.3	93
En CO₂-eq., utilizando el Potencial de Calentamiento más conservador (GWP)								
		58,300			75			93
Emisiones totales por Tera Julio (TJ) = 58,468 Kg								
En porcentaje		97.7126			0.1282			0.1590

GWP = Potencial de Calentamiento Global. KP = Protocolo de Kyoto.

Para propósito de los GEI las emisiones de CH₄ y N₂O son insignificantes como es práctica común en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), uno de los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto.

Con base a la información estimada en la tabla 1 y de acuerdo a los factores de emisión para fuentes fijas, se obtiene que para una planta de Ciclo Combinado, el valor por defecto para el metano y óxido nitroso es, CH₄ = 1 y N₂O = 3 respectivamente (IPCC, 2006, Tabla 2.6, Vol. 2 Energía). En la tabla 2, se estima la emisión de GEI para 1 TJ utilizan el valor más alto del GWP, obteniéndose una emisión de 57.1 toneladas de CO₂ equivalente aproximadamente.

1, 000,000 Kilowatt-h (KWh) = 3.6 Terajoules (TJ)

1 Millón KWh = 3.6 TJ

1 GWh = 3.6 TJ

Tabla 2. Estimación de las emisiones de GEI para 1 TJ utilizando el valor del GWP más alto.

Dióxido de Carbono (CO ₂)			Metano (CH ₄)			Óxido Nitroso (N ₂ O)		
Defecto			Defecto			Defecto		
56,100			1			3		
En CO ₂ -eq., utilizando el Potencial de Calentamiento más Alto (GWP)								
56,100			25			930		
Total								
	57,055							
En porcentaje								
	98.3261		0.04381			1.6300		

Fuente: Los valores para ciclo combinado se tomaron del Documento de Trabajo 43, 2006 (Tsupari, E., Tormonen, K., Monni, S., Vahlman, T., Kolsi, A. and Linna, V.). <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W43.pdf>

Como se mencionó anteriormente la planta de 500 MW trabajará 8,000 horas al año, lo cual equivale a 4,000 GWh, que a la vez corresponden a 14,400 TJ (4,000 x 3.6) al año. En la Tabla 3 se presenta la estimación de las emisiones de GEI de la planta de 500 MW del Proyecto PVPA, correspondiente a 14, 400 Terajoules anuales.

Tabla 3. Estimación de las emisiones de GEI para la planta de 500 MW del proyecto PVPA, en toneladas de CO₂ equivalente (CO₂eq).

Dióxido de Carbono (CO ₂)			Metano (CH ₄)			Óxido Nitroso (N ₂ O)		
807,840,000 kg			14,400 kg			43,200 kg		
Que combinados con los valores de GWP se convierte en Kg CO ₂ -eq.:								
Dióxido de Carbono (CO ₂)			Metano (CH ₄)			Óxido Nitroso (N ₂ O)		
807,840,000			360,000			13,392,000		
Toneladas de CO₂ equivalente:								
807,840			360			13,992		
TOTAL			821,592 Toneladas de CO₂-eq					

Sí se toman en cuenta las fugas accidentales, por ejemplo de metano, éstas podrían oscilar en un rango de 15% a 20%. De tal forma que anualmente las *emisiones por fugas*, podrían oscilar entre 123,239 y 164,318 toneladas de CO₂-eq. De esta manera estimamos las emisiones totales anuales de la Planta de Ciclo

Combinado del Proyecto de Panamá Verde, serían de **944,831 toneladas de CO₂-eq (TCO₂e)**, que equivale a 944.8 Gg de CO₂-eq, las cuales serán restadas posteriormente al potencial de reducción que tiene la planta de 500 MW del PVPA. Teniendo en cuenta que el proyecto PVPA consumirá 200 MW de generación, podemos decir que PVPA solo será responsable de un total de 377,933 TCO₂e y las otras 566,898 TCO₂e serían sumadas hacia la red de transmisión del sector eléctrico.

iii. **Planta de Generación de 5 MW con desechos sólidos municipales**

Para la operación de esta planta se ha previsto utilizar los residuos sólidos urbanos (RSU) del Corregimiento de Cativá, el cual genera aproximadamente 34.6 toneladas de RSU². También, se ha planificado utilizar una parte de los RSU producidos por la ciudad de Colón y su Zona Libre, ésta última se caracteriza por producir desechos de alto valor calorífico. Adicionalmente, se está analizando la utilización de los desechos (sólidos y líquidos) provenientes de la flota de barcos que llegarán al puerto una vez en pleno funcionamiento.

Se ha previsto utilizar una tecnología de gasificación de alta temperatura, cuyo desempeño final estará en función de la composición de los desechos.

Esta información se ingresó al software de IPCC (1996) y se estimó que está cantidad de residuos puede generar emisiones por 1,367 toneladas de Metano (CH₄) que equivalen a 28,711 toneladas de CO₂ equivalente³ al año.

En total la planta generaría un ahorro anual de **28, 711 toneladas de CO₂ equivalente** proveniente de la descomposición de RSU.

Por otro lado un sistema de gasificación flexible tipo plasma, como es el que propone el PVPA de alta temperatura, brindaría otras reducciones anuales en la

² Según el Censo Nacional de Panamá de 2010, Cativá tiene una población de 34,558 habitantes. Asumiendo que la producción per cápita/día para la Provincia de Colón es de 1.0 Kg, significa que el Corregimiento de Cativá produce 34.6 toneladas diarias de RSU.

³ 1.367 x 21 = 28.707 Gg de CO₂ equivalente, multiplicado por 1,000 = 28,707 Ton CO₂eq.

generación de energía. La cantidad de reducción de emisiones de CO₂eq de acuerdo a la metodología ACM002 estaría en el orden de **27,633 TCO₂eq por año**, adicionales a las 28,711 mencionadas anteriormente. En este sentido la instalación de la planta de generación eléctrica de Residuos a Energía a través de procesos de gasificación, tendrían una reducción directa de **56,344 TCO₂eq** aproximadamente por año una vez puesta a 100% de operación.

3.1. Emisiones evitadas por sustitución de combustible de una planta térmica por una de ciclo combinado de 500 MW, para los 3 primeros años

Como se indicó anteriormente el proyecto PVPA operará una planta de ciclo combinado de 500 MW, de los cuales 200 MW serán para las actividades propias del proyecto y 300 MW serán proveídos a la Red Nacional de Transmisión de Energía.

De acuerdo a las metodologías AM0029 y la ACM0002, el total de emisiones reducidas por la planta es de aproximadamente 2, 820,000 toneladas de CO₂ equivalente al año (CO₂eq/año) (MW X horas de operación al año X FE de operación). A esto le debemos de reducir las emisiones ocasionadas por la operación de la planta que son de 944,831 TCO₂e, de las cuales 377,932 TCO₂e pertenecen al consumo de PVPA (200 MW); y el resto 566,899 TCO₂e serían asumidas por el consumo de la red nacional de energía. Esto da como resultado que el proyecto tendrá una reducción neta de **1, 875,169 TCO₂e**, de las cuales los 200 MW generados hacia PVPA reducirían **750,068 TCO₂e** y el resto **1, 125,101 TCO₂e** serían reducidas por el consumo de la red nacional de energía.

Considerando que la planta de 500 MW trabajará el primera año a un 30% de su capacidad, el segundo año al 60% y hasta el tercer año a un 100%, se estima que las emisiones evitadas serían: 562,500 Ton, 1, 125,100 Ton y 1, 875,169 Ton de CO₂eq respectivamente; de tal forma que en los tres primeros años, el proyecto lograría la meta de evitar 3, 562,769 Ton. de CO₂eq. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Emisiones de CO₂eq evitadas por el proyecto PVPA para los tres primeros años de operación.

Año / % operación	Emisiones reducidas de la Planta 200 MW (T CO ₂ eq)	Emisiones evitadas por el proyecto (500 – 200 MW) TCO ₂ eq	Suma (2 + 3): Emisiones netas reducidas (T CO ₂ eq)
1	2	3	4
Año 1 (30%)	225,020	337,530	562,550
Año 2 (60%)	450,040	675,060	1,125,100
Año 3 (100%)	750,068	1,125,101	1,875,169

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 4, columna 4, se estiman las emisiones netas evitadas por el proyecto PVPA, que resultan de descontar las emisiones anuales producidas por la energía consumida por el proyecto (de la planta de 200 MW), menos las emisiones evitadas por el suministro de 300 MW al SIN. Por ejemplo, cuando la planta esté funcionando a plena capacidad, las *emisiones anuales netas* evitadas por el proyecto serían de 1, 875,169 Ton de CO₂eq.

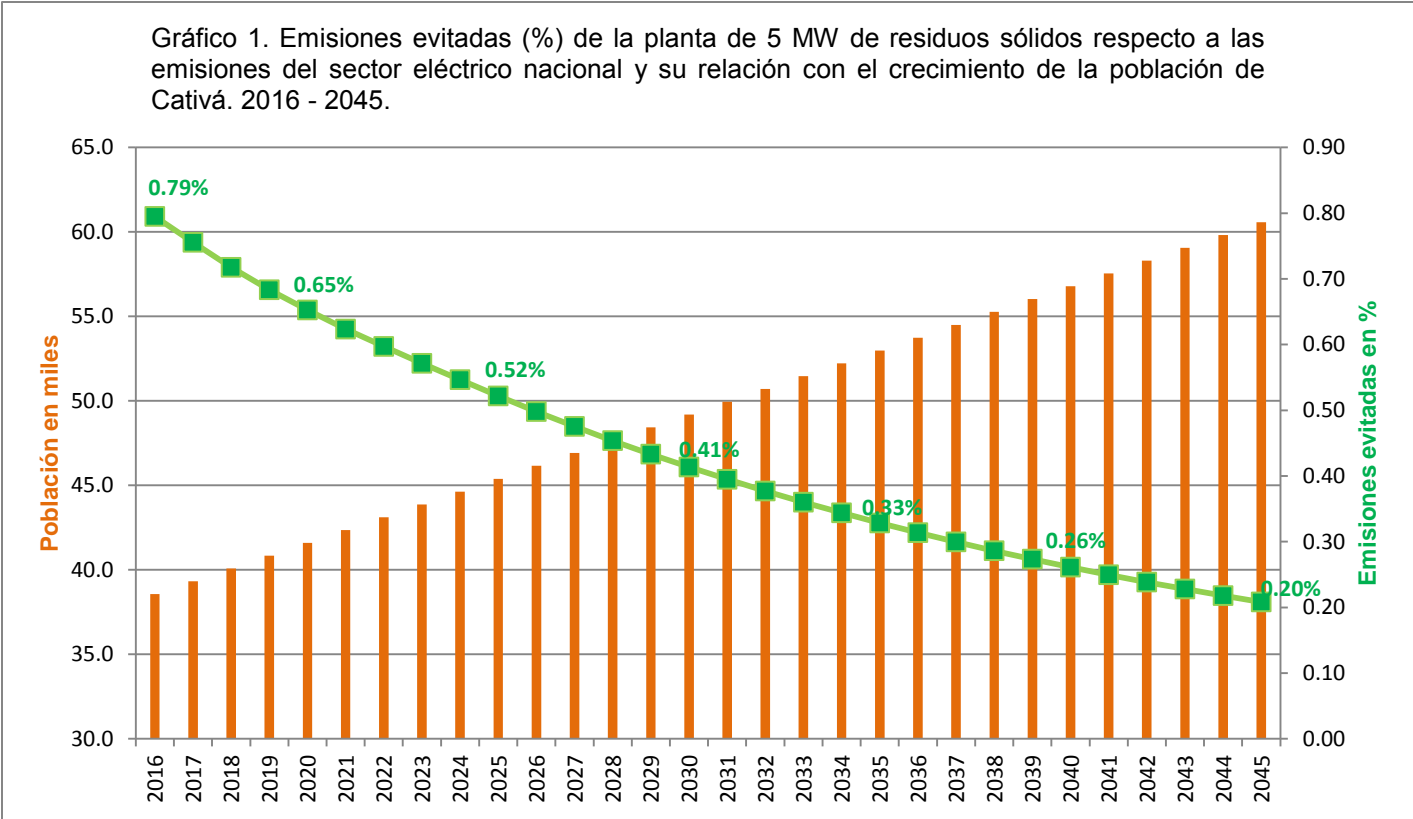
3.2. Emisiones evitadas por sustitución de combustible de una planta térmica por una a base de desechos de 5 MW, para los próximos 30 años

En la sección 3.1, se describió el procedimiento de cálculo para estimar las emisiones evitadas por la planta de generación de energía de 5 MW a base de desechos, en total la planta generaría un ahorro anual de **28, 711 toneladas de CO₂ equivalente**. Adicionalmente, la reducción de emisiones de CO₂eq de acuerdo a la metodología ACM002 estaría en el orden de **27,633 TCO₂eq por año**, de tal forma que la instalación de la planta de generación eléctrica de Residuos a Energía a través de procesos de gasificación, tendrían una reducción directa de **56,344 TCO₂eq** aproximadamente por año una vez puesta a 100% de operación.

En base a esta estimación y asumiendo que la planta iniciará su operación en el año 2016, en un período de 30 años (2016-2045), esta planta contribuiría con la estrategia del mitigación de GEI del proyecto PVPA, con una reducción total

acumulada de emisiones de **1,690,320 toneladas de CO₂ equivalente** por generación y evitar la descomposición de RSU. Ver Gráfico 1.

En el Gráfico 1 se comparan las emisiones evitadas en porcentaje (%) por la planta de generación de energía de 5 MW a base de residuos sólidos del proyecto PVPA, con respecto a las emisiones del sector eléctrico nacional para el período 2016 – 2045. A pesar que es una planta pequeña, a partir del primer año de funcionamiento (2016) podría contribuir con una reducción de emisiones de GEI de un 0.8% aproximadamente del total de las emisiones que genera el sistema eléctrico nacional. En la medida en que se proyecta en el tiempo hacia el futuro, el porcentaje de reducción de emisiones disminuye, de tal forma que en el año 2020 es equivalente a 0.65%, en el 2030 a 0.41%, en el 2040 a 0.26%, hasta llegar 0.20% en el año 2045. También se ha proyectado el crecimiento de la población del corregimiento de Cativá, con el propósito de calcular la generación de RSU de la población, que son los insumos que utiliza la planta. Según estas proyecciones en el 2045 la población de Cativá podría producir 60 toneladas diarias de RSU.



Fuente: Elaboración propia.

4.2. SECTOR USO DE LA TIERRA – CAMBIO DE USO DE LA TIERRA (UTCUTS)

La zona de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Colón, corregimiento de Cativá, específicamente en Bahía Las Minas. La porción de tierra comprende las islas de Samba Bonita, Largo Remo y Peña Guapa principalmente, además, de una serie de islotes que se ubican, específicamente al Este de Largo Remo y entre Largo Remo y Peña Guapa.

En este inventarios de gases de efecto invernadero solamente se evalúan las emisiones de la cobertura vegetal de la isla Largo Remo, específicamente del manglar.

Manglares

En Panamá los manglares se encuentran a lo largo de ambas costas, con mayor abundancia en la costa del Pacífico, particularmente en los Golfos de San Miguel y Chiriquí. En la costa del Caribe se concentran en la región de Bocas del Toro, seguida por la provincia de Colón. A diferencia de lo que ocurre en el Pacífico, los manglares del Caribe en general no se encuentran muy desarrollados y los árboles alcanzan menos de 5 (-8) metros (m) de altura.

Para el área que comprende Punta Galeta y sus alrededores, en donde se incluye la área del proyecto, se reportan 4 especies de mangles: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle negro (*Avicenia germinans*): el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*): y el mangle gris (*Conocarpus erectus*) de aspecto similar a un arbusto (Sousa, 2009). Ver Figura 1.

Topografía. La topografía de la porción de tierra que se ubica dentro de los límites de este proyecto es aproximadamente plana, con la mayor parte de las islas e islotes casi a nivel del mar, con un tipo de suelo principalmente fangoso o lodoso, en donde el suelo se ve inundado casi en su totalidad, principalmente en Largo Remo.

Figura 1. Distribución de la cobertura vegetal (manglares) en la isla Largo Remo, donde se desarrollará el proyecto del Puerto Panamá Verde.



Fuente: Proyecto Panamá Verde

Suelos. Los suelos de los manglares se pueden dividir en dos grandes categorías (inorgánicos, y orgánicos) de acuerdo con su origen. El suelo donde crece y se desarrolla el manglar está formado por turba y materia orgánica en descomposición.

Vegetación. La vegetación y flora dentro del área de estudio (o proyecto), se caracteriza por ser principalmente un bosque de manglar, el que cubre casi en su totalidad el área de tierra, con pocas áreas o sitios con vegetación y flora diferente al bosque de manglar y una pequeña área que se ubica al final de Samba Bonita y el inicio de Largo Remo (principalmente frente a la antigua Cementera y donde se ubicaba la Marina), la cual comprende un área que oscila entre 1.5 y 4.0 has, que han sido deforestadas y están cubiertas principalmente por gramíneas, especialmente la paja blanca, *Saccharum spontaneum*).

Según el mapa de vegetación de Panamá (ANAM, 2000), el tipo de vegetación que se encuentra en el área de estudio es la de un **Bosque de Manglar**, sin embargo, pueden observarse pequeñas áreas con vegetación de playa y herbazal.

iv. Carbono en manglares de la isla Largo Remo

a. Dinámica del cambio de uso de la tierra en el área de influencia del proyecto PVPA, período 1992 – 2013

Los análisis sobre cambios en el uso del suelo y cobertura vegetal llevados a cabo en el presente trabajo, permitieron realizar un análisis empírico sobre la dinámica del cambio de uso de la tierra durante el período de 1992 a 2013.

En la Tabla 5, se documenta la dinámica del cambio de uso de la tierra en los últimos 21 años en el área de influencia del proyecto PVPA. El análisis está referido a ocho categorías de uso de la tierra, presentándose la variación temporal del área cubierta por dichas categorías para cuatro horizontes de tiempo: 1992, 2000, 2008 y 2013. Ver Figura 2. Según la tabla 5, la categoría que ha sufrido los cambios más drásticos en el período estudiado es el “Bosque maduro”, la cual en el año 1992 reportó una cobertura de 910 hectáreas (has.), para el año 2000 se redujo a 184 has., es decir en 79.8%, que corresponde a una acelerada tasa de cambio de 91 ha/año. Gráfico 2.

De acuerdo al mapa de cobertura boscosa 2008 de ANAM, esta categoría no se reporta en esta publicación oficial, por lo cual se deduce que desapareció por completo en el área de influencia del proyecto. Como respuesta a este cambio de uso, la categoría “bosque intervenido”, pasó de 24 ha. en 1992 a 741 ha. en el año 2000, incrementándose en 717 ha que equivalen a un aumento de casi 31 veces. Este total disminuyó 0.4% (3 ha.) en el 2008 y en 6% (44 ha) para 2013. Ver Gráfico 2.

La categoría “Otros usos” es la tercera en magnitud en cuanto al área de cambio, ya que en el año 1992 sólo habían 11 ha (ANAM, 1992) y en el 2000 se incrementó a 190 has, es decir en 17.3 veces. La tendencia de crecimiento se mantuvo para los años 2008 y 2013, incrementándose el área de la categoría en 61 ha (31.8% respecto al año 2000) y 108 ha (42.7% con relación al año 2008) respectivamente. Ver Figura 2 y Gráfico 2.

Tabla 5. Dinámica del cambio de uso de la tierra en el área de influencia del proyecto PVPA, 1992 – 2013.

Categorías	1992 (Ha)	2000 (Ha)	Cambios (1992-200) Ha / %	2008 (Ha)	Cambios (2000-08) Ha / %	2013 (Ha)	Cambios (2008-13) Ha / %
Bosque intervenido	24	741	+717 / + 30.87 veces	738	-3 / -0.4%	694	-44 / -6% + 28.9 veces
Bosque maduro	910	184	-726 / 79.8		Desapareció		
Mangle	975	975		962	-13 / -1.3%	871	- 91 / - 9.5% -104 / -10.7%
Otros usos	11	190	+179 / 17.3 veces	253	+61 / +31.8%	361	+108 / 42.7%
Pastos		31	+ 31	36	+5 / +16.1	34	+2 / 5.6%
Rastrojo	155	49	-106 / -31.6%	31	-18 / -36.7%	95	+64 / 306.4
Uso agropecuario	138			164	+26 / 18.8	114	-50 / 30.5% -24 / -17.4
Uso Agrop. de subsistencia	31	74	+43 / +238.7	60	-14 / -18.9	75	+15 / 25%
TOTAL	2,244	2,244		2,244		2,244	

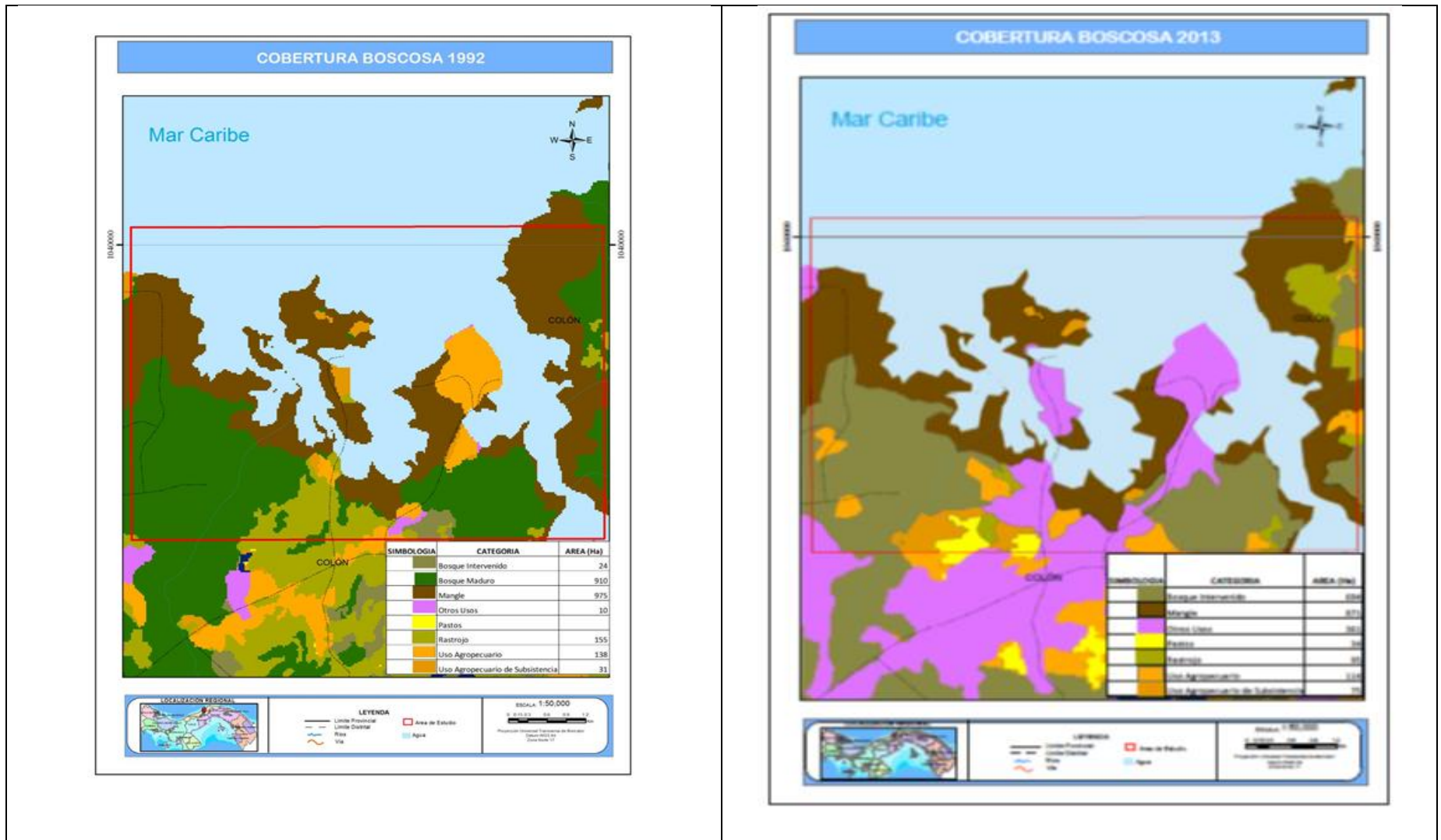
Fuente: Elaboración propia con base a mapas oficiales de ANAM.

Las categorías “rastrojos” y “uso agropecuario” presentan una tendencia de disminución, siendo más marcada en la categoría rastrojos, variando en un 31.6% de 1992 al 2000 y de 36.7% del 2000 al 2008; para reducirse un 30.5% del 2008 al 2013. Mientras la categoría “uso agropecuario”, aumentó un 18% de 1992 (138 ha) al 2008 (164 ha), disminuyendo un 30.5% del 2008 al 2013 (114 ha). Figura 2.

La categoría más estable es la de “pastos”, reportada por primera vez en el año 2000 (31 ha), aumentando a 36 ha en el 2008, para reducirse a 34 ha en el 2013.

Por último, la categoría “mangle” junto con “bosque maduro” tenían la mayor cantidad de área en 1992, cubriendo un total de 975 ha, esta área se mantuvo en el año 2000, sin embargo para el año 2008 se redujo en 1.3% (13 ha.), y en un 9.5% (91 ha) para el 2013. En el periodo de 1992 al 2013 el área de mangle ha sufrido una disminución del 10.7%, equivalente a 104 hectáreas. La tasa anual de reducción del bosque es 5 ha/año aproximadamente en el período estudiado.

Figura 2. Proyecto PVPA: Mapas de cobertura boscosa 1992 y 2013.



Fuente: Proyecto PVPA.

Figura 2. Continuación.

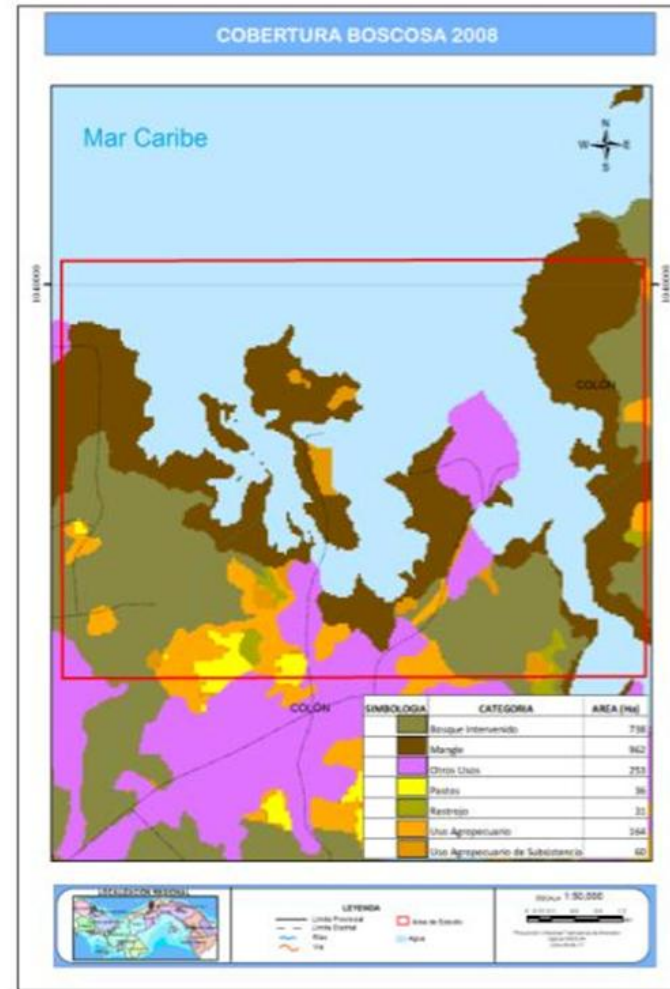
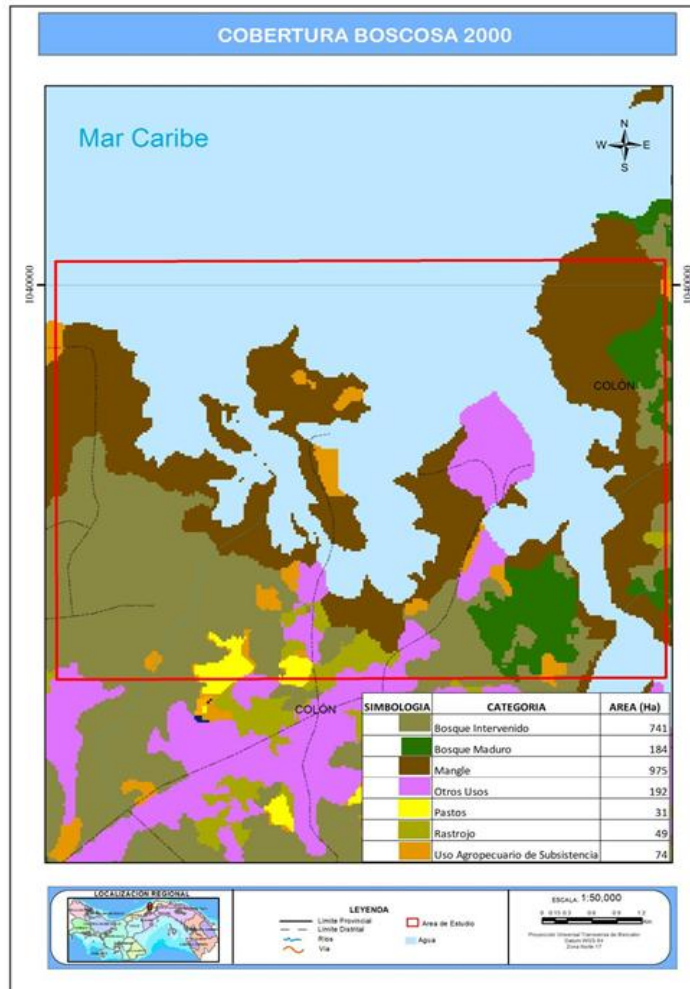
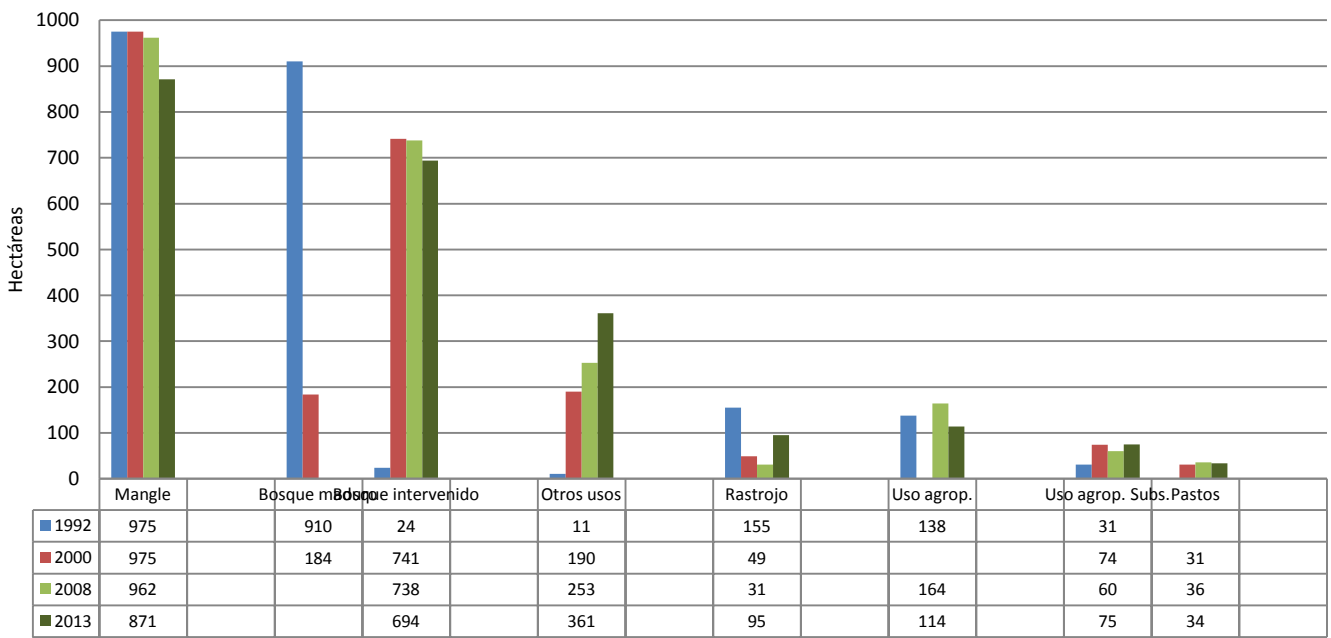


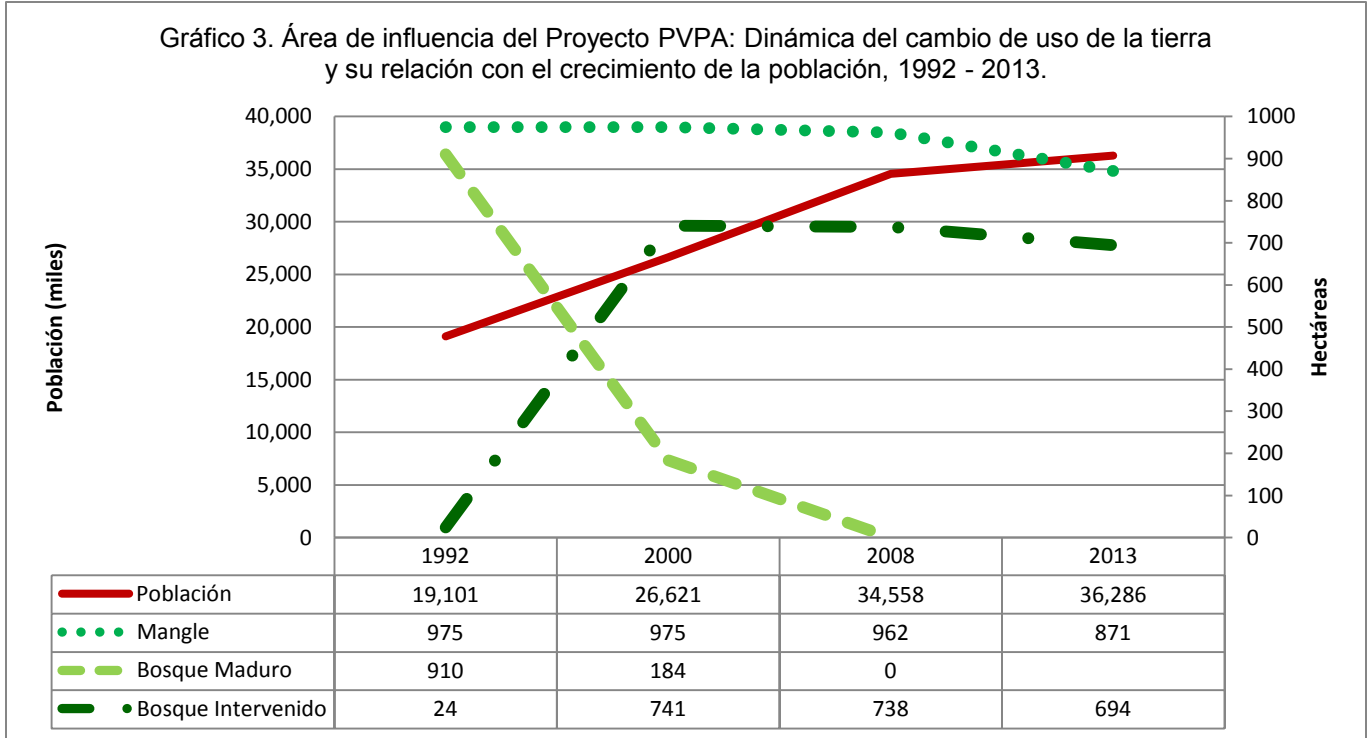
Gráfico 2. Dinámica del cambio de uso de la tierra en el área de influencia del Proyecto PVPA, 1992- 2013.



Actualmente en el área de incidencia del proyecto existen 871 ha de mangle de 975 ha que existían en 1992, si se aplica la tasa de cambio histórica de deforestación (5 ha/año), se requerirían 174 años (año 2187) para que la cobertura de mangle desaparezca. Sin embargo, es preocupante la rápida desaparición del bosque maduro que en 1992 contábamos con 910 Ha para la zona de estudio, aunado al rápido crecimiento poblacional de la zona de Cativá que nos hacen pensar de que si no se toman medidas claras y efectivas de control y fiscalización, el área que hoy contamos con cobertura de manglar pudiera desaparecer en un término mucho más rápido que la actual tasa de 5 ha/año, incrementándose a unas 90 a 100 ha/año. Ver Gráfico 3, que ilustra la dinámica de cambio de uso de la tierra y su relación con el crecimiento de la población durante el período 1992-2013.

Decimos esto ya que el bosque maduro ha actuado como zona buffer hacia los manglares, sin embargo con la desaparición de éstos, la tasa de deforestación y degradación de manglares pudiera desaparecer más rápido de lo esperado,

dándonos un horizonte en el tiempo de 15 a 25 años para su total destrucción. Hay que destacar que en esta estimación no se tomaron en consideración otros factores naturales (salinidad, hidroperíodos), los producidos por el cambio climático y los relacionados con el desarrollo socioeconómico del Corregimiento de Cativá.



Fuente: Elaboración propia.

Factores antropogénicos que han afectado tradicionalmente el manglar

- Proceso de dragado entre la isla Samba Bonita y los islotes localizados al sudeste;
- Expansión de zonas tradicionalmente industriales (Bahía las Minas, puerto de carga hacia Punta Rincón, etc.);
- Contaminación por transporte marino, construcción, industria, agricultura, etc.;
- Extracción de arena del mar;
- Pesca artesanal;
- Granja de algas.

Otros factores naturales:

- Topografía, suelo, salinidad e hidroperíodos.

b. Manglares de la Isla Largo Remo

Con base a los mapas de cobertura boscosa preparados en el marco del proyecto PVPA, se estimó que la cobertura actual (2013) de manglares en la Isla Largo Remo es de 153 hectáreas. A como se describió en la sección anterior el ecosistema del manglar está expuesto a una serie de amenazas tanto naturales como antropogénicas, a las cuales se debe agregar el cambio climático.

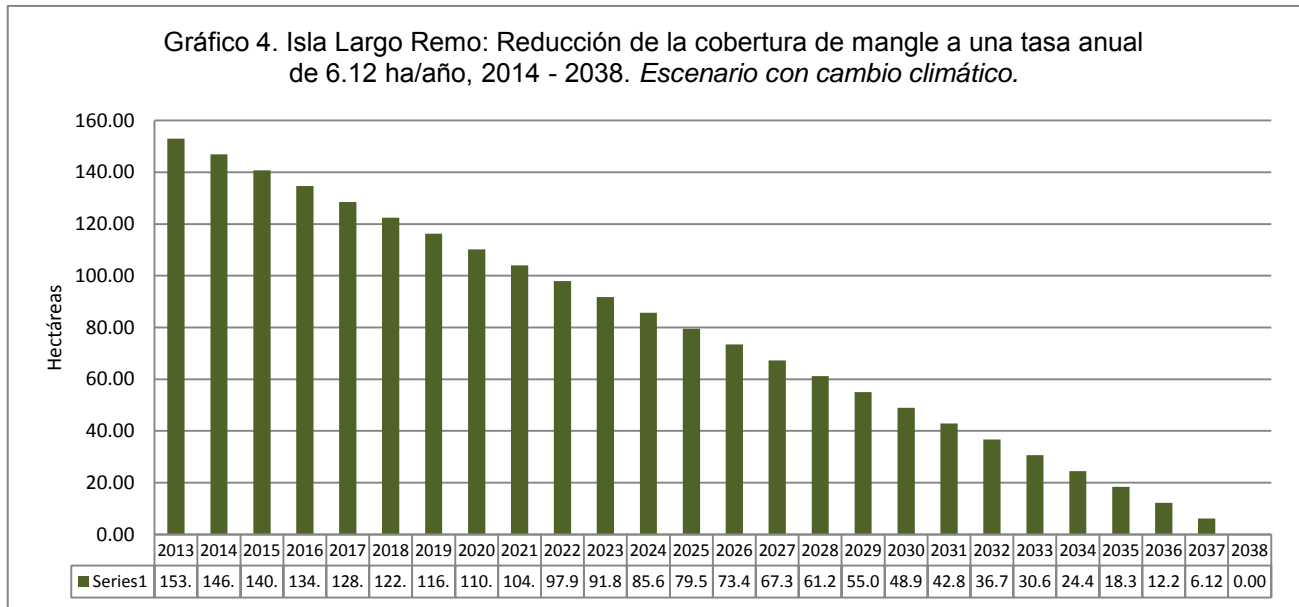
Análisis realizados en este proyecto indican que en el Distrito de Colón el Corregimiento de mayor vulnerabilidad socioeconómica en cuanto a las características de las viviendas es el de Cativá, con los valores máximos en el *indicador uso de leña como fuente de energía para cocinar*, el cual refleja el uso del manglar como fuente de combustión, al ser la mayor cobertura vegetal próxima en el corregimiento. Con el crecimiento de la población en los próximos años, se puede inducir que la presión sobre el manglar se incrementará en cuanto a sus usos para cocción de alimentos, material de construcción, etc.

La zona donde se desarrollará el proyecto presenta una alta vulnerabilidad geofísica y ambiental, asociada a la alta vulnerabilidad socioeconómica y la baja capacidad de adaptación existente, hacen que esta zona tenga una vulnerabilidad integral alta ante el cambio climático.

Si se considera la tasa de remoción del manglar de 10.7% observada (0.51%/año) en la zona de influencia del proyecto entre 1992 y 2013 (Tabla 5), y a esta se agrega arbitrariamente 3.5% anual por los estudios de vulnerabilidad de cambio climático (aumento del nivel del mar, vulnerabilidad socioeconómica por uso de leña para cocción de alimentos, cambios en los patrones de lluvia y por ende en la salinidad), se obtiene una tasa de cambio anual de 4.0% ($4.0 = 0.51\% + 3.5\%$) que equivale a una pérdida de 39 ha/año ($4.0\% \times 975 \text{ Ha}$) para todo el área de influencia del proyecto. Sin embargo, para la Isla Largo Remo esta misma tasa equivale a 6.12 ha/año (4.07% de 153 ha). Si a la cobertura actual de mangle de 153 ha, se proyecta a futuro su uso bajo el escenario “todo sigue igual”, significa

que en 25 años muy probablemente desaparecería el manglar en la isla de Largo Remo.

Sin embargo como se mencionó anteriormente, el manglar de la zona ha llegado a un estado en donde está más expuesto a perturbaciones antropogénicas que es muy posible que se degrade drásticamente en un periodo no mayor a 15 años como de hecho ya está sucediendo por las investigaciones hechas por los biólogos o que desaparezca en ese término de tiempo. Ver Gráfico 4.



Fuente: Elaboración propia.

c. Metodología

Los cálculos se basan en información que existe de una caracterización reciente del tipo de Manglar que existe en la Isla Largo Remo, y de mapas nacionales oficiales de cambio de uso de la tierra, 1992, 2000 y 2008 y otro de 2013 elaborado en el marco del presente proyecto. De estos mapas se estimó el área de manglar es de aproximadamente 153 hectáreas.

Las metodologías de emisiones del IPCC, tanto en sus versiones 1996 como 2006 no contemplaban aún el caso de construcciones en los manglares, sin embargo, el suplemento 2013 (aún en borrador y por lo tanto no citable) sí lo hace, y se

menciona sólo como referencia hasta su aprobación en octubre próximo de 2013. Este caso es considerado como una extracción.

El método básico para estimar cambios en biomasa de manglar a nivel básico (Tier 1) aplica las guías IPCC del 2006 en su Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, sobre cómo estimar el incremento anual de existencias de carbono en biomasa (Método de pérdidas y ganancias), ΔCG .

Éste es un método de Nivel 1 que, cuando se le combina con los índices de crecimiento de biomasa obtenidos por defecto, permite calcular, en cualquier país, el incremento anual de biomasa, utilizando estimaciones de superficie e incrementos medios anuales de biomasa, para cada uno de los tipos de uso de la tierra y para cada estrato (p. ej. zona climática, zona ecológica, tipo de vegetación).

d. Incremento anual de las existencias de Carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra

$$\Delta\text{CG} = \sum (A_{i,j} \cdot G_{i,j} \text{ TOTAL} \cdot \text{CF}_{i,j}) \quad (1)$$

Dónde:

ΔCG = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha.

G_{TOTAL} = crecimiento medio anual de la biomasa, ton d. m. ha⁻¹año⁻¹

i = zona ecológica i (i= 1 a n)

j = dominio climático j (j = 1 a m)

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

A la ecuación (1), se aplica la de pérdida de biomasa y de carbono por perturbaciones, **L** perturbación, que consiste en un método genérico para estimar la cantidad de carbono perdido a causa de perturbaciones.

▪ **Pérdidas anuales de Carbono en la biomasa debidas a perturbaciones**

$$L \text{ perturbación} = \{A \text{ perturbación} \cdot BW \cdot (1 + R) \cdot CF \cdot fd\}$$

Dónde:

L perturbación = pérdidas anuales de carbono, ton C año⁻¹

(Nótese que se trata de la cantidad de biomasa que se pierde del total de la biomasa).

A perturbación = superficie afectada por perturbaciones, ha año⁻¹

BW = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones, ton d.m. ha⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹

R debe configurarse en cero si se supone que no hubo cambios en la biomasa subterránea (Nivel 1).

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

fd = fracción de biomasa perdida por perturbaciones

Se asume que la biomasa aérea en manglares en toneladas de materia seca (d.m.) por hectárea, para la zona tropical húmeda es de 196⁴. Sin embargo, algunos estudios muestran resultados en un rango de 3.7 a 557 toneladas de materia seca/ha (d.m. / ha).

⁴ El valor de 196 está sustentado por las siguientes Referencias: Golley et al., 1975; Christensen, 1978; Ong et al., 1982; Putz and Chan, 1986; Tamai et al., 1986; Komiyama et al., 1987,1988, 2000, 2008; Lin et al., 1990; Mall et al., 1991; Amarasinghe and Balasubramaniam, 1992; Kusmana et al., 1992; Slim et al.,1996; Fromard et al., 1998; Norhayati and Latiff, 2001; Pongparn, 2003; Sherman et al., 2003; Juliana and Nizam, 2004; Kirui et al.,2006; Kairo et al., 2008; Fatoyinbo et al. 2008; Camacho et al., 2011; Kauffman et al., 2011;Thant and Kanzaki, 2011

Una tesis del TEC de Costa Rica en 2011, determinó para el manglar de Limón vecino a Panamá y a medio grado de latitud hacia el norte (cuadro 8 en p. 26) que los valores medidos promedios de carbono estaban en el rango de 119 y 153 ton C /ha⁵.

De acuerdo a Estimating Global “Blue Carbon” Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems por Pendleton y otros publicados⁶ en PLOS, los manglares pueden tener de 373 a 1492 ton CO₂ha⁻¹, es decir de 101.8 a 406.9 ton C incluyendo el primer metro de sedimentos.

Para el caso de la isla Largo Remo se utilizó el valor del rango superior (557 ton d.m. / ha.) para la estimación del carbono (ton / ha.), debido a que la estructura del manglar predominante es el mediano (3 a 10 metros de altura). La biomasa del manglar tiene un contenido de carbono de 45% para las hojas y 45.4 % de madera.

El cociente de biomasa subterránea sobre biomasa aérea en manglares tropicales húmedos es de 0.49%.

Entonces:

L perturbación = 153 has. • 557 ton d.m. /ha • (1 + 0.49) • 0.454 • 1

L perturbación = 57,648.6 toneladas de carbono.

1 + 0.49 es la suma de la Biomasa aérea y su ratio con la subterránea,

0.454, asumiendo conservadoramente todo como madera,

1, considerando que todo es perdido por la perturbación generada por la construcción.

⁵ http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/2238/3016/Informe_final.pdf?sequence=1.

⁶ References: Golley et al., 1975; Christensen, 1978; Ong et al., 1982; Putz and Chan, 1986; Tamai et al., 1986; Komiyama et al., 1987, 1988, 2000, 2008; Lin et al., 1990; Mall et al., 1991; Amarasinghe and Balasubramaniam, 1992; Kusmana et al., 1992; Slim et al., 1996; Fromard et al., 1998; Norhayati and Latiff, 2001; Pongparn, 2003; Sherman et al., 2003; Juliana and Nizam, 2004; Kirui et al., 2006; Kairo et al., 2008; Fatoyinbo et al. 2008; Camacho et al., 2011; Kauffman et al., 2011; Thant and Kanzaki, 2011.

En conclusión se estima una emisión total de 57,648.6 toneladas de carbono (C) o 211,378.2 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) (57,648.6 * 44/12) por la pérdida de 153 hectáreas de mangle.

e. Emisiones del suelo por deforestación del manglar

En la isla Largo Remo en cuanto al suelo, después de la remoción de la cobertura vegetal (manglares) y modificación de la textura y estructura del suelo, se desarrollará la actividad de nivelación y compactación del suelo.

Desde el punto de vista de emisiones de GEI, se deja de emitir metano y óxido nítrico, lo que es una actividad positiva dentro del proceso de eliminar el manglar. Si el suelo no se remueve, no debería haber una gran emisión.

f. Emisiones evitadas por manejo del manglar en el área de influencia del proyecto PVPA

Actualmente en las zonas aledañas al proyecto existen 718 hectáreas de mangle (871 – 153 Largo Remo = 718 ha), las cuales serán manejadas como parte del plan integral de mitigación de gases de efecto invernadero que impulsará el proyecto PVPA. En función de las diferentes especies de mangle existentes en esta área y de la salud actual de dicho ecosistema, se estimó la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) contenido en el mismo, utilizándose un rango de valores para la materia seca (196 – 557 Ton m.s./ha.).

Para el valor inferior del rango se obtuvo que la reserva de Carbono sea de 95,197 Ton, que equivalen a 349,056 TCO₂eq, mientras para el valor superior se obtuvieron 270,534 Ton de Carbono, que corresponden 991,959 TCO₂eq. En conclusión la reserva de CO₂ varía entre 349,056 y 991,959 TCO₂eq.

4.3. DESECHOS LÍQUIDOS

En esta sección se presenta la estimación de las emisiones de metano provenientes de los desechos líquidos de las aguas residuales del proyecto PVPA, referidos a dos volúmenes diarios de aguas residuales de: 5,000 y 10,000 metros cúbicos (m³). El cálculo de las emisiones está basado en la metodología AMS III H. versión 16.

De acuerdo a lo establecido en el párrafo 20 de la metodología, las emisiones de metano de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, se determinan por la capacidad y eficiencia de remoción de DQO de la planta. Para estimar las emisiones se toman en cuenta los parámetros siguientes de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \text{Suma } (Q * \text{DQO} * \text{Ef} * \text{FCM}) * \text{CPM} * \text{FCMod} * \text{PCGM}$$

Dónde:

Q: Caudales diarios, 5,000 m³ al día = 0.06 m³/seg. y 10,000 m³ al día = 0.12 m³/seg;

DQO: Demanda química de oxígeno, igual a 32.4 (valor proveído);

Ef: Eficiencia (la eficiencia se debe calcular de acuerdo al párrafo 28.2.b. que es dato del fabricante);

FCM: Factor de corrección del Metano;

CPM: Capacidad de producción de Metano = 0.25 kg CH₄/kg DQO;

FCMod: Factor de corrección del modelo = 0.89 basado en FCCC/SBSTA/2003/10/Add.2 p.25;

PCGM: Potencial de Calentamiento Global del Metano.

En vista de que se desconoce la eficiencia del proceso, asumimos conservadoramente un 70%, proveniente de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12188552>

$$\text{Emisiones de CH}_4 = (5,000 * 32.4 * 0.7 * 0.8) * 0.25 * 0.89 * 21 = 84.77784 \text{ g CO}_2 \text{ eq/m}^3$$

Para un volumen de desechos líquidos de 5,000 m³/día las emisiones serían:

Emis. de CH₄ = 5,000 * 84.77784 g CO₂ eq/m³ = 423,889.2 g CO₂ eq/día = 0.42 toneladas de CO₂ eq/día. En un año las emisiones evitadas podrían ser: = 0.42 ton de CO₂ eq/día * 365 días = 153. 3 ton CO₂ eq.

Para un volumen de 10,000 m³/día las emisiones serían:

Emis. de CH₄ = 10,000 * 84.77784 g CO₂ eq/m³ = 847,778.4 g CO₂ eq/día = 0.85 toneladas de CO₂ eq/día. En un año las emisiones evitadas podrían ser: = 0.85 ton de CO₂ eq/día * 365 días = **310. 2 ton CO₂ eq.**

Notas:

La planta no debe producir óxido nitroso ya que tiende a producir compuestos amoniacaes.

La remoción del fósforo está fuera del alcance de la metodología.

El valor de DBO (se asume que es DBO5) es bajo comparado a la DQO, por lo que se recomienda revisarlo una vez se tenga información definitiva de la planta a utilizar.

V. Resumen de emisiones proyecto Puerto Verde Panamá Pacífico

De los sectores analizados en el inventario de gases de efecto invernadero (GEI) del Proyecto Puerto Verde Panamá Atlántico, el sector Energía es la fuente más importante de emisiones de GEI, con 944,831 Ton de CO₂ equivalente, sin embargo la implementación del proyecto con la planta a gas natural trae mayores reducciones que emisiones. Le sigue el sector Uso de la Tierra – Cambio de Uso de la Tierra (UT – CUTS), el cual debido al proceso de deforestación de 153 has. de manglar generaría emisiones de 211,378 Ton de CO₂ equivalente. El sector Residuos Líquidos contribuye con la reducción de emisiones para un total de 310 Ton de CO₂ eq / año.

En la Tabla 6, se muestra el balance de emisiones de los sectores estudiados para el proyecto PVPA, obteniéndose que las emisiones netas para el año de referencia del inventario serían de 1, 156,209 TCO₂ eq.

a) Medidas de mitigación de GEI

En los acápites 3.2 y 3.3 de este informe, se presentan dos opciones de medidas de reducción de emisiones de GEI, las cuales están referidas a las emisiones evitadas por sustitución de combustible: primero por una planta de ciclo combinado (gas y vapor), y en segundo lugar de una planta de 5 MW que utiliza

desechos sólidos (provenientes del proyecto y del Corregimiento de Cativá y de la Zona Libre de Colón) de 5 MW.

Tabla 6. Emisiones de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂ eq) del proyecto Puerto Verde para el año de referencia.

Sector	Emisiones (TCO ₂ e)	Reducciones (TCO ₂ e)	Balance (TCO ₂ e)
Energía:			
Planta de 500 MW	944,831	2, 820,000	1,875,169
Planta de 5 MW con desechos		(27,633 de generación eléctrica y 28,711 de RSU) 56,344	56,344
UT CUTS	211,378		
Manejo de manglares en zonas aledañas al PVPA		Límite inferior 349,056 Lim. Superior 991,959*	
Desechos Líquidos		310	
TOTAL	1,156,209	2,876,654,	1,720,445

*No se incluye en el balance.

De la tabla 6 podemos fácilmente observar que el total de reducciones generados para el sector eléctrico por generación de energía de ambas plantas (1, 875,169 + 27,633), es de 1, 902,802 TCO₂eq.

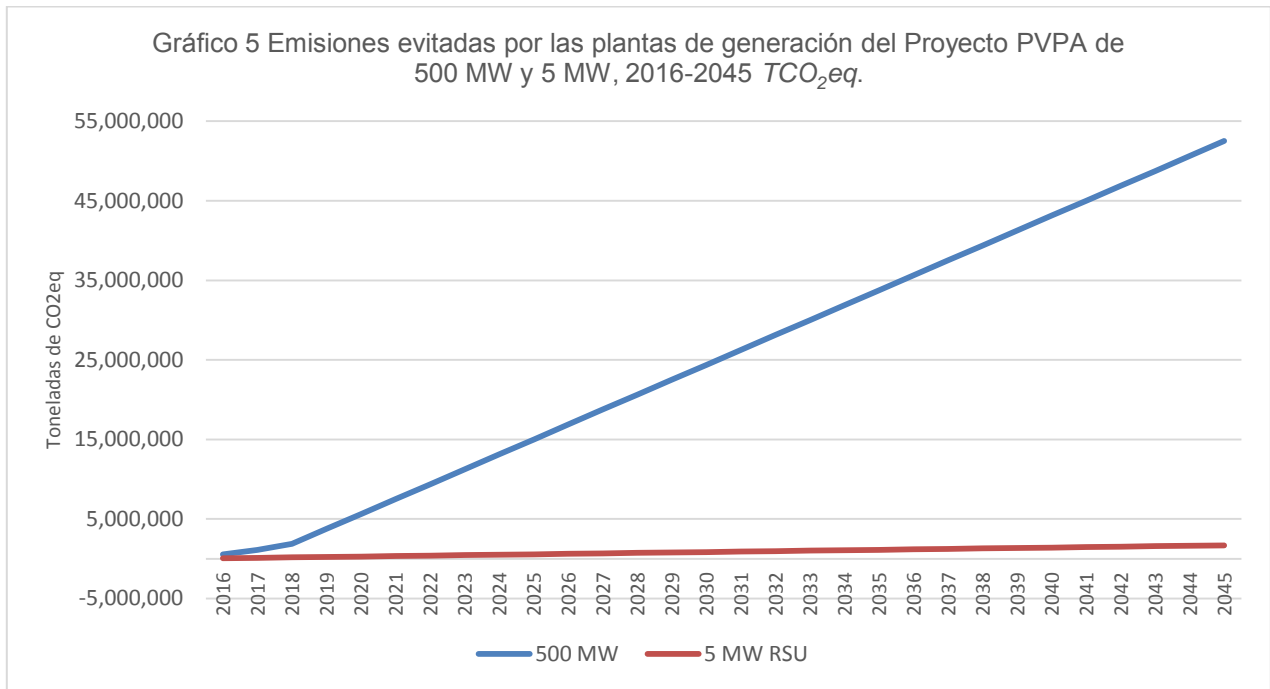
En el primer caso (3.2), se estiman las emisiones evitadas por una planta de ciclo combinado de 500 MW, que entregará al sistema interconectado nacional una potencia de 300 MW. En los tres primeros años de uso, la planta funcionará al 30%, 60% y 100% respectivamente. En los primeros tres años de operación de la planta, las **emisiones evitadas totalizarían: 562,500 + 1, 125,100 + 1, 875,169 = 3, 562,769 toneladas de CO₂ equivalente.**

En la segunda opción, se hace una proyección de las emisiones evitadas a 30 años por sustitución de combustible de una planta de 5 MW que funciona con desechos. Según esta estimación en un período de 30 años se podría evitar 1, 690,320 TCO₂ equivalente, lo cual es una medida de mitigación clave para compensar las emisiones generadas por el proyecto PVPA.

En el Gráfico 5, se ilustra la distribución temporal de las emisiones evitadas acumuladas por las plantas de generación del proyecto PVPA de 500 MW y 5 MW, proyectadas a un período de 30 años (2016-2045).

a) Emisiones del sistema de generación eléctrica de Panamá y las emisiones evitadas por el proyecto PVPA

Según ETESA⁷ y como resultado de los Estudios Básicos realizados por esta institución, se pronostica que la demanda de energía eléctrica crecerá anualmente entre 5.6% y 5.8% a corto plazo (2012-2015), para los escenarios medio y alto respectivamente. Estos resultados son consecuentes con el actual ciclo económico expansivo, el cual obedece especialmente a factores dinámicos internos.



Fuente: Elaboración propia.

⁷ Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A., 2012. Plan de Expansión del Sistema Interconectado Nacional 2012 – 2026. Tomo II, Plan Indicativo de Generación. Consultado el 08 de agosto de 2013, http://www.etesa.com.pa/documentos/TOMOII_PLAN_INDICATIVO_DE_GENERACION_2012-2026.pdf

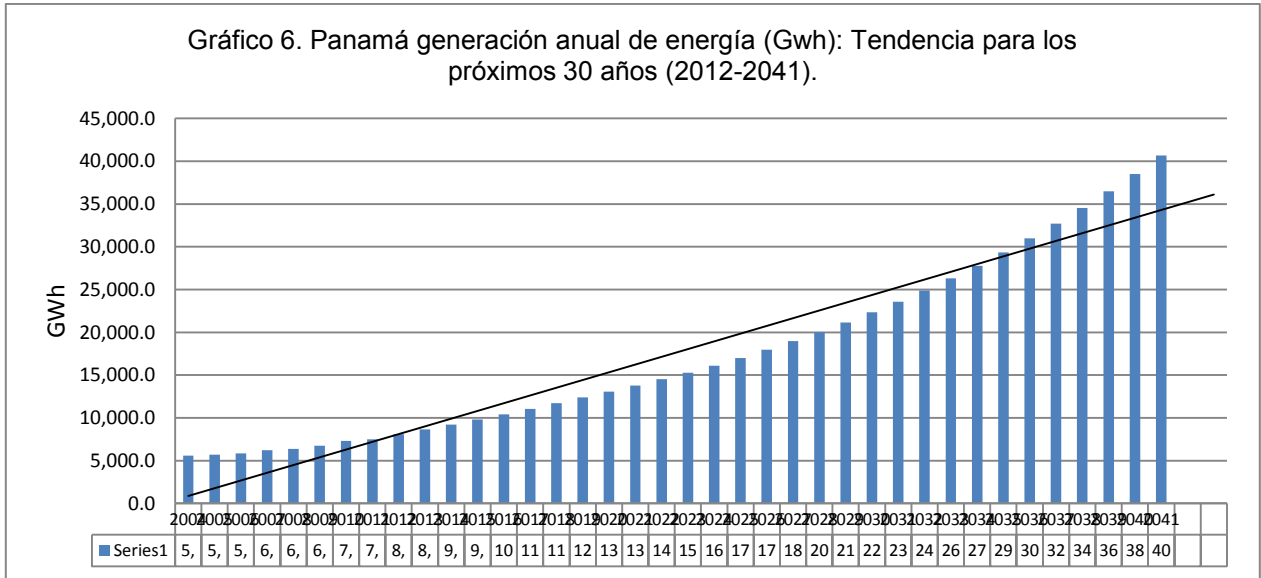
En la Tabla 2.7 se presenta el pronóstico de la demanda referido al escenario optimista hasta el año 2041. Para efectos del presente análisis también se han estimado las emisiones de CO₂ resultado de la generación. Para tal fin, se utilizó un factor de emisión promedio para el periodo 2004-2011 de 0.7919 TCO₂e/MWh.

Tabla 2.7. Pronóstico de demanda y emisiones de CO₂, 2011 – 2041.

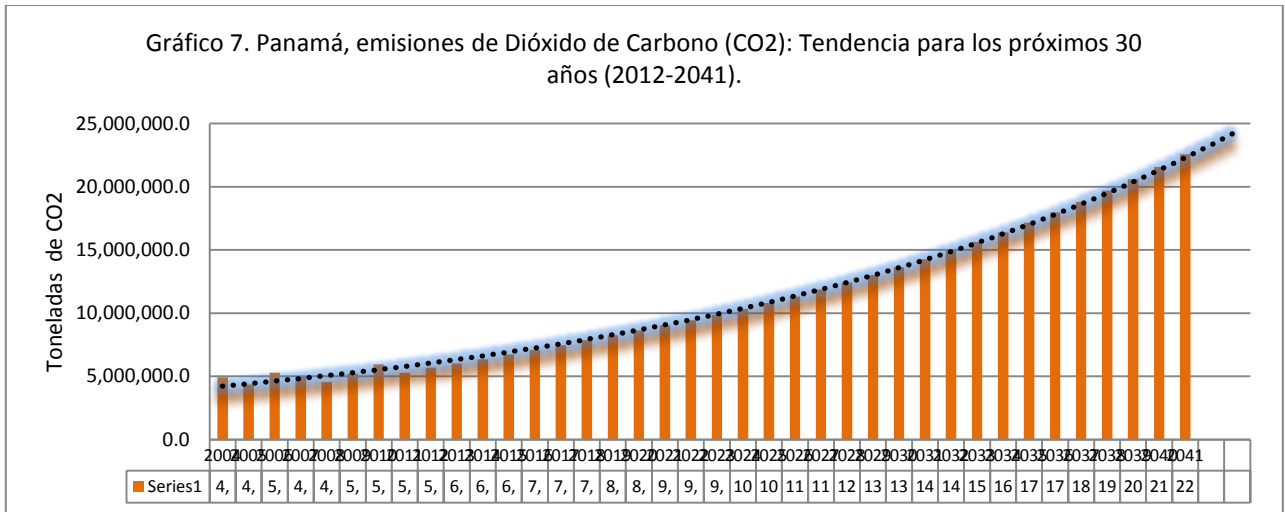
Años	Generación GWh	Emisiones Ton CO ₂	Años	Generación GWh	Emisiones Ton CO ₂
2011	7,492.0	5,281,860.0	2027	18,964.6	11,852,874.0
2012	8,109.1	5,676,370.0	2028	20,026.6	12,416,501.9
2013	8,646.0	6,008,970.0	2029	21,148.1	13,006,085.4
2014	9,211.9	6,356,211.0	2030	22,332.4	13,622,764.2
2015	9,820.6	6,727,111.0	2031	23,583.0	14,267,723.9
2016	10,423.5	7,087,980.0	2032	24,903.7	14,942,198.2
2017	11,048.9	7,458,007.5	2033	26,298.3	15,647,469.9
2018	11,721.7	7,853,539.0	2034	27,771.0	16,384,873.4
2019	12,399.3	8,245,534.5	2035	29,326.1	17,155,795.6
2020	13,082.1	8,634,186.0	2036	30,968.4	17,961,678.1
2021	13,797.1	9,037,100.5	2037	32,702.6	18,804,018.8
2022	14,518.2	9,436,830.0	2038	34,534.0	19,684,373.9
2023	15,288.8	9,861,276.0	2039	36,467.9	20,604,359.4
2024	16,108.6	10,309,504.0	2040	38,510.1	21,565,653.0
2025	17,006.4	10,799,064.0	2041	40,666.7	22,569,996.3
2026	17,958.9	11,314,107.0			

Fuente: ETESA, Generación hasta el año 2026. Elaboración propia: proyección 2027-2041 y la estimación de las emisiones en toneladas de CO₂e.

En los gráficos 6 y 7 se presenta la tendencia de la generación anual de energía para los próximos 30 años (2012 – 2041), así como la tendencia de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) para dicho período, las cuales son originadas por la generación de energía en el sistema nacional de acuerdo al Plan de Expansión de ETESA 2013.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Según las proyecciones realizadas para el año 2041 la generación en Panamá probablemente alcance 40,667.7 GWh, que a la vez produciría emisiones de GEI equivalentes a 22.6 millones de toneladas de CO₂. Ver Tabla 2.7 y gráficos 6 y 7.

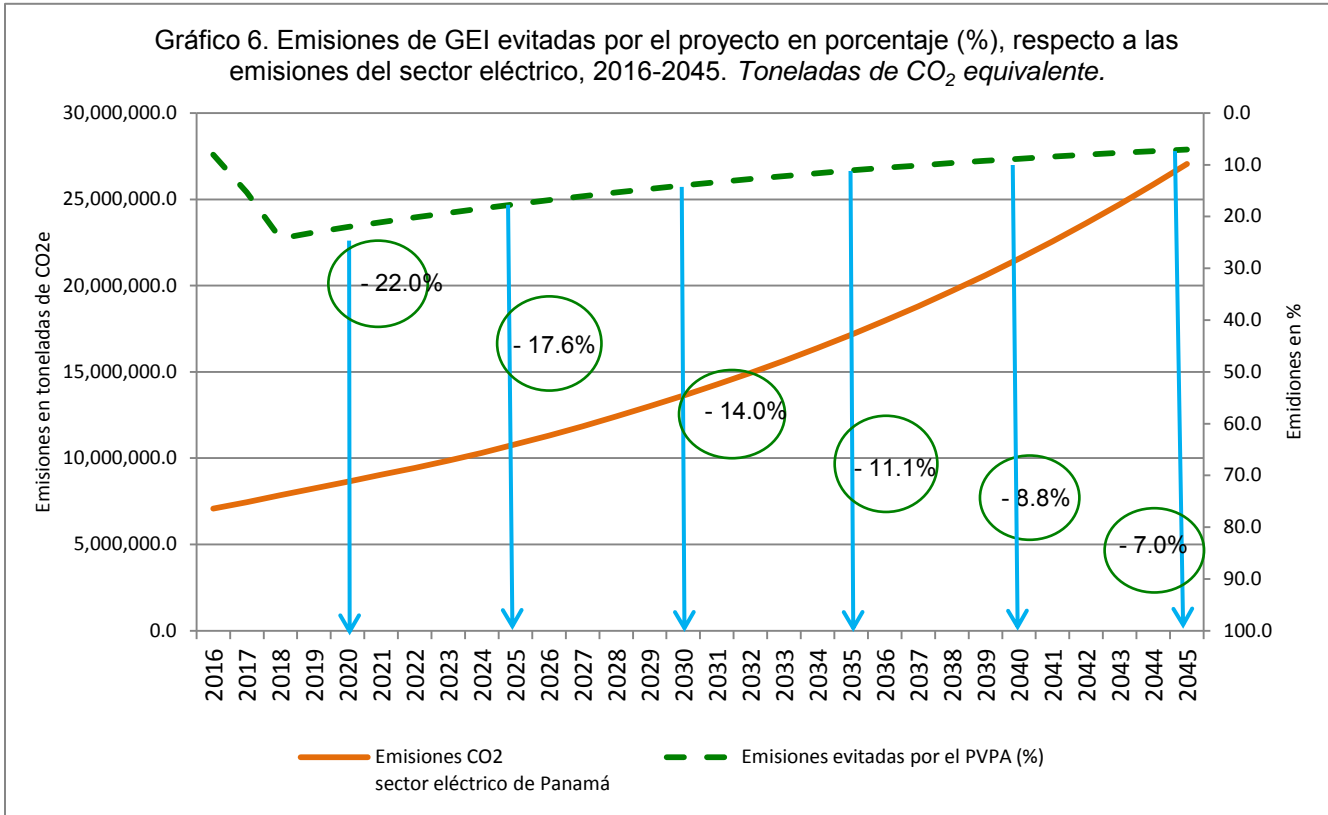
En la Tabla 2.8, se comparan las emisiones de dióxido de carbono del sistema energético de Panamá, con respecto a las emisiones evitadas por las plantas del proyecto PVPA (500 MW y 5 MW).

Tabla 2.8. Emisiones de GEI del sistema energético de Panamá y emisiones evitadas por las plantas del proyecto PVPA.

Año	Emisiones CO ₂ del sistema energético de Panamá	Emisiones evitadas acumulativas por las plantas (500 MW + 5 MW)
2016	7,087,980.0	570,840
2017	7,458,007.5	1,141,681
2018	7,853,539.0	1,902,802
2019	8,245,534.5	1,902,802
2020	8,634,186.0	1,902,802
2021	9,037,100.5	1,902,802
2022	9,436,830.0	1,902,802
2023	9,861,276.0	1,902,802
2024	10,309,504.0	1,902,802
2025	10,799,064.0	1,902,802
2026	11,314,107.0	1,902,802
2027	11,852,874.0	1,902,802
2028	12,416,501.9	1,902,802
2029	13,006,085.4	1,902,802
2030	13,622,764.2	1,902,802
2031	14,267,723.9	1,902,802
2032	14,942,198.2	1,902,802
2033	15,647,469.9	1,902,802
2034	16,384,873.4	1,902,802
2035	17,155,795.6	1,902,802
2036	17,961,678.1	1,902,802
2037	18,804,018.8	1,902,802
2038	19,684,373.9	1,902,802
2039	20,604,359.4	1,902,802
2040	21,565,653.0	1,902,802
2041	22,569,996.3	1,902,802
2042	23,619,196.1	1,902,802
2043	24,715,126.9	1,902,802
2044	25,859,732.0	1,902,802
2045	27,055,026.3	1,902,802

Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 8, se presenta el porcentaje de las emisiones anuales que evitará el proyecto PVPA, con respecto a las emisiones del sistema de generación de Panamá para el periodo 2016 – 2045 en *Toneladas de CO2 equivalente*.



Fuente: Elaboración propia.

VI. Conclusiones

En este informe se resumen los principales resultados del primer Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del proyecto *Puerto Verde Panamá Atlántico (PVPA)* y su Zona Logística, en aquellos sectores donde se logró compilar información para estimar las emisiones de algunos GEI, los cuales son: energía, manejo de desechos sólidos, cambio de uso de suelo y tratamiento de aguas residuales.

El sector Energía resultó ser la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, como resultado de la operación de la planta de generación de 500 MW, la cual se ha previsto operarla durante 8,000 horas al año. Las estimaciones indican que esta planta puede producir una emisión anual de 821,592 toneladas de CO₂ equivalente (CO₂ eq.). Al considerar las fugas accidentales las emisiones se incrementan en un 15% hasta 944,831 Ton de CO₂ eq. Al mismo tiempo, la operación de esta planta redundará en el ahorro de emisiones de GEI, mediante el suministro de 300 MW al sistema interconectado nacional. Se estima que en los tres primeros años de funcionamiento, iniciando el primer año al 30% de capacidad, 60% el segundo y 100% en el tercero, pueda reducir 1, 875,169 Ton de CO₂ eq.

Como parte de la estrategia de mitigación de GEI del proyecto PVPA, se ha planificado operar una planta de 5 MW a base de residuos sólidos urbanos, se estima que en total la planta generaría un ahorro anual de 28, 711 toneladas de CO₂ eq. Se utilizará un sistema de gasificación flexible tipo plasma de alta temperatura que aportaría otras reducciones anuales adicionales del orden de 27,633 TCO₂eq por año. La reducción total de la planta sería de 56,344 TCO₂eq aproximadamente por año, una vez puesta a 100% de operación. Asumiendo que la planta iniciará su operación en el año 2016, en un período de 30 años (2016-2045), esta planta contribuiría con la estrategia de mitigación de GEI del proyecto PVPA, con una reducción total de emisiones de 1,690,320 TCO₂eq. A pesar que es una planta pequeña, a partir del primer año de funcionamiento (2016) podría

contribuir con una reducción de emisiones de GEI de un 0.8% aproximadamente del total de las emisiones que genera el sistema eléctrico nacional. En la medida en que se proyecta en el tiempo hacia el futuro, el porcentaje de reducción de emisiones disminuye, de tal forma que en el año 2020 es equivalente a 0.65%, en el 2030 a 0.41%, en el 2040 a 0.26%, hasta llegar 0.20% en el año 2045.

Los análisis sobre cambios en el uso del suelo y cobertura vegetal llevados a cabo en el presente trabajo, permitieron realizar un análisis empírico sobre la dinámica del cambio de uso de la tierra durante el período de 1992 a 2013, referido a ocho categorías de uso de la tierra. La categoría que ha sufrido los cambios más drásticos en el período estudiado es el “bosque maduro”, la cual en el año 1992 reportó una cobertura de 910 hectáreas (has.), para el año 2000 se redujo a 184 has., es decir en 79.8%, que corresponde a una acelerada tasa de cambio de 91 ha, por año; ya para el 2008 no fue reportada en mapa de cobertura boscosa de la ANAM. Como respuesta a este cambio de uso, la categoría “bosque intervenido”, pasó de 24 ha. en 1992 a 741 ha. en el año 2000, incrementándose en 717 ha que equivalen a un aumento de casi 31 veces. Este total disminuyó 0.4% (3 ha.) en el 2008 y en 6% (44 ha) para 2013.

Actualmente en el área de incidencia del proyecto existen 871 ha de mangle de 975 ha que existían en 1992, si se aplica la tasa de cambio histórica de deforestación (5 ha/año), se requerirían 174 años (año 2187) para que la cobertura de mangle desaparezca. Sin embargo, es preocupante la rápida desaparición del bosque maduro que en 1992 contábamos con 910 Ha para la zona de estudio, aunado al rápido crecimiento poblacional de la zona de Cativá que nos hacen pensar de que si no se toman medidas claras y efectivas de control y fiscalización, el área que hoy contamos con cobertura de manglar pudiera desaparecer en un término mucho más rápido que la actual tasa de 5 ha/año, incrementándose a unas 90 a 100 ha/año. Decimos esto ya que el bosque maduro ha actuado como zona buffer hacia los manglares, sin embargo con la desaparición de éstos, la tasa de deforestación y degradación de manglares

podiera desaparecer más rápido de lo esperado, dándonos un horizonte en el tiempo de 15 a 25 años para su total destrucción.

En el periodo de 1992 al 2013 el *área de mangle* ha sufrido una disminución del 10.7%, equivalente a 104 hectáreas. La tasa anual de reducción del bosque es 5 ha/año aproximadamente en el período estudiado.

Con base a los mapas de cobertura boscosa preparados en el marco del proyecto PVPA, se estimó que la cobertura actual de manglares en la *Isla Largo Remo* es de 153 hectáreas. El ecosistema del manglar está expuesto a una serie de amenazas tanto naturales como antropogénicas, a las cuales se debe agregar el cambio climático.

El Corregimiento de mayor vulnerabilidad socioeconómica en cuanto a las características de las viviendas es el de Cativá, con los valores máximos en el *indicador uso de leña como fuente de energía para cocinar*, el cual refleja el uso del manglar como fuente de combustión, al ser la mayor cobertura vegetal próxima en el corregimiento. La zona donde se desarrollará el proyecto presenta una alta vulnerabilidad geofísica y ambiental, asociada a la alta vulnerabilidad socioeconómica y la baja capacidad de adaptación existente, hacen que esta zona tenga una vulnerabilidad integral alta ante el cambio climático.

Si se considera la tasa de remoción del manglar de 10.7% observada (0.51%/año) en la zona de influencia del proyecto entre 1992 y 2013 (Tabla 5), y a esta se agrega arbitrariamente 3.5% anual por los estudios de vulnerabilidad de cambio climático (aumento del nivel del mar, vulnerabilidad socioeconómica por uso de leña para cocción de alimentos, cambios en los patrones de lluvia y por ende en la salinidad), se obtiene una tasa de cambio anual de 4.0% ($4.0 = 0.51\% + 3.5\%$) que equivale a una pérdida de 39 ha/año ($4.0\% \times 975 \text{ Ha}$) para todo el área de influencia del proyecto. Sin embargo, para la Isla Largo Remo esta misma tasa equivale a 6.12 ha/año (4.07% de 153 ha). Si a la cobertura actual de mangle de

153 ha, se proyecta a futuro su uso bajo el escenario “todo sigue igual”, significa que en 25 años muy probablemente desaparecería el manglar en la isla de Largo Remo. Sin embargo, debido a la creciente exposición a las perturbaciones antropogénicas, es muy posible que se degrade drásticamente en un periodo no mayor a 15 años, como de hecho ya está sucediendo por las investigaciones hechas por los biólogos o que desaparezca en ese término de tiempo.

Para llevar a cabo la construcción del Proyecto PVPA es necesario preparar el suelo de la Isla Largo Remo, lo cual implica actividades de remoción de la cobertura boscosa, nivelación y compactación del suelo, lo cual reduciría las emisiones del mismo. Este proceso en conjunto, se estima que generará una emisión total 211,378.2 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) ($57,648.6 * 44/12$) por la pérdida de 153 hectáreas de mangle.

La estimación de las emisiones de metano provenientes de los desechos líquidos de las aguas residuales del proyecto PVPA, referidos a dos volúmenes diarios de aguas residuales de: 5,000 y 10,000 metros cúbicos (m³), serían relativamente bajas en un rango de 153.3 Ton a 310.2 Ton de CO₂ eq.

El balance de las emisiones de los sectores estudiados para el proyecto PVPA indica que las emisiones netas para el año de referencia del inventario serían de 532,666 TCO₂ eq.

En cuanto a emisiones evitadas la mayor cantidad correspondería a la planta de 500 MW, como resultado de proveer 300 MW anuales al sistema interconectado nacional y por el uso de la tecnología de ciclo combinado. Las proyecciones realizadas indican que en un período de 30 años (2016-2045), esta planta podría evitar de forma acumulativa hasta 52, 504,732 Ton de CO₂eq. También, se ha previsto en el Plan Integrado de Mitigación del proyecto el manejo de 718 ha de manglar en las zonas aledañas, de tal forma que esta iniciativa permitiría evitar emisiones de GEI que oscilan entre 349,056 y 991,959 TCO₂eq.

Según las proyecciones realizadas para el año 2045, la generación del sistema energético de Panamá probablemente alcance 40,667.7 GWh, que a la vez produciría emisiones de GEI equivalentes a 27, 055,026 toneladas de CO₂ equivalente.

En cuanto a las emisiones anuales en porcentaje que evitará el proyecto PVPA con respecto al sistema eléctrico nacional, es probable que para el año 2026 sean equivalentes al 17% y del 7% para el año 2045.

VII. Bibliografía

1. Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2009. Guía Metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Gobierno de Chile.
2. Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A., 2012. Plan de Expansión del Sistema Interconectado Nacional 2012 – 2026. Tomo II, Plan Indicativo de Generación. Consultado el 08 de agosto de 2013, http://www.etsa.com.pa/documentos/TOMOII_PLAN_INDICATIVO_DE_GENERACION_2012-2026.pdf.
3. Federico A. Canu, 2013. CDM Post-2012 – New CDM Baseline and Governance Approaches for Grid Emission Factor Calculations in the Central American Region. Master Thesis in Technological and Socioeconomic Planning. Department of Environmental, Social and Spatial Change. Roskilde University, Denmark.
4. Informe de Factibilidad para el Desarrollo del Parque Industrial Marítimo de Colón Atlántico Panameño, elaborado por ILI – Logística Internacional, del grupo de la Autoridad Portuaria de Barcelona, con fecha 31 de enero del 2012.
5. IPCC, 1996. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Libro de Trabajo para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 2.
6. IPCC, 2000. Guía del IPCC de Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, GBP – 2000.
7. IPCC, 2003. Guía de Buenas Prácticas y Manejo de Incertidumbres en los Inventarios Nacionales de GEI para el Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura.
8. IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Capítulo 7: Humedales.
9. Plan de Negocios de SMC Barcelona, con fecha julio del 2011.
10. Referencias: Golley et al., 1975; Christensen, 1978; Ong et al., 1982; Putz and Chan, 1986; Tamai et al., 1986; Komiyama et al., 1987,1988, 2000, 2008; Lin et al., 1990; Mall et al., 1991; Amarasinghe and Balasubramaniam, 1992; Kusmana et al., 1992; Slim et al.,1996; Fromard et al., 1998; Norhayati and Latiff, 2001; Pongparn, 2003; Sherman et al., 2003; Juliana and Nizam, 2004; Kirui et al.,2006; Kairo et al., 2008; Fatoyinbo et al. 2008; Camacho et al., 2011; Kauffman et al., 2011; Thant and Kanzaki, 2011.