





COORDINACIÓN

Mónica Vargas, Joselito Herrera, Alfredo Jiménez



ANÁLISIS FINANCIERO

Adriana Mora,
Ana de Peña y equipo



DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Leo García



FOTOGRAFÍA

Leo García

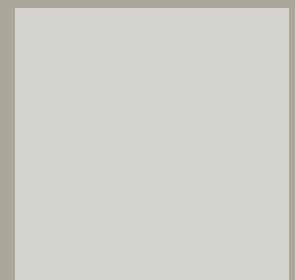
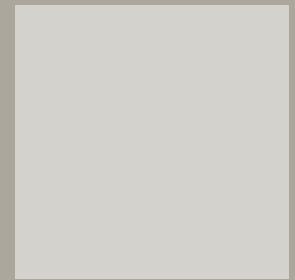


Mayo 2020

Santo Domingo, República Dominicana



CONC A DOM









Introducción

El presente documento recoge las memorias del Acuerdo de Cooperación Interinstitucional No. 169/14 para la implementación del “Programa Forestal de Manejo y Mitigación Ambiental del Proyecto Central Termoeléctrica Punta Catalina, Baní, Provincia Peravia”, de fecha 09 de octubre del 2014. Dicho acuerdo se suscribió entre la Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE), el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Consorcio de la Caoba Dominicana (CONCADOM).

Este convenio tenía como objeto el compromiso de aunar esfuerzos a fin de implementar el Programa Forestal para el establecimiento de plantaciones en una superficie de unas quince mil (15,000) tareas de tierra, a través de la siembra de un millón quinientas mil (1,500,000) plantas forestales. Se realizaron dos (02) Adendum en marzo del 2015 y marzo del 2016 respectivamente, a fin de incorporar las modificaciones necesarias que permitieran el fiel cumplimiento de los compromisos establecidos y asumidos por la CDEEE, el Ministerio de Medio Ambiente y el CONCADOM, para la ejecución del programa.

El acuerdo surgió como parte de las iniciativas tendentes a reducir las emisiones de dióxido de carbono y mitigar el impacto medioambiental por la puesta en funcionamiento de la planta generadora de energía eléctrica Punta Catalina, en la Provincia Peravia. Se incluyó además el componente social, a través de la integración de brigadas comunitarias compuestas por jornaleros oriundos de las zonas en los frentes de reforestación establecidos.

Este método favoreció la creación de empleos verdes, lo cual a su vez incidió positivamente en la dinámica de la economía familiar de esos hogares.

El Programa Forestal fue ejecutado en un plazo de cinco años de acuerdo a los presupuestos y cronogramas pautados entre la Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales, el Ministerio de Medio Ambiente y el Consorcio de la Caoba Dominicana. De estos 5 años, 3 de ellos fueron dedicados a la parte operativa para plantación y reforestación y 2 años para la aplicación de labores silviculturales, así como el mantenimiento de las plantaciones establecidas.





INDICE DE CONTENIDO

NOTAS DEL PRESIDENTE

Pág. 11

RESÚMEN EJECUTIVO

Pág. 13

SOBRE EL CONSORCIO DE LA CAOBA

Pág. 15

MIEMBROS JUNTA DIRECTIVA

Pág. 19

LÍNEA ESTRATÉGICA I

Pág. 27

LÍNEA ESTRATÉGICA II

Pág. 37

INFORME FINANCIERO

Pág. 77



Notas del Presidente

La Caoba, árbol nacional de la República Dominicana, 190 años al alza en el mercado mundial de la madera, conocida como ORO ROJO, un árbol con un enorme potencial como fijador de CO₂, se encuentra en la lista roja de especies amenazadas (CITES), una madera muy demandada.

Un día en una visita al vivero de la presa de Sabaneta, el Ing. Forestal Cornelio, dijo *“La República Dominicana tiene en la caoba una fuente de riqueza para impulsar su futuro”*. Luego de su visión del potencial de la caoba como un producto financiero y ecológico; argumentó que esta madera se podría convertir en una fuente de riqueza para el desarrollo de la República Dominicana. Esa inquietud nos llevó junto a un equipo de trabajo conformado por el Ing. José de Moya, de la Cámara Forestal Dominicana, el Ing. Manuel Serrano del Ministerio de Medio Ambiente, el Biólogo Ricardo García director general del Jardín Botánico Nacional, el Lic. Alfredo A. Jiménez del Plan Sierra; a realizar un seminario internacional sobre la caoba criolla (*Swietenia mahagoni*), que nos permitiría ver lo que se había realizado en el país, acompañado de expertos internacionales, para mirar que se estaba haciendo en Centroamérica y en el Caribe, en esa ocasión nos acompañaron el Ing. Eugenio Correa y el Dr. Francisco Mesén, Ph.D. ambos de la Universidad de Costa Rica y el Centro de Agricultura Trópic, Investigación y Enseñanza (CATIE).

Este evento impulsó la creación del Consorcio de la Caoba Dominicana (CONCADOM) con los objetivos siguientes:

- Recuperar el vigor genético de la caoba.
- Sembrar 10 millones de árboles de caoba.
- Crear una asociación de producción de caoba.
- Sacar a la caoba de la lista roja de especies amenazadas (CITES).
- Convertir a la caoba en un producto financiero.

Con el propósito de la recuperación del vigor genético fue sometido el proyecto de “ Selección, Clonación y Silvicultura Intensiva de genotipos superiores de *Swietenia mahagoni* en República Dominicana”. Al Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT). Aprobado por 4 años a desarrollar la investigación conjuntamente con el Jardín Botánico Nacional.

En el camino de generar la siembra de los 10 millones de árboles de caoba, el proyecto de “Mitigación y Reforestación Central Termoeléctrica Punta Catalina”, requería tener una compensación ambiental por las emisiones de la planta a carbón que encontró en el proyecto de siembra de caoba criolla, el árbol por excelencia para la captura de CO₂, generando el compromiso de plantar 2 millones de ejemplares de caoba con entrega de los certificados con derecho a corte de las plantaciones para los propietarios y ciudadanos que han participado activamente en este compromiso.

Este proyecto ha permitido establecer una serie de experimentos de jardines clonales, jardines experimentales de procedencia para mirar el comportamiento del desarrollo de las plantas de semillas seleccionadas a partir de los árboles plus. Se realizó una investigación fitosanitaria (plagas que atacan el cultivo de caoba, *Swietenia mahagoni* (L) Jaq. con el especialista biólogo Miguel Pellerano, que permitirá elaborar un manual sobre el cultivo de la caoba criolla.

La contribución de Santiago Bueno, Ph.D. profesor investigador de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM) de Santiago, el estudio realizado sobre la capacidad de fijación o secuestro de carbono de la caoba, la convierten en un poderoso instrumento para la mitigación de emisiones de efecto invernadero. El camino hacia la comercialización de la caoba como un producto financiero es una tarea que tiene por delante el Consorcio de la Caoba, como parte de los retos planteados en este recorrido.

Lic. Domingo Contreras



Resumen Ejecutivo

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Consorcio de la Caoba Dominicana (CONCADOM), mediante comunicación del 14 de marzo de 2014, presentaron a la Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE) una propuesta de implementación de un Programa Forestal, denominada “Proyecto de la Caoba Dominicana para Mitigar los Efectos Ambientales de las Plantas a Carbón”, donde se planteó: la utilización de unas quince mil (15,000) tareas de tierra; la siembra de un millón quinientas mil (1,500,000) plantas, y la conformación de una Unidad Ejecutora del Programa Forestal. Dicho Programa sería ejecutado en un plazo de cinco (5) años, contado a partir de la fecha de firma del Acuerdo.

En ese orden, el 15 de Julio del 2014 suscribieron la declaración de Intención para la Implementación del Programa Forestal de Manejo y Mitigación Ambiental del Proyecto Central Termoeléctrica Punta Catalina, Baní, Provincia Peravia. Mediante ese acuerdo se comprometieron a: aunar esfuerzos para contribuir a la implementación de un programa de manejo y mitigación ambiental del Proyecto Central Termoeléctrica Punta Catalina, Baní, Provincia Peravia; discutir los términos y condiciones bajo los cuales se llevarían a cabo las actividades necesarias para el mejor desenvolvimiento del Programa Forestal; canalizar los aportes necesarios, conforme al presupuesto y cronograma del Programa Forestal; designar un personal de enlace responsable de llevar a cabo las distintas tareas y de dar seguimiento al cumplimiento del Programa Forestal; y celebrar reuniones periódicas para discutir los avances alcanzados, las estrategias y cronogramas a ser implementados, los planes de acción y seguimiento a corto, mediano y largo plazo de las actividades y procesos en ejecución.

Tal como fue establecido en el Acuerdo de Cooperación Interinstitucional, se pueden señalar los siguientes resultados:

- **1,588,540** de plantas *Swietenia mahagoni* (caoba criolla) y otras especies plantadas en las provincias Peravia, San Cristóbal, San Juan y San Pedro de Macorís).
- **2,532.471.76** Toneladas de Carbono (CO2 equivalente) capturado
- **2,378.31** hectáreas de terreno reforestadas (37,823 tareas)
- **46,387** Beneficiarios directos
- Dinamización de la economía familiar a través de la creación de empleos verdes en los frentes de reforestación.
- Ejecución del “Proyecto de Investigación para la Selección, Clonación y Silvicultura Intensiva de Genotipos Superiores de *Swietenia mahagoni* Jacq. en República Dominicana”.
- Certificados de Plantación con derecho a corte emitidos.
- Ubicación y evaluación de 448 poblaciones y localización de 166 árboles de Caoba candidatos a arboles plus.
- Realización de Estudio de caracterización molecular de *Swietenia mahagoni*.
- Recolección de semillas de 68 árboles de fenotipo superior de *Swietenia mahagoni*.
- Producción de más de 10 mil plantas de alta calidad para el establecimiento de las pruebas de descendencias/progenies de caoba criolla.
- Una inversión de RD\$113,849,732 para los 5 años de ejecución del proyecto.



Foto archivo Ejecutivos Consorcio de la Caoba Dominicana

El Consorcio se denomina: **CONCADOM, CONSORCIO DE LA CAOBA DOMINICANA**, y se configura como una entidad sin fines de lucro de carácter interinstitucional pública-privada, está integrado por el **Jardín Botánico Nacional “Dr. Rafael María Moscoso”**, la **Cámara Forestal Dominicana**, el **Plan Sierra** y el **Centro de Innovación Atabey**. Estas entidades se unen con el propósito de aunar esfuerzos para recuperar y promover la caoba criolla como producto ambiental, social y económico de la República Dominicana. Investigar, mejorar y promover el desarrollo comercial de la caoba dominicana.

Objetivos

Dar la importancia debida al denominado árbol nacional, la Caoba Dominicana, apostando por el esfuerzo necesario para que ocupe su posicionamiento en la flora dominicana e internacional, regulando su desarrollo y convirtiéndolo en un referente patrio y medioambiental, además de posicionarlo en el mercado internacional como un producto financiero valioso que captará el interés del inversor.

Impulsar y promover el sector forestal dominicano, en especial la caoba criolla; establecer y desarrollar programas y actividades conjuntas de cooperación técnica para apoyar los esfuerzos relativos al manejo sostenible y a la conservación de la caoba; particularmente en las áreas de investigación científica, planes de manejo sostenible, conservación de biodiversidad forestal, capacitación e investigación y métodos participativos en el desarrollo forestal.

La comercialización de productos forestales, en especial la caoba dominicana, la promoción de inversiones en el sector forestal y mejoramiento de la productividad y competitividad de la cadena productiva.

La comercialización de productos financieros, ecológicos y turísticos, basados en producciones y actividades forestales. La gestión, comercialización y transferencia de activos forestales, su posible cotización en mercados de valores, ya sean de renta variable o fija, todo ello, también en cuanto a dicha comercialización puede realizarse a través de sistemas computarizados, internet y todo tipo de plataformas virtuales.

Del domicilio del Consorcio

Su domicilio se encuentra en la César Nicolás Pensón # 73, Gazcue, Distrito Nacional, Santo Domingo de Guzmán. No obstante, podrán acordar la celebración de sus sesiones en cualquiera de los domicilios de las entidades miembros del consorcio. Por acuerdo podrán existir delegaciones, sucursales u oficinas de trabajo, información o promoción en cualquier parte del país e internacionalmente.

De los órganos del Consorcio

El Consorcio de la Caoba Dominicana (CONCADOM) está regido por los siguientes órganos de gobierno:

- a) Junta Directiva
- b) Comité Técnico
- c) Comité Ejecutivo
- d) Unidad de Gestión

“Estas entidades se unen con el propósito de aunar esfuerzos para recuperar y promover la caoba criolla como producto ambiental, social y económico del país”



Centro de Innovación-ATABEY

Nombre: José Domingo Contreras Guerrero.

Función: Primer Miembro. Dirección: Av. César Nicolás Penson, 73. Sector Gazcue Santo Domingo D.N.



Jardín Botánico Nacional

Dr. Rafael M. Moscoso

Nombre: Ricardo Guarionex García.

Función: Segundo Miembro.

Dirección: Av. República Colombia, Esq.

Av. Próceres. Sector Los Altos Gala. Santo Domingo D.N.



CAMARA FORESTAL DOMINICANA INC.

Cámara Forestal Dominicana

Nombre: José R. De Moya.

Función: Tercer Miembro.

Dirección: Carret. Santiago-Licey Km.5½,
Esq. Copal II. Santiago de los Caballeros.



Plan Sierra

Nombre: Blas Santos.

Función: Cuarto Miembro

Dirección: Calle Maestro Lugo, San José de las Matas



Miembros de la junta directiva

José Domingo Contreras Guerrero

Primer Miembro

Ricardo Guarionex García

Segundo Miembro

José R. De Moya

Tercer Miembro

Blas Santos

Cuarto Miembro

Personal técnico y administrativo 2015-2020

Lic .Domingo Contreras

Presidente Consorio de la Caoba Dominicana

Ing. Juan Miguel Matos

Técnico Asistente

Ing. Maximino Herrera

Director Ejecutivo CONCADOM

Ing. Luis Váldez

Técnico Asistente

Lic. José Paulino

Gerente Financiero

Lic. Alfredo A. Jiménez

Unidad de Investigación

Yanet Pérez

Asistente Financiera

Dr. Santiago Bueno

Consultor Stock de Carbono

Ing. Carlos Acosta

Gerente Operativo

Ing. Miguel Pellerano

Consultor Fitopatólogo

Ing. Domingo Núñez

Técnico Asistente

Dr. Francisco Mesen

Consultor Genetista

LA CAOBA- *Swietenia mahagoni*

La Caoba es una especie nativa que por sus características se adapta a las más diversas condiciones ambientales del territorio nacional, con capacidad para resistir los más adversos fenómenos atmosféricos, plagas y enfermedades, lo que hace un árbol de larga duración y de gran importancia ecológica por los bienes y servicios ambientales que produce dada su alta capacidad de fijación de dióxido de carbono (CO²), además de su alto valor económico.

La caoba (*Swietenia mahagoni*), de la familia de la Meliácea, es el árbol nacional de República Dominicana y constituyó un importante renglón de intercambio comercial durante los primeros 60 años del siglo 19, período durante el cual se alcanzaron exportaciones de 4 millones de pies cúbicos anuales (Moya Pons, 1994).

Se halla dispersa en toda la geografía nacional, formando parte de los bosques latifoliados en las zonas de vida de bosque sub-tropical húmedo. Es una especie forestal muy cotizada por su madera, pero se encuentra amenazada por la deforestación indiscriminada y el ataque severo de un insecto, conocido como el barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella* Zell (Lepidoptera, Pyralidae). Además, la especie se caracteriza por su baja capacidad de regeneración. Su reproducción natural es por semilla, con la consiguiente variabilidad genética resultante de la polinización cruzada, de las que se derivan transformaciones genotípicas y fenotípicas diferenciadas, que pueden manifestarse con características indeseadas de sus descendientes.

Swietenia mahagoni Jacq. es considerada la más preciada de las *Swietenias*, es el árbol nacional de la República Dominicana. Siendo declarada como la “Flor Nacional de la República



Dominicana” según el Decreto No. 2944, del 16 de julio de 1957, y en el 2011 la Ley No. 146-11 del 8 de junio de 2011 designa la **Caoba como el árbol nacional de la República Dominicana**. Es una especie que produce una de las maderas preciosas más valoradas en el mercado nacional e internacional, considerada un producto de lujo. Históricamente ha sido explotada de manera irracional, provocando una disminución de sus poblaciones y por ende una degradación genética de la misma.

*Swietenia mahagoni Jacq. (Caoba)
es considerada la más preciada de las
Swietenias, es el árbol nacional de la
República Dominicana.*

Como resultado de su sobre-explotación ha sido incluida en la lista roja de especies amenazadas “Endangered” (en peligro), por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y, su comercialización está regulada en el Apéndice II por la convención sobre comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre (CITES). En la actualidad, se calcula un déficit de un billón de m³ de maderas de caobas en el mercado mundial. Los países mayores consumidores de caobas son los Estados Unidos y China. La República Dominicana importa entre 16 y 25 millones de dólares en maderas de caobas, procedentes de Honduras, Brasil y Fiji (Permiso de importación, Departamento de Permiso, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011).





Referencia Proyecto

Al inicio del año 2012 la Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE), solicitó al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales los términos de referencia mediante el formulario de análisis previo del proyecto Planta Termoeléctrica de Carbón Mineral 600MW Azua, el cual le fue registrado con el Código (2325).

Mediante comunicación DEA-0286-12, de fecha 20/02/2012, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales remite los términos de referencia a CDEEE.

Posteriormente la CDEEE mediante comunicación CDEEE -IN-2013-019710 de fecha 7 de marzo del 2013 solicita al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales la renovación de los términos de referencia del proyecto Planta Termoeléctrica de Carbón Mineral 600MW Azua, el cual le fue registrado con el Código (2325).

A principios del año 2014, la Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE) solicita al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales la modificación de los términos de referencia del proyecto Planta Termoeléctrica de Carbón Mineral 600MW Azua, el cual le fue registrado con el Código (2325), por cambio de ubicación a Punta Catalina, Baní y de capacidad a 752 MW.

En fecha 25 de marzo de 2014, mediante oficio N° DEA-0687-14-0880, el Viceministerio de Gestión Ambiental, emite los Términos de Referencia para el Proyecto (Código 2325), en los cuales se establece que corresponde la realización de un Estudio de Impacto Ambiental (EslA).

En fecha 14 de agosto del 2014 fue emitida por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales la licencia ambiental No.0267-14 para la construcción de la central termoeléctrica.

Concientes de la necesidad de promover procesos de investigación, criterio, políticas y compromisos al rededor del desarrollo de la caoba dominicana; el consorcio planteó dos líneas estratégicas de trabajo:





Línea Estratégica I

Siembra.

A partir de su potencial
como un producto ambiental,
económico y social.





Línea Estratégica II

Investigación.
Mejoramiento genético
del árbol de la caoba criolla.





Línea Estratégica I

Siembra. A partir de su potencial como un producto ambiental, económico y social.

Cada Caoba sembrada cuenta, cada ejemplar es ganar un espacio a favor del árbol nacional, para restablecer la oportunidad ambiental y económica del árbol de la Caoba se hace necesario la producción masiva de la misma, se requiere que sembremos 10 millones de ejemplares de buena calidad genética.

En ese camino se presenta la meta de sembrar un millón quinientos mil árboles como sumidero de carbono para el proyecto de generación eléctrica de Punta Catalina, del cual este informe es un testimonio de haber alcanzado la meta. Este proyecto ha permitido no solo sembrar en modalidad de plantaciones, sino que además ha permitido que se pueda desarrollar la modalidad de una Sombra con Valor Dominicano, para familias que requieren de una sombra para su vivienda, para un patio en el que realizan algunas de sus actividades sociales, pero al mismo tiempo esta pueda constituirse en un capital económico.

La tarea de la siembra ha sido una ardua labor que hay que reconocer del Ing. Forestal Joselito Herrera, que con un equipo de profesionales, obreros y voluntarios han hecho posible la siembra de 1,588.540 ejemplares de Caoba criolla. Hoy la planta forestal más demandada en los viveros del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales es la Caoba.

Este proyecto de siembra ha permitido ver una evolución en lo sistema de producción de las plantas, para siembra desde la raíz dirigida, las plantas en sustrato de tierra y funda hasta el sistema de Ecopiling que consiste en el uso de una celulosa que se disuelve en contacto con la tierra y una planta de mejor sistema radicular, que cuando es plantada con este sistema, el bosque queda conformado, solo a la espera que el tiempo haga su trabajo.

Se ha sembrado en todo el territorio del país, se ha encontrado un espíritu de colaboración y de profundo interés por la siembra de la caoba, una siembra con valor dominicano se levanta por todo el territorio. ■

Se requiere la siembra de 10 millones de ejemplares de Caoba criolla de buena calidad genética.





Programa forestal de manejo y mitigación ambiental del proyecto central termoeléctrica Punta Catalina, Baní, Provincia Peravia.

Como parte de las iniciativas tendentes a reducir las emisiones de dióxido de carbono en la Provincia Peravia y mitigar el impacto medioambiental del Proyecto. El consorcio de la Caoba Dominicana, la Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales firman Convenio para ejecutar un programa forestal con una duración de tres (3) años con el objetivo de reforestar una superficie de 15,000 tareas con la plantación de un millón quinientas mil (1,500,000) plantas de caobas, como medida de mitigación orientada a atenuar los impactos ambientales derivados del aumento de las emisiones de dióxido de carbono, producto de la puesta en funcionamiento de las plantas de generación eléctrica a base de carbón mineral que se instalarán en Punta Catalina, provincia Peravia.

Fecha inicio: 30 de junio 2015
Fecha finalización: Mayo 2020
Estatus: Ejecutado

Lugares:

Provincias San Cristóbal, San Juan, y San Pedro de Macorís, Peravía, Elías Piña y Santiago.

El proyecto Mitigación y Reforestación Punta catalina, que ejecutó el consorcio de la caoba Dominicana, CONCADOM con el apoyo financiero de la CDEEE y en coordinación con El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos naturales logró un importante avance en el establecimiento de plantaciones hasta Mayo 2020 se plantaron **1,518,760** de la especie Caoba criolla (*Swietenia mahagoni*), y **69,780** de otras especies en las comunidades periféricas al proyecto termoeléctrico Punta Catalina, Nizao, provincia Peravia, para un gran total de **1,588.540** árboles plantados.

Marco de Plantación

El marco de plantación utilizado es de 4x4 para unas 40 plantas por tarea y 3x3 para 70 plantas por tarea, principalmente de la especie *Swietenia mahagoni*, hemos utilizado otras especies como aceituno (*Cimarouba dominguenis*), bambú y guayacán (*Guayacum officinalis*), pero en menor cantidad.

$$\frac{\text{Plantado}}{\text{Meta}} = \frac{1,588,540.00}{1,500,000.00} = 106\% \text{ Cumplimiento}$$

$$\frac{\text{Tareas}}{\text{Meta}} = \frac{37,823.00}{15,000.00} = 252\% \text{ Cumplimiento}$$



Aspecto Social

Para el establecimiento de estas plantaciones hemos utilizado brigadas compuestas por personas de las mismas comunidades en donde se establecen los frentes de reforestación, compuesta de 10 a 12 personas pagadas y supervisadas por el Consorcio de la Caoba Dominicana, con lo que se están creando **empleos verdes** que ayudan a paliar en parte las necesidades de las comunidades.

2,532.471.76
Toneladas de Carbono
(CO₂ equivalente) capturado

Aspectos Ambientales

Se han plantado **1,588,540** plantas de caoba en unas **2,378.31 hectáreas** (37,823 tareas), de acuerdo al estudio "Evaluación del volumen y captura de carbono mediante método no-destructivo en bosque de caoba criolla en la República Dominicana, realizado por el Consorcio de la Caoba Dominicana, la cantidad de árboles plantados en los frentes de reforestación señalados estarían capturando en todo su periodo de crecimiento hasta establecerse como bosques unos 2,532,471.76 toneladas de carbono (CO₂ equivalentes).

Frentes de Reforestación

En el frente de reforestación de la provincia de San Pedro de Macorís, específicamente en batey El jagual.

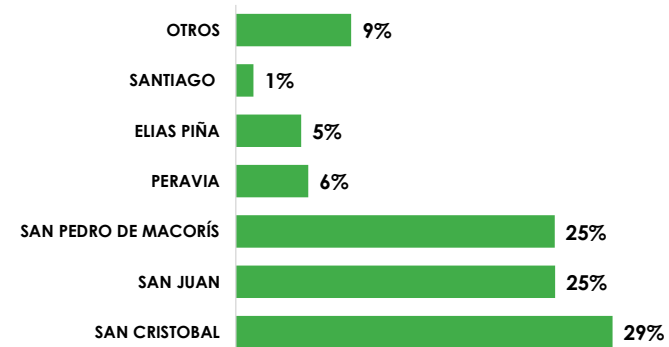
En la provincia de San Cristóbal, en la comunidad de Mata de Naranjo, Hato Dama y Tubo Prieto San José del Puerto, Villa Altagracia.

En la provincia de Peravia, Nizao, Santana, Punta Catalina, Las Tablas y otros.

En la Provincia de San Juan, Gajo de Pedro, El Cercado y en Arroyo Cano.

En la provincia de Elías Piña, en Bánica y Sabana Mula.

En la provincia de Santiago.



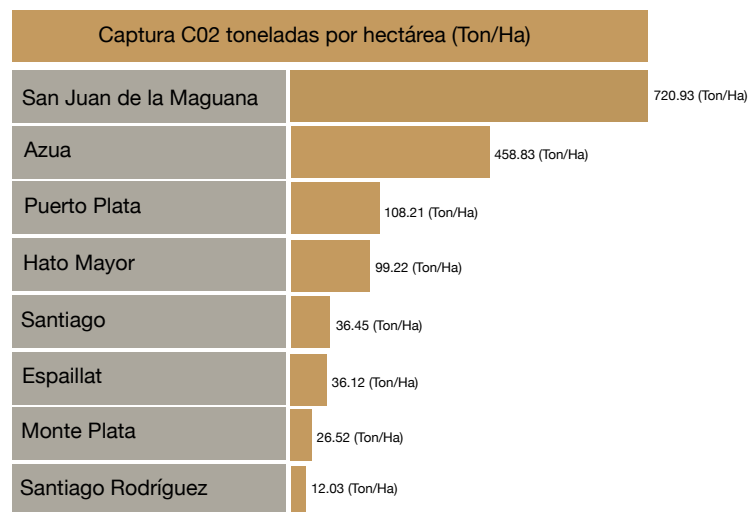


Captura de dióxido de carbono equivalente (CO² Eq).

Para computar el CO² Eq se supuso que el factor de expansión de biomasa seca fustal a biomasa seca total en el árbol es del orden de 1.5. Además, se supone que la concentración de carbono en la biomasa seca es de un 50%. Estos supuestos son necesarios hasta tanto no se haga el muestreo destructivo y no se analice la concentración de carbono real en la biomasa. Esta etapa destructiva no estaba contemplada en la propuesta para la primera parte.

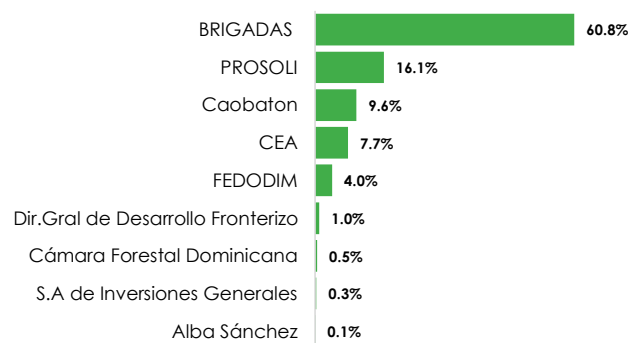
La cantidad máxima de CO² equivalente capturada fue encontrada en el rodal localizado en Maguana Arriba, San Juan de la Maguana. Este rodal tiene la particularidad de que sus árboles son los de mayores dimensiones, con un DAP promedio por hectárea de 41.10 cm y una altura promedio de 17.76 m. Como no se conoce la edad del rodal, es difícil calcular el incremento promedio anual de sus variables alométricas y se dificulta proyectar un comportamiento de captura. Este rodal al momento de la medición tiene capturado unos 720.93 toneladas por hectárea (Ton/Ha) de CO² eq. Obviamente existe una relación entre las dimensiones de los árboles y la densidad en términos de árboles por hectárea. Así encontramos que en términos de captura y en orden descendente, al rodal de San Juan de la Maguana le sigue Azuza con 458.83 Ton/Ha, seguido de Puerto Plata (108.21), Hato Mayor (99.22), Santiago (36.45), Espaillat (36.12), Monte Plata (26.52) y por último, Santiago Rodríguez (12.03).

Izq. Punta Catalina-Fotografía Aérea



Coordinación con otras instituciones

En acciones conjuntas con el programa progresando con solidaridad (PROSOLI) que ejecuta la Vice Presidencia de la República, la Federación Dominicana de Distritos Municipales (FEDODIM), La Cámara Forestal Dominicana, la Dirección de Desarrollo Fronterizo, y el holding que componen la Corporación de Empresas Eléctricas Estatales, CDEE, se ha realizado trabajos de avance en este sentido de acuerdo a la modalidad de plantación de una sombra con valor Dominicano y de acuerdo a lo establecido en la última adenda del convenio.



Frente / entidad de apoyo al proyecto para reforestación

Relación de lugares con plantaciones de caoba

PROPIETARIO	LUGAR	FECHA PLANTACION	CANTIDAD PLANTADA
Fausto Rojas	Nizao/Peravia	Oct.-15	1,600
Alva sanchez	Nizao/Peravia	Nov.-15	1,170
Enrique Lugo	Nizao/Peravia	Oct.-15	2,500
Corredor Nizao	Nizao/Peravia	Oct.-15	3,565
La Famosa	Nizao/Peravia	Nov.-15	4,700
Kinito Mendez	Mata de Naranja		
	San Cristobal	Nov. 2015- Abril 217	35,950
Batey Jagual	Batey Jagual	Abril 2016- Jun 2107	121,950
Jesus Maria Diant	Hato Damas	Abril - Mayo 2017	5,000
Marcel Behrens	Hato Damas	Enero - Marzo 2017	6,000
Medina	Tube Prieto Villa Altagracia	Mayo 2016 Nov. 2017	85,290
Juan Estevez	Nigua	Oct.-2017	4,500
Yulito Abreu	Arroyo Cano	Nov.-2016	800
Illuminado Contreras	Arroyo Cano	Enero 2017	1,200
Feix Manuel Abreu	Arroyo Cano	Febreo 2017	3,000
Romulo Sanchez Familia	Arroyo Cano	Nov. - Dic. 2016	10,000
Julio Alberto Sanchez	Arroyo Cano	Mazo 2017	700
Wilson Sanchez	Arroyo Cano	Enero-17	4,700
Roberto Abreu Mena	Arroyo Cano	Feb-17	4,700
Wilson Sanchez	Arroyo Cano	May-17	2,100
Federico Ramirez Sanchez	Arroyo Cano	Abril-17	800
Gregorio Duran	Arroyo Cano	Jun-17	2,000
Basilio Sanchez	Arroyo Cano	Jul-17	7,000
Felix Santiago Sanchez	Arroyo Cano	Aug-17	800
Domingo Sanchez	Arroyo Cano	Sep-17	2,100
Silvio R. de Los Santos	Arroyo Cano	Oct-17	450
Nicodemo Abreu	Arroyo Cano	Nov.-Dic.17	2,700
Andres de la Rosa	Arroyo Cano	Jul-17	2,900
Roberto Abreu	Arroyo Cano	Aug-17	2,500
Fernando Sanchez	Arroyo Cano	Apr-17	450
Cornelio Sanchez	Arroyo Cano	May-17	4,000
Grabriel Abreu Abreu	Arroyo Cano	Mar-17	1,400
Cooperativa La Esmeralda	Chirinos, Monte Plata	Enero-Abril 17	57,157
Juan Tejada	Hato Damas	Abr. 16-Dic.17	134,025
Batey Jagual Batey	Jagual	Jul.17-Sept.18	165,550
Antonio Leonardo	Hato Damas	Enero 2017- Nov.2018	115,025
Gerardo Ramirez	Gajo de Pedro	Feb. 2017- Mar. 18	50,575
Arturo Roa	Sabana Mula	Agosto 2017- Sept. 18	21,400

Eladio Rivera	Gajo de Pedro	Mayo-Agosto 2017	11,615
Mariano Alcantara	Gajo de Pedro	Abril- Mayo 2017	8,618
Victor Montero	Gajo de Pedro	Junio- Julio 2017	1,600
Miguel Encarnación	Gajo de Pedro	Sep-17	1,200
Badin Montero	Gajo de Pedro	Sept-17	1,300
Juan Encarnación	Gajo de Pedro	Aug-17	1,310
Edward Montero	Gajo de Pedro	Aug-17	1,530
Arcadio Morillo	Gajo de Pedro	Oct-17	1,210
La Cruz Ogando	Gajo de Pedro	Oct-Nov. 2017	11,200
Cornelio Amador	Gajo de Pedro	Nov-17	4,312
Nilson Mateo	Gajo de Pedro	Oct-17	1,508
Justiniano Montero	Gajo de Pedro	Dic-17	4,715
Milton Ramirez	Gajo de Pedro	Sept-17	4,504
Isidro Ramirez	Gajo de Pedro	Nov-17	1,500
Dichoso Rodriguez	Gajo de Pedro	Apr-17	3,050
Ramon Vicente	Gajo de Pedro	Sept-17	1,720
Victor Garabito	Gajo de Pedro	Jan-18	4,625
Santiago De Oleo	Gajo de Pedro	Jan-18	1,110
Samuel Romero	Gajo de Pedro	Feb-18	870
Flavia Montero	Gajo de Pedro	Feb-18	680
Gustavo Rodriguez	Gajo de Pedro	Feb-18	1,530
Wilson Montero	Gajo de Pedro	Mar-18	2,250
Yulisa Vicente	Gajo de Pedro	Mar-18	1,590
Rio Afluente Los Pericos	Gajo de Pedro	Mar.18- Junio 18	30,200
Cañada Rio Piedra	Gajo de Pedro	Apr-17	3,220
Aandres Encarnación	Gajo de Pedro	Abril-18	980
Ramon Montero	Gajo de Pedro	May-18	840
Ivan Montero	Gajo de Pedro	May-18	714
Martinez Vicente	Gajo de Pedro	May-18	1,100
Cesareo Encarnación	Gajo de Pedro	Jan-18	1,500
Orlando Fulcar	Gajo de Pedro	Apr-18	700
Natividad Ramirez	Gajo de Pedro	Jun-17	3,500
Orlando Contreras	Sabana Mula	Jun-17	4,200
Argentina Lara	Sabana Mula	Jun-18	7,000
Erasmio Aquino	Sabana Mula	Jul-18	3,500
Alcibiades Puello	Sabana Mula	Jul-18	3,500
Nilson Genao	Arroyo Cano	Jul-18	5,000
Narciso Briosio	Arroyo Cano	Jul-18	700
Andres de La Rosa	Arroyo Cano	Aug-18	4,000
Cornelio Sanchez	Arroyo Cano	Aug-18	2,100
Osacar Garcia Amador	Arroyo Cano	Sep-18	10,350





Línea Estratégica II

Investigación. Mejoramiento genético del árbol de la caoba criolla

Con el objetivo de identificar los mejores ejemplares de caoba existente para la obtención de las semillas para mejorar la calidad genética de las plantas en viveros, la clonación, la creación de un paquete tecnológico del cultivo, la capacitación del personal, y la capacidad de secuestro de dióxido de carbono que posee la caoba; el consorcio de la Caoba Dominicana a través de Jardín Botánico Nacional financiado por FONDOCYT ejecutó el **“PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA SELECCIÓN, CLONACIÓN Y SILVICULTURA INTENSIVA DE GENOTIPOS SUPERIORES DE SWIETENIA MAHAGONI JACQ. EN REPÚBLICA DOMINICANA”**

La problemática

Swietenia mahagoni Jacq., está considerada como una especie amenazada, por el uso irracional a que se ha sido sometida a través de los años, dando como resultado la pérdida y degradación genética que genera una insuficiencia de material genético de calidad. En ese sentido, debe buscarse respuestas para la conservación, restauración de las poblaciones naturales y nuevos métodos de reproducción para que la especie sea incluida en los planes de reforestación comercial del país.

*Izq. Banco de Semillas
Jardín Botánico Dr. Rafael María Moscoso*

Por otro lado, la demanda actual de maderas preciosas en República Dominicana, especialmente caoba debe ser suplida a través de importaciones desde Honduras, Brasil y Fiji, con una inversión anual en los últimos años entre USD16,000,000 y USD25,000,000. En términos de condiciones agro-climáticas y ecológicas, se estima que aproximadamente el 20 por ciento de la geografía nacional tiene potencial o vocación para el desarrollo exitoso de plantaciones de esta especie, de la cual actualmente no existe capacidad para responder la demanda de propágulos.

“Se estima que el 20% de la geografía nacional tiene potencial para el desarrollo de plantaciones de Caoba.”





Objetivos de la propuesta de investigación.

General:

- Producir material genético mejorado para la reproducción y reforestación de *Swietenia mahagoni* Jacq. con fines comerciales en el país.

Específicos:

- Producir material genético mejorado para la reproducción y reforestación de *Swietenia mahagoni* Jacq. con fines comerciales en el país.

- Caracterizar mediante técnica molecular de 75 individuos de fenotipos superiores de *Swietenia mahagoni* Jacq., para la obtención de clones de alta pureza genética.

- Desarrollar un Protocolo de Propagación Vegetativa para la especie de *Swietenia mahagoni* Jacq., que permita la clonación masiva de genotipos superiores, seleccionados mediante la producción y enraizamiento de estacas ontogénicamente juveniles;

- Desarrollar un paquete tecnológico para la reproducción y el cultivo intensivo en plantaciones comerciales de *Swietenia mahagoni* Jacq., que incluya la preparación del terreno, manejo de las malezas, necesidades nutricionales y fertilización, métodos de podas, así como el control del barrenador *Hypsipyla grandella*, mediante el establecimiento de plantaciones experimentales.





Selección, clonación y silvicultura intensiva de genotipos superiores de Swietenia mahagoni Jacq. en República Dominicana. AUSPICIADO FONDOCYT

Selección individuos de genotipos superiores de Swietenia mahagoni Jacq. en el país.

Se realizaron unos 183 viajes de prospección y exploración de campo, para la ubicación y estudio de poblaciones o procedencias de la caoba dominicana (Swietenia mahagoni L. Jacquin) en las diferentes regiones del país, se ubicaron y evaluaron 448 poblaciones y localizados 166 árboles candidatos en las siguientes regiones y provincias:

- Noroeste en las provincias de Santiago Rodríguez, Dajabón, Monte Cristi y Valverde,
 - Norte en las provincias de Puerto Plata, Santiago, Espaillat (Moca), La Vega, Hermanas Mirabal y Monseñor Nouel.
 - Nordeste en las provincias Sánchez Ramírez, San Francisco de Macorís, María Trinidad Sánchez (Nagua) y Samaná,
 - Este en las provincias, La Romana, La Altagracia, El Seibo, Hato Mayor, Monte Plata (parte) y San Pedro de Macorís incluyendo la Isla Saona,
 - Sur en las provincias del Gran Santo Domingo, San Cristóbal, San Juan de la Maguana, Elías Piña, Peravia (parte), Azua y San José de Ocoa y
 - Suroeste en las provincias Barahona, Bahoruco, Independencia y Pedernales.
- Igualmente, se hicieron tres viajes exploratorios a la Florida

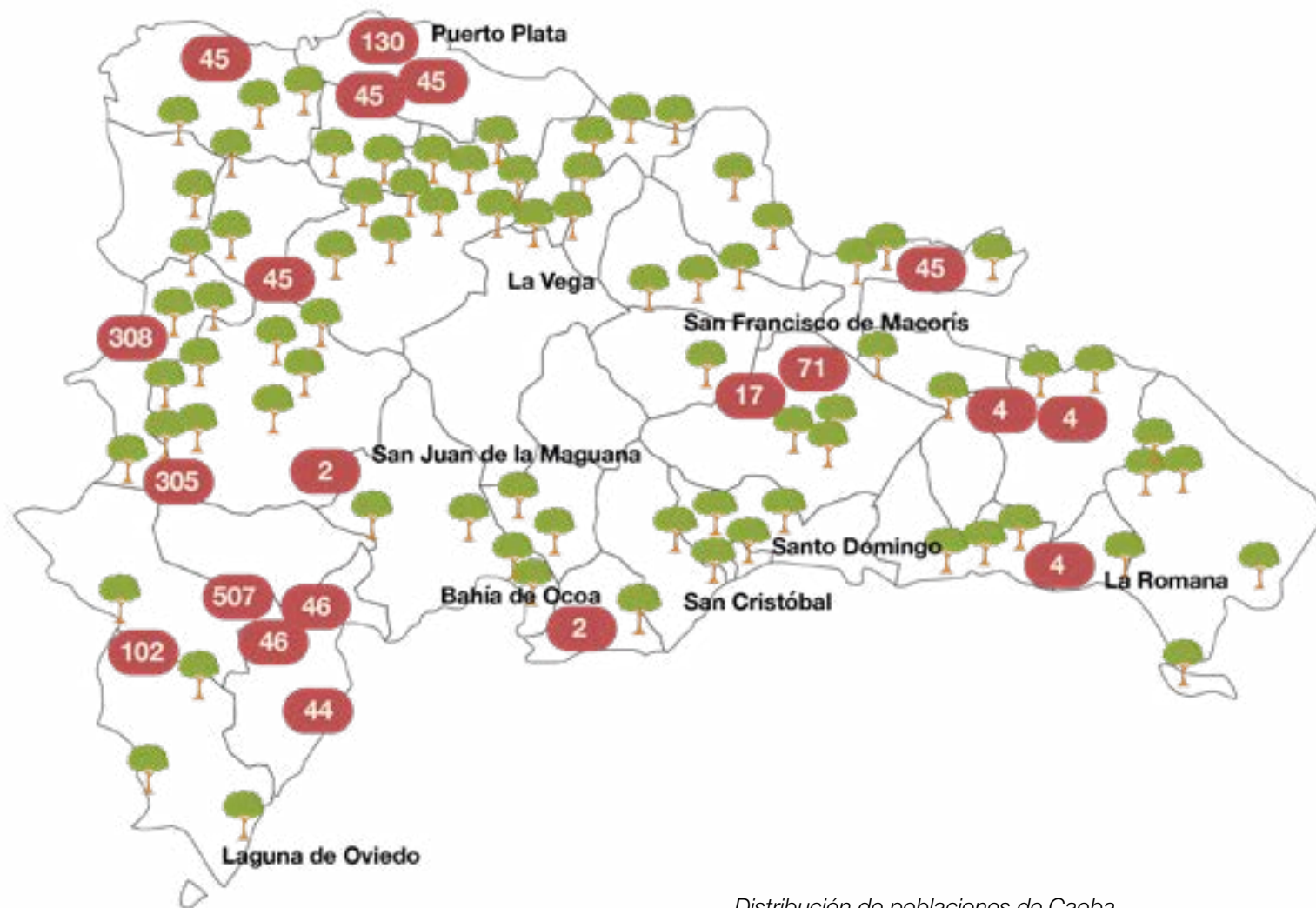
(EEUU), Cuba y Cabo Haitiano (Haití) para observar el estado de desarrollo natural de la caoba criolla (S. mahagoni Jacq.) en esos lugares, debido a que su origen se atribuye al Sur de la Florida, las Islas Bahamas y la Hispaniola.

Para los fines de esta evaluación una población está compuesta por los individuos presentes en un radio de 2.5 kilómetros. Se realizó una ampliación del área de las exploraciones de campo, debido a que no se disponía de información previa sobre estudio de poblaciones de S. mahagoni Jacq y no se conocía de la existencia de una alta cantidad de rodales o poblaciones.

Esta ampliación se hizo para dar la oportunidad de incorporar la mayor cantidad posible de los mejores fenotipos de la especie para conservar su diversidad genética. Para cumplir con este componente de conservación, en los casos que fue posible, se hizo la colecta de hojas y flores para el estudio de caracterización morfológica y para el Herbario del Jardín Botánico Nacional y frutos para conservar las semillas o el germoplasma en el Banco de Semillas del Jardín Botánico.

1.a. Evaluación de poblaciones

En las visitas realizadas se ubicaron y evaluaron de 448 poblaciones de S. mahagoni Jacq., con una totalidad de 2,269 árboles evaluados, ubicadas a una altitud promedio de 234.2 msnm, tienen un promedio de 76 individuos por población. En cuanto a las características morfológicas de los árboles, éstos en las poblaciones alcanzan una altura promedio de 12.2 metros y un DAP promedio de 47.6 cm a la altura de 1.3 m.



Distribución de poblaciones de Caoba criolla evaluadas.

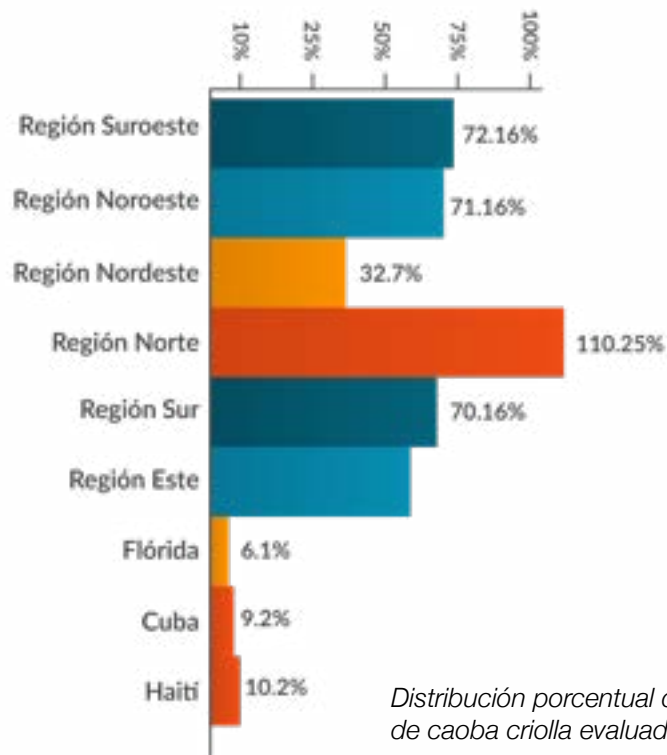
Fuente. Alfredo Jiménez

En la calificación de las características fenotípicas de los árboles evaluados de *S. mahagoni* Jacq., basado en una escala arbitraria de valores de 1 a 5, el grosor de la corteza alcanza 4.6 de valoración.

Se observó la presencia de muérdago o conde, plantas parásitas y epífitas a la vez de la familia Viscaceae, en árboles de 172 poblaciones de caoba, con un grado de ataque de leve a muy severo, llegando a causar la muerte en varios árboles.

Del total de árboles evaluados, los mismos tienen una altura a la primera rama - fuste limpio de 4.0 m y la altura de la primera bifurcación es de 4.9 m.

Distribución de las poblaciones. Las poblaciones de caoba criolla evaluadas están distribuidas por región así: 110 en la región norte, 70 en el sur, 68 en el este, 32 en el nordeste, 71 en el noroeste, 72 en el suroeste y 25 en Florida, Cuba y Haití.



Distribución porcentual de las poblaciones de caoba criolla evaluadas por región.



1.b. Evaluación de árboles candidatos a plus

Para la calificación de candidatos, se evaluaron las características fenotípicas de los árboles Plus de *S. mahagoni* Jacq. mediante una escala arbitraria de valores de 1 a 5. Las características son: Vigor relativo con un peso específico de 3, rectitud del fuste con 3, altura total (metros) con un peso de 2, altura de fuste limpio (metros) con 3, DAP (cm) con 3, grosor de las ramas con 1, ángulo de inserción de las ramas 1, poda natural con 2, densidad de la copa con 1 y grosor de la corteza con 1.

Fueron evaluados 166 candidatos a árboles plus que se localizan así: 47 en la región Norte, 17 en el Sur, 52 en el Este, 22 en el noroeste, 4 en el nordeste y 24 en la región suroeste del país.

Al igual que las poblaciones los árboles candidatos de caoba criolla evaluados han sido georreferenciados.

Entre las características más sobresalientes de los árboles plus evaluados están las siguientes: Se ubican en una altura promedio de 246.7 msnm con un rango que varía desde 1 hasta los 686 msnm.

Los resultados preliminares de las características morfológicas de los árboles candidatos evaluados, alcanzan una altura promedio de 15.2 metros y un DAP promedio de 51.6 cm a la altura de 1.3 m.

Los árboles evaluados tienen una altura a la primera rama fuste limpio de 6.0 m., la altura de la primera bifurcación es de 6.6 m y basado en una escala arbitraria de valores de 1



Distribución porcentual de candidatos de caoba criolla a árboles plus evaluados.

a 5, las ramas alcanzan 4.7 y la corteza 4.9 cm de grosor. En cuanto a las características morfológicas de las hojas, los folíolos alcanzan una longitud de 38.3 mm por 16.2 de ancho. La cantidad de folíolos por hoja es de 7 y la cantidad de hojas por rama es de 7. La longitud del último crecimiento por rama es de 34.2 centímetros.



BANCO GENÉTICO
DE LA CAOBA
DOMINICANA



Los árboles evaluados tienen una altura a la primera rama- fuste limpio de 5.7 m. y una altura de la primera bifurcación de 6.5 m. En la calificación de las características fenotípicas de los árboles Plus de *S. mahagoni* Jacq. mediante una escala arbitraria de valores de 1 a 5, las ramas alcanzan 4.6 de grosor y la corteza 4.9 de grosor.

En cuanto a la valoración total de los árboles de caoba de fenotipos superiores o candidatos a árboles plus el promedio es de 91.3 puntos. Con una valoración máxima de 100.0 y una mínima de 68.0 puntos. De los 166 árboles evaluados califican 157 y de éstos se seleccionaron 108 árboles de fenotipo superior o plus de caoba criolla.

2. Estudio de caracterización molecular

Se trabajó en la redefinición de los trabajos a realizar en la parte de caracterización molecular. Debido a ciertas limitaciones que se presentan con el uso de la técnica de caracterización molecular AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism o Polimorfismo de Longitud de Fragmentos Amplificados), el protocolo de esta técnica no permite la realización del genotipado bajo el procedimiento de otro laboratorio. Hubo que realizar un cambio de esta técnica por la de microsatélites o SSR (simple sequence repeat o Repetición de Simple Secuencia), con los que se pueden utilizar hasta cinco microsatélites o “primer” previamente diseñados, generan una mayor amplificación o secuencia de ADN que mediante el genotipado o análisis final de los fragmentos de ADN que permiten estudiar los patrones de estructura genética de las poblaciones de caoba criolla en República Dominicana. Los microsatélites han mostrado ser una técnica tan efectiva como la AFLP.

2.a. Ensayo de laboratorio: Extracción de ADN.

Para realizar los trabajos correspondientes a la extracción de ADN se dieron los pasos siguientes:

- a. Firma de un “Acuerdo específico de cooperación entre el Jardín Botánico Nacional y el Instituto Tecnológico de Santo Domingo de la República Dominicana”, contratándose los servicios del Laboratorio de Genética de INTEC y
- b. Realización de análisis de pruebas, para lo cual se probaron varias muestras de hojas de plantas provenientes de las poblaciones y los candidatos a árboles plus localizados de caoba criolla y posterior selección de marcadores moleculares polimórficos.

Para este estudio se llevaron a cabo distintas pruebas de extracciones de ADN para *S. mahagoni* Jacq. con la que se determinó el protocolo que aporta la mejor calidad de ADN y se realizó el ajuste del protocolo a seguir con el fin de estandarización del método de extracción y cuantificación de la pureza del ADN.

Basado en este resultado se está trabajando con las muestras de hojas que se recolectaron, más de 450 muestras para las que se tomaron de 10 a 15 hojas que se colocaron en una funda de cierre hermético (ziploc), preservadas en sílica gel y mantenidas en un freezer hasta el momento de su extracción.



2.b. Determinación del protocolo.

Para determinar el protocolo a utilizar se maceraron las muestras con nitrógeno líquido en morteros para su posterior lisis. Las muestras fueron probadas con varios kits de extracción: 1) el kit de Invitrogen con columnas para plantas (PureLink® Genomic Plant DNA Purification Kit; No. Catálogo: K1830-01), 2) el kit de Qiagen para plantas (DNeasy Plant Mini Kit; No. Catálogo: 69106) y 3) otro kit de Invitrogen para plantas empleando la tecnología de esferillas magnéticas (Charge Switch gDNA Plant Kit; No. Catálogo: CS 18000).

De estos kits sólo funcionó la extracción con el kit de Qiagen para plantas realizando algunas modificaciones al protocolo: Purificación del ADN genómico para tejido de plantas (Protocolo Mini) el cual fue obtenido de DNeasy Plant Mini Kit Protocol con modificaciones sugeridas por DNA Learning Center para especies de plantas difíciles.

Adicional a las pruebas con los kits se probó el protocolo CTAB (Bromuro de hexadeciltrimetilamonio) /Cloroformo: Isoamyl Alcohol con las muestras y funcionó para *S. mahagoni* Jacq. (Figura 1. Derecha). Sin embargo, la extracción era exitosa sólo un 50% de las veces y en el gel se pueden observar un elevado grado de impurezas obtenidas.

Para cada protocolo se midió el grado de pureza y la cantidad de ADN presente en cada muestra. Los números de lectura para la absorbancia A260 deben estar entre 0.1 y 1.0. Se está a la esperando de la terminación de este proceso para realizar los análisis e interpretación de lugar.

3. Desarrollo de un protocolo de propagación vegetativa

Basado en el objetivo de “Desarrollar un Protocolo de propagación vegetativa para la especie de *Swietenia mahagoni* Jacq., que permita la clonación masiva de genotipos superiores, seleccionados mediante la producción y enraizamiento de estacas ontogénicamente juveniles”, para lograr este objetivo se realizaron cortes en el fuste de los árboles plus y otros con el fin de lograr la emisión de brotes laterales para obtener estacas ontogénicamente juveniles. Este resultado es previo al inicio a los trabajos de clonación.

Hasta el presente no se ha logrado la emisión de brotes laterales de los más de 80 cortes que hemos realizado en diferentes árboles y regiones de la geografía nacional. Este resultado inesperado, parece fundamentarse en el hecho de que las evidencias indican que los árboles adultos pierden su capacidad de emitir rebrotes basales, ya que ni de manera natural se ha podido observar o encontrar árboles de caoba criolla con brotes laterales ni rebrotes después de cortarlos. A pesar de que no se ha logrado rebrote del fuste de la caoba criolla, para la clonación de ésta, se siguen probando diferentes métodos de cortes.

Dada la situación anterior, de no lograr rebrotes laterales de los árboles de fenotipos superiores, fue iniciada una alianza con Transplanta, empresa productora de plantas agroforestales, trabajos de enraizamiento de estacas o brotes juveniles de caoba criolla provenientes de los árboles de la prueba de descendencia/progenie o huerto regional de progenies de *S. mahagoni* establecido en el Jardín Botánico “Eugenio de Jesús Marcano” en Jacagua, Santiago.



Después de varias pruebas se ha logrado la formación de callos y emisión de raíces y brotes de los clones utilizados en dicho trabajo. Constituye este resultado un avance de gran trascendencia en la clonación por primera vez de nuestro árbol nacional: La Caoba Dominicana.



4. Recolección de semillas

Debido a que no se lograron rebrotes para los trabajos de clonación, procedimos aplicar la segunda estrategia de mejoramiento, fue la recolección de semillas de los árboles seleccionados.

Durante el 2016 al 2017 en expediciones de campo realizadas se logró recolectar semillas de 68 árboles de fenotipo superior, de *S. mahagoni*, seleccionados en las diferentes regiones de República Dominicana, ya que los restantes 40 árboles no produjeron semillas, estos árboles alcanzaron una valoración en las características fenotípicas fundamentales mayor a 91.3 puntos. Esta recolección fue con el objetivo de producir plantas para establecer huertos regionales con dicho germoplasma.

Izq. Primer árbol clonado de la caoba dominicana (Swietenia mahagoni Jacq.)

Las semillas recolectadas, unas 1,274.3 onzas, fueron puestas a germinar, en el Vivero Forestal del Ministerio de Medio Ambiente en Pontón, La Vega, directamente en fundas de polietileno de 5 x 5 de doble fuelle, en suelo arcilloso, donde se produjeron más de 10 mil plantas de alta calidad para el establecimiento de las pruebas de descendencias/progenies.

“Después de varias pruebas se ha logrado la formación de callos raíces y brotes de los clones utilizados, constituyendo un avance de gran trascendencia”.

5. Establecimiento de pruebas de descendencias/progenies

No obstante, se cumplió el plazo del convenio con el MESCYT (financiado de este proyecto), era previsible que el tiempo acordado no era suficiente para las actividades y que era necesario realizar en el proyecto. Dada esta situación hemos continuado con los trabajos sin aún materializarse una extensión de plazo lo cual es necesario realizar.

En las labores que se siguen realizando están el establecimiento de los huertos regionales de progenies en el Jardín Botánico de Santiago, dos en Hato Damas en San Cristóbal, Sabana Mula en Las Matas de Farfán y otro en Damajagua Adentro, Jánico, Santiago. Por la escasez de lluvia falta por establecer otro en Santiago Rodríguez (Línea Noroeste).



Localización geográfica de las zonas de muestreo de Caoba Criolla.

Provincia	Municipio	Localización	Zona UTM	Easting	Northing	Elevación (MSNM)
Santiago	Jánico	Dicayagua	19	310704	2140736	350
Santiago Rodríguez	Monción	Cacique	19	274415	2154269	425
Puerto Plata	Imbert	Barrabás	19	310178	2185263	167
Españat	Jamao al Norte	El Choco	19	348591	2169740	121
Hato Mayor	Los Hatillos	Guayabo Dulce	19	476193	2072847	85
Monte Plata	Boyá	Salto Socoa	19	423626	2087461	170
Azua	Peralta	Majagual	19	309323	2052375	410
San Juan de la Maguana	Juan de Herrera	Maguana Arriba	19	262763	2096495	630

Abajo Finca La Famosa - San Cristobal
Plantación de Caoba



Evaluación del volumen y captura de carbono mediante método no-destructivo en bosques de caoba criolla (*Swietenia mahagoni*) en la República Dominicana.

Inventario de rodales y procesamiento de datos

1. Medición del volumen y densidad básica de árboles muestra.

2. Muestreo

Desde el centro, siguiendo las direcciones norte, este, sur y oeste, se marcaron los 8 árboles más cercanos al eje de cada cuadrante para un total de 16 árboles/parcela. Se codificó cada árbol y se midieron las variables alométricas (DAP y altura), utilizando un CRITERION RD1000. Siguiendo lo sugerido por Rodríguez, et al., (2010), se midieron los diámetros superiores. El diámetro en el fuste principal de cada árbol muestra, medido cada 1/10 de la altura del árbol, serán utilizados para estimar su volumen, empleando las ecuaciones de Newton (Husch et al., 2003).

a. Densidad Específica de las muestras

Se estimó la densidad básica de la madera a partir de muestras extraídas con un taladro de incremento marca Haglof, a la altura del DAP. Las muestras fueron preservadas en envases herméticos y posteriormente se secaron en horno a temperatura entre 80 y 105 °C durante 24 horas. Esas mismas muestras han sido almacenadas bajo ambiente controlado para su análisis físico-químico, especialmente la fracción de

carbono, en un laboratorio especializado en estos tipos de análisis.

Datos recolectados en cada provincia.

Santiago

En la provincia de Santiago, se eligió una plantación de caoba criolla localizada en la sección de *Dicayagua*, del municipio de Jánico. Esta plantación fue realizada en 1982-83 con un marco de plantación aproximado de 5 x 5 metros. De todos los rodales estudiados, este es el único que se le conoce la edad, que equivale a una edad de 33 años. El incremento promedio anual del diámetro a 1.3 m sobre el nivel del suelo (DAP) ha sido de 0.70 cm; el IPA en altura total es de 0.35 m; y el IPA en volumen, de 0.004 m³. El diámetro promedio del rodal es de 23 cm y la altura promedio es de 11.62 m. Los árboles de caoba aquí son achaparrados y las especies acompañantes incluyen Quiebra Hacha, Pino Macho, Palma Cana y Aroma. La tabla de rodal y existencia para esta plantación y los datos alométricos levantados sirvieron de base para el desarrollo de las ecuaciones de volumen, biomasa y carbono cuyos resultados se resumen en la Tabla 2.

Santiago Rodríguez

En la sección de Cacique, Monción se encontró un rodal natural de caoba criolla, donde se realizaron los protocolos de medición, inventario forestal y la extracción de tarugos para obtención de la densidad y concentración de carbono. El diámetro promedio del rodal es de 18.23 cm y la altura



Árbol Nacional
CAOBA CRIOLLA
swietenia mahagoni
Endémica

promedio es de 8.25 m. Este es un bosque natural mixto de latifoliadas, donde la pendiente es suave y no mayor al 5%. Los suelos son limosos con piedras calizas y se ven pocos indicios de erosión. La densidad en número de árboles por hectárea es de alrededor de 1,228 árboles. La regeneración de árboles maderables es abundante. La vegetación acompañante es: Jaiquí, Uvero, Cigua Amarilla, Almácigo, Cabra Prieta, Guano, Palo Blanco, Campeche, Pinillo, Escobón, Palo Barraco y Paría. En la tabla 2 se resumen los resultados de volumen, biomasa y carbono capturado.

Puerto Plata

En la sección *Barrabás* del municipio de Imbert se encontró un rodal natural de caoba criolla. Las caobas aquí tienen mayores dimensiones que las encontradas en Santiago y Santiago Rodríguez y se encuentran en grupos y dispersas. Aquí también se encuentra un árbol insignia de caoba por sus dimensiones, y que ha hecho del lugar una atracción ecoturística. El diámetro promedio del rodal es de 44.86 cm y la altura promedio es de 14.26 m. La pendiente es prácticamente plana y el sotobosque es en un 95% de hierbas.

Espailat

En el *Choco*, a unos pocos kilómetros al sur de la cabecera municipal de Jamao al Norte, trabajamos en un rodal natural de caoba criolla. El tipo de terreno es alomado y en el sotobosque se encuentran arbustos y pastos. Esta es una finca ganadera privada que pertenece a la familia Lara. Las caobas criollas son abundantes en las lomas, aunque su fenotipo

no es sobresaliente. El diámetro promedio del rodal es de 21.26 cm y la altura promedio es de 10.61 m.

Hato Mayor

En esta provincia se localizó un rodal abierto de caoba criolla, en la finca ganadera del Sr. Miguel Morales. La comunidad es *Los Hatillos*, y el sector donde se evaluaron las caobas se conoce como *Naranja Dulce*. El terreno donde se encontró el rodal es prácticamente plano. En el sotobosque se encuentran hierbas altas y pastos. Los árboles son grandes en el fuste, con un diámetro promedio del rodal es de 31.39 cm y la altura promedio es de 10.53 m.

Monte Plata

Aquí se localizó un rodal mixto de latifoliadas con una densidad alta de caobas criollas, cerca del salto Socoa, Boyá. Las caobas aquí, aunque de dimensiones medianas, son bien formadas y las posibilidades de encontrar árboles plus para fines de mejoramiento genético son altas. El terreno donde se encontró el rodal tiene una vegetación acompañante espesa, con pendientes moderadas. En el sotobosque se encuentran arbustos y regeneración de especies leñosas. Los árboles tienen un diámetro promedio de 13.34 cm y la altura promedio es de 9.27 m.



Azua

Se localizó un rodal mixto de latifoliadas con una densidad apropiada de caobas criollas, en la comunidad de *Majagual*, municipio Peralta. Las caobas aquí, aunque de dimensiones grandes en DAP, son achaparradas. El terreno donde se encontró el rodal tiene una vegetación acompañante poco densa, y las pendientes son pronunciadas. En el sotobosque se encuentran arbustos. Los árboles tienen un diámetro promedio de 34.04 cm y la altura promedio es de 10.64 m.

San Juan de la Maguana

Un rodal que resultó ser el mejor rodal de caobas criollas de las 8 provincias visitadas, este se localizó en la comunidad de *Maguana Arriba*, municipio Juan de Herrera. Las cualidades fenotípicas son las mejores observadas en conjunto. Las caobas aquí, lucen esbeltas, altas y con fuste limpio hasta alturas de 5 metros, en promedio. El terreno donde se encontró el rodal está en el centro de la comunidad de Maguana Arriba y no tiene vegetación acompañante. Las pendientes son poco pronunciadas. Los árboles tienen un diámetro promedio de 41.10 cm y la altura promedio es de 17.76 m. En la tabla 2 se resumen los resultados de volumen, biomasa y carbono capturado.



Resumen de captura de CO2 equivalente en las ocho provincias.

Provincia	DAP Prom. de la muestra	Altura promedio de la muestra	Número de árboles en la muestra	Árboles por hectárea	Área Basal	Volúmen estimado	Densidad promedio madera en la muestra	Biomasa seca en fuste	Biomasa seca en área	CO2 eq**
	(cm)	(m)	(N)	(N/Ha.)	(M ² /Ha.)	(M ³ /Ha.)	(Ton/M ³)	(Ton/Ha)	(Ton/Ha)	(Ton/Ha)
Santiago/ Dicayagua	23.01	11.21	16	189	8.30	22.59	0.564	13.24	19.86	36.45
Santiago Rodríguez / Cacique	18.33	8.24	15	119	3.45	7.97	0.541	4.37	6.59	12.03
Puerto Plata / Imbert	23.01	10.17	7	184	30.49	70.45	0.540	39.31	56.97	108.21
Españat / James el Norte	21.25	10.80	16	166	8.80	21.93	0.579	13.12	19.68	36.12
Hato Mayor / Los Hatillos	31.39	10.50	13	685	37.84	70.00	0.516	36.05	54.07	99.22
Monte Plata / Boyá Socos	13.34	9.30	16	499	7.61	18.39	0.492	9.64	14.45	26.52
Abas / Peralta	34.04	10.64	7	300	19.87	59.72	0.429	166.70	250.05	458.83
San Juan de la Maguana / Arriba	41.10	17.76	14	185	25.53	67.36	0.440	281.92	392.36	720.93
Promedio	25.68	11.10	13	278.36	17.71	42.38	0.52	68.04	102.07	187.29

***Asumiendo una fracción de carbono del 50%.*

b. Resumen de captura de dióxido de carbono equivalente (CO₂ Eq).

La cantidad máxima de CO₂ Equivalente capturada fue encontrada en el rodal localizado en Maguana Arriba. Este rodal tiene la particularidad de que sus árboles son los de mayores dimensiones, con un DAP promedio por hectárea de 41.10 cm y una altura promedio de 17.76 m. Como no se conoce la edad del rodal, es difícil calcular el incremento promedio anual de sus variables alométricas y se dificulta proyectar un comportamiento de captura. Este rodal al momento de la medición tiene capturado unos 720.93 toneladas por hectárea (Ton/Ha) de CO₂ eq.

Obviamente existe una relación entre las dimensiones de los árboles y la densidad en términos de árboles por hectárea. Así encontramos que en términos de captura el promedio es de 187.29 Ton/Ha, y en orden descendente, al rodal de San Juan de la Maguana le sigue Azua con 458.83 Ton/Ha, seguido de Puerto Plata (108.21), Hato Mayor (99.22), Santiago (36.45), Espaillat (36.12), Monte Plata (26.52) y por último, Santiago Rodríguez (12.03).

En una segunda etapa donde sería necesario realiza un muestreo destructivo. El objetivo es cortar en cada uno de los ocho rodales analizados hasta el momento, por lo menos dos árboles y pesar cada uno de los componentes para así poder obtener los factores de expansión de biomasa (FEB) del fuste al árbol completo (parte aérea). Hasta ahora se ha asumido un FEB de 1.5. Además, hace falta realizar el análisis de la concentración de carbono. Cada muestra de hojas, ramas y fuste debe ser tratada, secada a horno y analizada para su contenido molecular de carbono.

c. Relaciones alométricas

Alometría global

Para las relaciones alométricas global de todas las poblaciones, fueron agrupados los datos de los ocho rodales estudiados. Procediéndose a explorar gráficamente los datos como punto de partida para el análisis estadístico. Esta etapa consiste en estudiar visualmente las relaciones entre las variables para tener una idea del tipo de modelo que se debería ajustar. Estos gráficos sólo pueden elaborarse para un máximo de dos variables al mismo tiempo. Luego se proyectaron dos variables: la variable explicativa que en nuestro caso corresponden al DAP, la altura, las transformaciones correspondientes y las combinaciones de estas; y la variable dependiente que corresponde a la biomasa seca del fuste (BSF). Los modelos se componen de dos términos: la media y el error (o residuo). La exploración gráfica pretende precisar al mismo tiempo la forma de la relación promedio y aquella del error, pero sin preocuparse del valor de los parámetros del modelo (ésta será la etapa siguiente del ajuste del modelo). La relación puede ser lineal o no lineal, linealizable o no; el error residual puede ser aditivo o multiplicativo, de varianza constante (homocedasticidad) o no (heterocedasticidad) (Picard, N.; Saint-André, L.; y Henry, M., 2012).



Exploración de la relación entre variables

La exploración de las variables nos da una idea de que modelos se pueden ajustar para que se cumplan los postulados del análisis de regresión. En la Figura 1 se muestra la relación entre DAP y la BSF. Claramente se puede notar que la relación no es lineal, pero más importante que existe heterocedasticidad.

Después de realizadas unas series de gráficas, como son: Relación entre DAP y BSF, entre DAP² y BSF de los datos colectados de caoba criolla. En la primera relación si se eleva la variable DAP al cuadrado y se explora su relación con la biomasa seca total del fuste (Figura 2), se encuentra que la relación se vuelve lineal pero la varianza del error sigue presentando problemas de heterocedasticidad.

Comparado con un modelo de biomasa de dos entradas usando el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (H), la cantidad D2H (variables combinadas) constituye una aproximación del volumen del tronco sin considerar el coeficiente de forma, y puede usarse por tanto como variable explicativa sintética. La nube de puntos de la biomasa en función de D2H se muestra en la Figura 1.

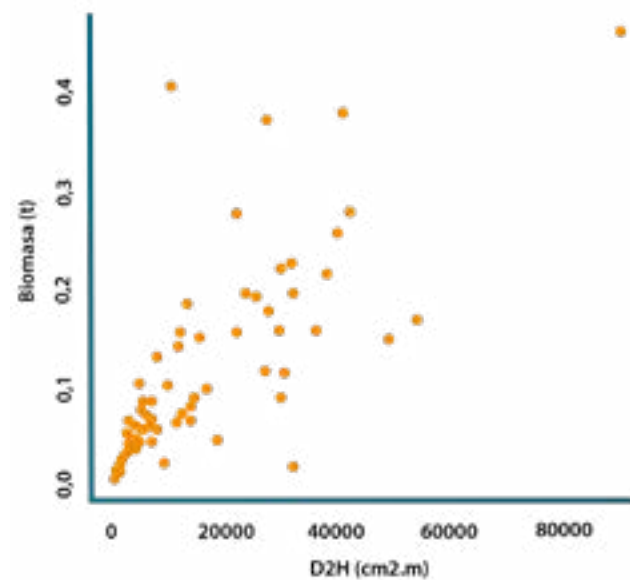


Figura 1. Nube de puntos de la biomasa seca total (toneladas) en función de D2H, donde D es el diámetro a la altura del pecho (cm) y H la altura (m) para los 103 árboles de caoba criolla medidos en la investigación.





La nube de puntos de la biomasa en función de D2H (Figura 1) muestra una relación que es lineal, pero al igual que con la variable DAP2, la presencia de heterocedasticidad es bien fuerte. Procedimos a explorar la relación biomasa–DAP, utilizando la transformación logarítmica simultánea del diámetro y la biomasa. El gráfico de la nube de puntos de datos transformados logarítmicamente se observa en la Figura 2.

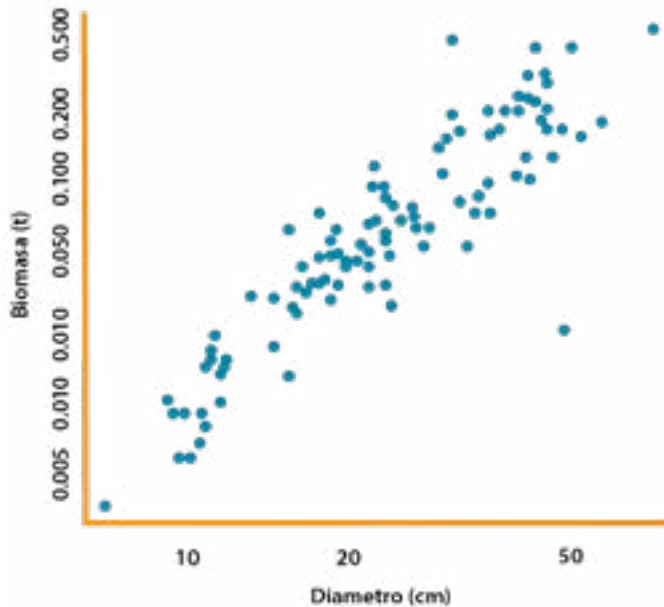


Figura 2. Relación entre las variables DAP y BSF transformadas logarítmicamente en datos colectados de 103 árboles de caoba criolla.

En esta oportunidad, la nube de puntos resultante no muestra problemas de linealización ni de heterocedasticidad. La transformación logarítmica simultánea de BSF y DAP linealizó la relación y muestra la forma de una recta y la varianza de $\ln(B)$ no varía con $\ln(DAP)$.

También se pudo verificar por el comportamiento de la relación entre BSF y DAP2 después de haber sido transformadas logarítmicamente. No hay patrones discernibles de heterocedasticidad (Figura 3) y la relación es lineal.

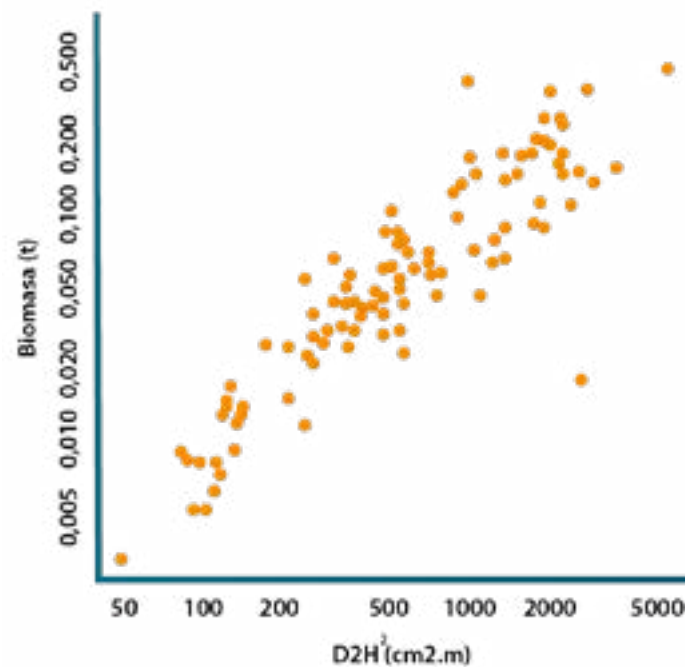


Figura 3. Relación entre las variables DAP2 y BSF transformadas logarítmicamente en datos colectados de 103 árboles de caoba criolla.



Otra posibilidad es la de explorar la relación biomasa–D2H, utilizando la transformación logarítmica simultánea de esta variable combinada y la biomasa. El gráfico de la nube de puntos de datos transformados logarítmicamente se observa en la Figura 4.

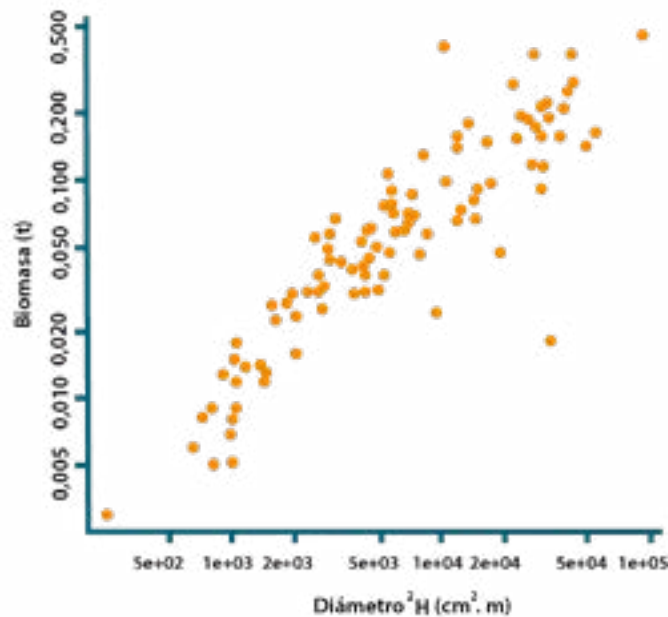


Figura 4. Nube de puntos (datos transformados logarítmicamente) de la biomasa seca total, del fuste (toneladas) en función de D2H, donde D es el diámetro a la altura del pecho (cm) y H la altura (m) para los 103 árboles de caoba criolla medidos en 8 provincias de República Dominicana.

Al igual que en el caso de la transformación logarítmica simultánea de BSF y DAP, y de la transformación logarítmica simultánea de BSF y DAP2, la nube de puntos resultante de la transformación logarítmica simultánea de BSF y D2H, no muestra problemas mayores de linealización ni de heterocedasticidad.

De manera que procederemos a ajustar modelos con BSF como variable dependiente para cada una de las variables explicativas DAP, DAP2, y DAP2*H, considerando que mientras más sencillo el modelo, mejor es su utilización para estimar y predecir. Los tres modelos apropiados para ajustar serían entonces:

$$(BSF) = a + b \ln(DAP) + \xi \quad (1)$$

$$(BSF) = a + b \ln(DAP^2) + \xi \quad (2)$$

$$(BSF) = a + b \ln(DAP^2 \cdot H) + \xi \quad (3)$$

Para los tres modelos la varianza del error es:

$$V(3) = \sigma^2$$

De los tres modelos contendientes, se escogerá y propondrá para su uso en estimar la biomasa seca del fuste de caoba, aquella ecuación alométrica que presente los mejores estadígrafos indicadores de ajuste a los datos.

d. Modelo alométrico (1) entre $\ln(BSF)$ y $\ln(DAP)$

Al explorar la relación entre el logaritmo de la biomasa seca del fuste (BSF) y el diámetro normal (DAP) comprobamos que esta era lineal, con una varianza de $\ln(BSF)$ que era aproximativamente constante. Se procedió a ajustar una regresión lineal simple para predecir $\ln(BSF)$ en función de $\ln(DAP)$. La ecuación de esta relación es la del numeral (1)



indicada más arriba. Los resultados de ajustar el modelo (1) indican que la desviación estándar residual es 0.0488, el coeficiente de determinación (R2) es 0.8087 y el modelo es altamente significativo (prueba de Fisher: $F_{1,101} = 426.9$, y un valor p (p-value) $< 2.2e-16$. Los valores de los coeficientes se dan en la Tabla 3, a continuación:

Tabla 3. Valores de parámetros estimados y estadísticos para la relación entre $\ln(\text{BSF})$ y $\ln(\text{DAP})$

Estimador	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr(> t)
Intercepto (a)	-8.96164	0.29394	-30.49	$<2e-16^{***}$
Log (DAP2)	0.95387	0.04617	20.66	$<2e-16^{***}$

Codificación de la significancia de parámetros estimados: 0 **** 0.001
 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 ' ' 1

Expresando estos resultados en función de los datos originales, la ecuación para predecir la BSF global para la caoba criolla sería:

$$\text{BSF caoba criolla} = e^{-8.96164} \text{DAP}^{1.9077427}$$

Comprobamos gráficamente que se verifiquen las hipótesis de la regresión lineal de ausencia de patrones en el gráfico de residuos versus valores ajustados y de la ausencia de heterocedasticidad. La Figura 5 nos muestra estas comprobaciones.

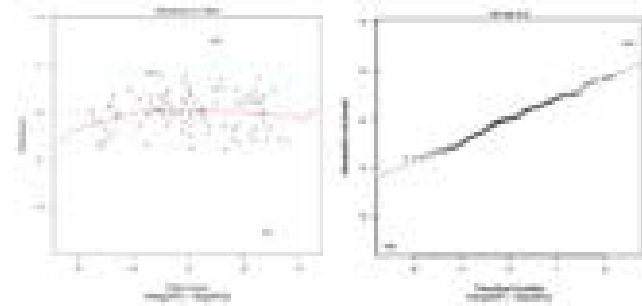


Figura 5. Gráfico de los residuos en función de los valores predichos (a la izquierda) y gráfico cuantil-cuantil (a la derecha) de los residuos de la regresión lineal simple de $\ln(\text{BSF})$ con respecto a $\ln(\text{DAP})$ ajustada a los 103 árboles medidos por los consultores en caoba criolla.

Aunque se notan dos valores extremos, tanto el gráfico de residuos versus valores estimados como el gráfico cuantil-cuantil, no presentan patrones anormales y podemos considerar que las hipótesis de la regresión lineal simple se han respetado como corresponde para el modelo (1).

Modelo alométrico (2) entre $\ln(\text{BSF})$ y $\ln(\text{DAP}2)$

En la Figura 3, se explora la relación entre las variables $\text{DAP}2$ y BSF transformadas logarítmicamente para los datos colectados de 103 árboles de caoba criolla. Pudimos comprobar que la relación logarítmica de estas dos variables es también lineal y que no existen indicios mayores de heterocedasticidad. De manera que procedimos, como en el caso anterior, a ajustar una regresión lineal simple para predecir $\ln(\text{BSF})$ en función de $\ln(\text{DAP}2)$, utilizando el modelo del numeral (2) indicado más arriba.



Los resultados de ajustar el modelo (2) muestran que los estadígrafos y el análisis residual son idénticos a los correspondientes del análisis anterior, cuando la variable explicativa fue el DAP. La desviación estándar residual es $\hat{\sigma} = 0.488$, el coeficiente de determinación (R^2) es igual también (0.8087) y el modelo es altamente significativo (prueba de Fisher: $F_{1,101} = 426.9$, y un valor p (p-value) $< 2.2e-16$). Los valores de los coeficientes se dan en la Tabla 4, a continuación. La única diferencia entre estos dos modelos la encontramos en el coeficiente de la variable explicativa DAP2 y su error estándar.

Tabla 4. Valores de parámetros estimados y estadísticos para la relación entre $\ln(BSF)$ y $\ln(DAP2)$

Estimador	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr(> t)
Intercepto (a)	-8.96164	0.29394	-30.49	<2e-16***
Log (DAP2)	0.95387	0.04617	20.66	<2e-16***

Expresando estos resultados en función de los datos originales, la ecuación para predecir la BSF global para la caoba criolla sería:

$$BSF \text{ caoba criolla} = e^{-8.96164 DAP^{1.90774}} 27$$

La Figura 6 nos muestra las comprobaciones de ausencia de patrones en el gráfico de residuos versus valores ajustados y la ausencia de heterocedasticidad.

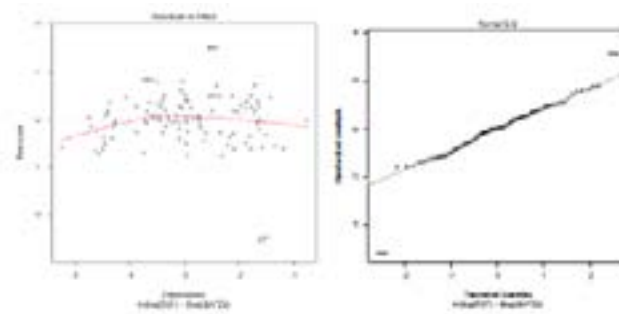


Figura 6. Gráfico de los residuos en función de los valores predichos (a la izquierda) y gráfico cuantil-cuantil (a la derecha) de los residuos de la regresión lineal simple de $\ln(BSF)$ con respecto a $\ln(DAP2)$ ajustada a los 103 árboles medidos por los consultores en caoba criolla.

Modelo alométrico (3) entre $\ln(BSF)$ y $\ln(DAP2H)$

Finalmente, se procedió a ajustar el modelo alométrico (3) que describe la relación logarítmica entre BSF y la variable combinada D2H. La nube de puntos (datos transformados logarítmicamente) de la biomasa seca total, del fuste (toneladas) en función de D2H, donde D es el diámetro a la altura del pecho (cm) y la altura (m) nos mostró que, para los 103 árboles de caoba criolla, la transformación logarítmica simultánea de BSF y D2H, no tiene indicios de problemas mayores de linealización ni de heterocedasticidad.

Al ajustar el modelo (3) se obtienen los estadígrafos y residuales presentados a continuación:

La desviación estándar residual es $\hat{\sigma} = 0.483$; el coeficiente de determinación (R^2) es ligeramente mayor, con un valor de 0.8094. El estadístico F es 428.8 con 1 y 101 grados de libertad y el valor P (p-value) es $< 2.2e-16$. Los coeficientes de los parámetros estimados con sus estadísticos correspondientes se presentan en la Tabla 5.



Tabla 5. Valores de parámetros estimados y estadísticos para la relación entre $\ln(\text{BSF})$ y $\ln(\text{DAP2H})$

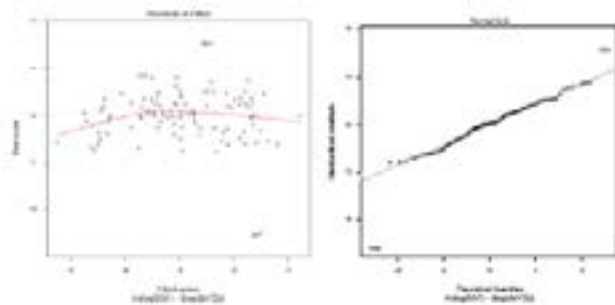
Estimador	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr(> t)
Intercepto (a)	-9.6917	0.3281	-29.54	<2e-16***
Log (DAP2H)	0.95387	0.7765	20.71	<2e-16***

Codificación de la significancia de parámetros estimados: 0 ****
0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 ' ' 1

Expresando estos resultados en función de los datos originales, la ecuación para predecir la BSF global para la caoba criolla sería:

$$\text{BSF caoba criolla} = e^{-9.6917 (\text{DAP2H})^{0.7765}}$$

La Figura 6 nos muestra las comprobaciones de ausencia de patrones en el gráfico de residuos versus valores ajustados y la ausencia de heterocedasticidad.



La Figura 7 nos muestra las comprobaciones de ausencia de patrones significantes en el gráfico de residuos versus valores ajustados y la ausencia de heterocedasticidad. El gráfico cuantil-cuantil muestra un poco de sesgo al inicio de la distribución.

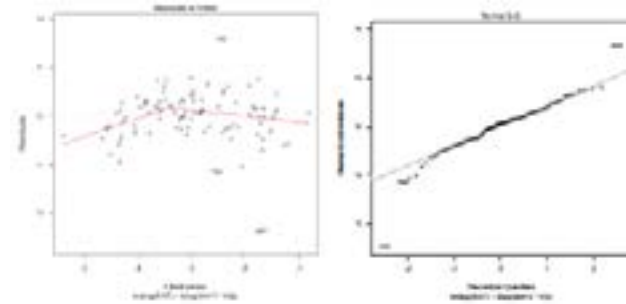


Figura 7. Gráfico de los residuos en función de los valores predichos (a la izquierda) y gráfico cuantil-cuantil (a la derecha) de los residuos de la regresión lineal simple de $\ln(\text{BSF})$ con respecto a $\ln(\text{DAP2H})$ ajustada a los 103 árboles medidos por los consultores en caoba criolla.

Tabla 22. Estadísticos de Residuales para los modelos considerados en la estimación de parámetros para explicar la variable biomasa seca global del fuste en caoba criolla en ocho provincias de la República Dominicana (BSF).

Modelo	Mínimo	Primer Cuartil (1Q)	Mediana	Tercer Cuartil (3Q)	Máximo
(1)	-2.47242	-0.26915	0.01502	0.27998	1.50908
(2)	-2.47242	-0.26915	0.01502	0.27998	1.50908
(3)	-2.34537	-0.20342	0.06113	0.27998	1.00029

Tabla 22

Discusión y conclusión

Captura de carbono

La cantidad máxima de CO₂ Equivalente capturada fue encontrada en el rodal localizado en Maguana Arriba. Este rodal tiene la particularidad de que sus árboles son los de mayores dimensiones, con un DAP promedio por hectárea de 41.10 cm y una altura promedio de 17.76 m. Como no



se conoce la edad del rodal, es difícil calcular el incremento promedio anual de sus variables alométricas y se dificulta proyectar un comportamiento de captura. Este rodal al momento de la medición tiene capturado unos 720.93 toneladas por hectárea (Ton/Ha) de CO₂ eq.

Obviamente existe una relación entre las dimensiones de los árboles y la densidad en términos de árboles por hectárea. La biomasa seca del fuste y por tanto la cantidad de CO₂ EQ capturado estuvo correlacionada significativamente con el diámetro normal (DAP), la altura total (H), el área basal (G), el volumen (V) y la densidad de la madera (D). Los valores correspondientes del coeficiente de correlación de Pearson fueron, respectivamente 0.87, 0.83, 0.38, 0.59, y -0.81. Así encontramos que en términos de captura el promedio es de 187.29 Ton/Ha, y en orden descendente, al rodal de San Juan de la Maguana le sigue Azua con 458.83 Ton/Ha, seguido de Puerto Plata (108.21), Hato Mayor (99.22), Santiago (36.45), Espaillat (36.12), Monte Plata (26.52) y por último, Santiago Rodríguez (12.03).

Alometría

Considerando de manera global los datos colectados en los 103 árboles utilizados para el ajuste de modelos alométricos, podemos considerar que cualquiera de los tres (1), (2), y (3), pueden ser utilizados para predecir la biomasa seca del fuste de la caoba criolla. Sin embargo, después de examinar los residuos y los gráficos de comprobación de las hipótesis de la regresión, el modelo (3) presento cualidades ligeramente menores de ajuste, con una mediana de los residuos que es, en términos porcentuales 307 veces mayor que la de los modelos (1) y (2).

Los modelos (1) y (2) resultaron con cantidades similares en los residuales, de manera que proponemos para un uso global de estimar la biomasa seca del fuste el modelo más sencillo considerado que corresponde al modelo (1). La ecuación sería:

$$BSF_{caoba\ criolla} = e^{-8.96164(DAP)} 1.90774$$

Una vez estimada la biomasa seca del fuste de un árbol individual de caoba, el valor resultante deberá ser multiplicado por el factor de expansión de la biomasa del fuste a la biomasa aérea del árbol (relación que debe ser desarrollada por muestreo destructivo), para obtener la biomasa seca aérea del árbol. Este valor a su vez debe ser multiplicado por la concentración de carbono de la especie que preliminarmente ha sido calculada en aproximadamente un 47%. Para convertir a dióxido de carbono equivalente (CO₂ EQ), el resultado anterior debe ser multiplicado por el factor reportado en la literatura de 3.67.

Para predecir el CO₂ equivalente por unidad de área (Hectárea) se emplearía una tabla de rodal y existencia, como se muestra en la primera parte de este informe final. El desarrollo de la tabla de rodal y existencia requiere que se establezcan parcelas para estimar variables de interés como arboles por hectárea, marcas de clase de DAP, que se desarrollen ecuaciones para la estimación de la altura total a partir del DAP, y ecuaciones para volumen. Además, se requiere que se mida la densidad promedio de los árboles en inventario. Una vez se dispone de los datos para cada una de las variables, se puede aplicar la ecuación de biomasa desarrollada aquí para estimar la misma correspondiente a cada clase diamétrica.



Se aplican los valores correspondientes a la concentración de carbono y el factor 3.67 y se totaliza el valor encontrado en cada clase para obtener el CO₂ Eq capturado en la hectárea.

Uso de las ecuaciones

Con el modelo de biomasa ya ajustado, hay diversos usos posibles para realizar predicciones, siendo el interés particular de esta investigación, predecir la biomasa de árboles individuales de caoba criolla.

Antes de usar cualquier modelo hay que cerciorarse que las características del árbol cuyo volumen o biomasa queremos predecir estén dentro del ámbito de validez del modelo (Rykiel, 1996). Si un modelo de volumen o de biomasa fue ajustado para árboles de diámetro comprendido entre un mínimo y máximo, en principio no es posible usar ese modelo para predecir la biomasa de un árbol de diámetro inferior a ese mínimo o superior a ese máximo. Lo mismo es válido para todas las entradas del modelo. Sin embargo, no todos los modelos están sujetos a los mismos errores cuando se los extrapola fuera de su ámbito de validez. Los modelos de potencia siguen siendo, en general, extrapolables con una buena fiabilidad fuera de su ámbito de validez porque estas relaciones de potencia se basan en un modelo alométrico fractal que es invariante a todas las escalas (Zianis & Mencuccini, 2004). Por el contrario, los modelos de tipo polinomial presentan con frecuencia comportamientos anormales fuera de su ámbito de validez (valores predichos negativos, por ejemplo), y mucho más aún a medida que aumenta el grado del polinomio.

Referencias bibliográficas

Cunia, T. 1965. Some theory on reliability of volume estimates in a forest inventory sample. *Forest Science*, 11(1): 115–128. 188

Henry, M., Picard, N., Trotta, C., Manlay, R., Valentini, R., Bernoux, M. & Saint-André, L. 2011. Estimating tree biomass of sub-Saharan African forests: a review of available allometric equations. *Silva Fennica*, 45(3B): 477–569. 40, 105, 189, 190

Rykiel, E.J.J. 1996. Testing ecological models: the meaning of validation. *Ecological Modelling*, 90: 229–244. 175, 176

Zianis, D. & Mencuccini, M. 2004. On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and Management*, 187(2-3): 311–332. 24, 175

Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. & Mencuccini, M. 2005. Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. *Silva Fennica Monographs No. 4*. Vantaa, Finland, The Finnish Society of Forest Science and The Finnish Forest Research Institute. 63 pp. 24, 40, 105 34



Informe de ingresos y egresos proyecto de mitigación y reforestación Punta Catalina, Baní.

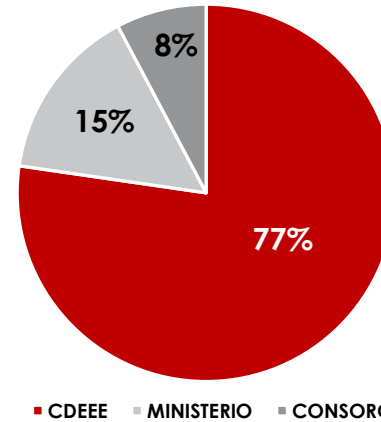
Resultado General

El monto establecido para los 5 años del proyecto de la Caoba Dominicana para mitigar los efectos ambientales de las plantas a carbón de Punta catalina, asciende a un total de **RD\$113,849,732**. El aporte mayoritario es de La Corporación de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE) con un 77% de participación, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales 15%, y el Consorcio Dominicano de la Caoba con 8%.

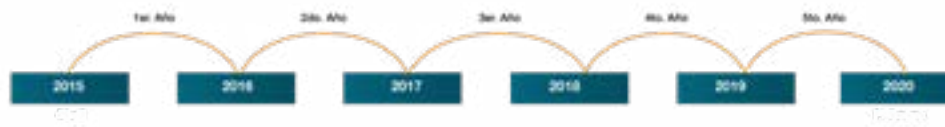
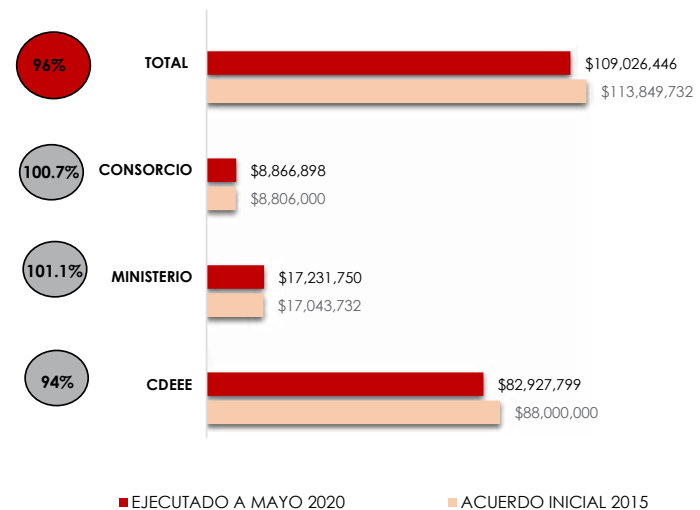
Durante los cinco años del proyecto (Marzo 2015 a Mayo 2020), se ejecutó el **96%** del total presupuestado.

La ejecución de los fondos según sus aportantes, indica que la Corporación de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE) **94%** con **RD\$ 82,27,798.50**, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en esta etapa inicial **2015-2018** ejecutó el **101.1%** de sus fondos con un total de **RD\$17,231,750**, La y el Consorcio Dominicano de la Caoba un **100.7%** con **RD\$8,806.897.53**.

PARTICIPACIÓN POR INTEGRANTE
PROYECTO DE MITIGACIÓN Y REFORESTACION PLANTAS A CARBON-PUNTA CATALINA,BANI



PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO POR PARTICIPANTES 2015-2020
PROYECTO DE MITIGACIÓN Y REFORESTACION PLANTAS A CARBON
PUNTA CATALINA,BANI



RESULTADOS POR PARTICIPANTE

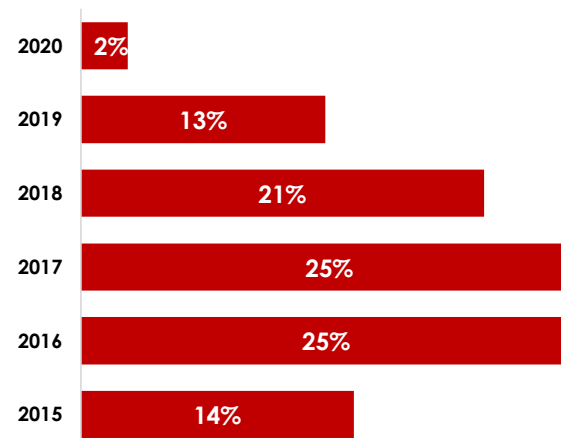


Aportes CDEEE

Ingresos / Desembolsos

De los fondos recibidos de La Corporación de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE) se han recibido un total 22 desembolsos con un valor total a Mayo 2020 de **RD\$82,805.644.30** que corresponden a un 94% del aporte programado de **RD\$88,000.000.00** para los cinco años del proyecto.

Del total de desembolsos, el **14%** fue recibido en el año 2015, un **25%** en el año 2016 y 2017, **21%** durante el año 2018, **13%** en el 2019 y finalmente el **2%** restante en el año 2020



Desembolsos CDEEE				
Año	No.Desembolso	Fecha de desembolso	Desembolsos	Total por año
2015	1	01-05-15	9,056,198.95	11,562,147.42
	2	06-10-15	1,050,220.34	
	3	15-11-15	1,455,728.13	
2016	4	06-01-16	1,026,764.24	20,782,076.58
	5	04-03-16	1,427,655.57	
	6	15-04-16	1,165,805.39	
	7	08-06-16	6,147,747.89	
	8	23-08-16	6,118,648.79	
	9	30-11-16	4,895,454.70	
2017	10	16-02-17	4,432,003.29	21,051,735.60
	11	04-05-17	4,558,787.19	
	12	14-07-17	4,511,722.01	
	13	20-10-17	4,808,859.12	
	14	28-12-17	2,740,363.99	
2018	15	27-03-18	5,144,987.47	17,070,082.74
	16	21-06-18	5,999,265.68	
	17	02-10-18	5,925,829.59	
2019	18	14-01-19	2,395,612.61	10,358,698.88
	19	14-03-19	2,545,640.26	
	20	19-06-19	2,833,486.01	
	21	19-06-19	2,583,960.00	
2020	22	01-03-20	1,980,903.08	1,980,903.08

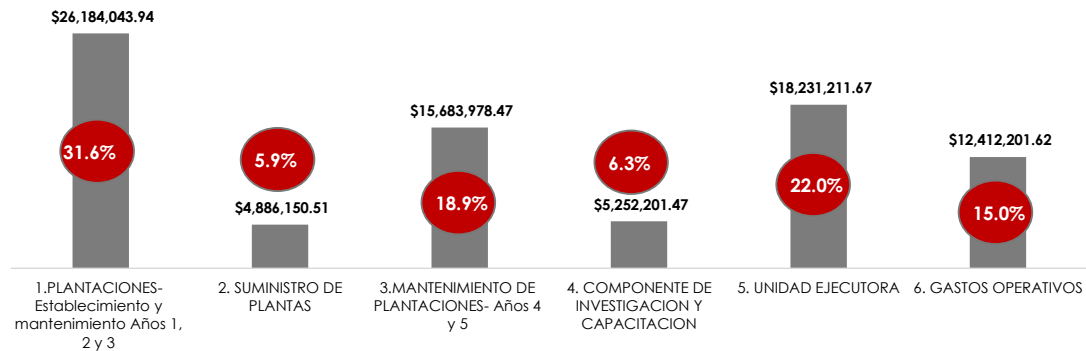
Total desembolsos a mayo 2020 **82,805,644.30**

Egresos / Ejecución Presupuestaria

CONCADOM -CDEEE UNIFICADO 2015-2020

PARTIDAS PRESUPUESTARIAS										
Año	1.PLANTACIONES- Establecimiento y mantenimiento Años 1, 2 y 3	2. SUMINISTRO DE PLANTAS	3.MANTENIMIENTO DE PLANTACIONES- Años 4 y 5	4. COMPONENTE DE INVESTIGACION Y CAPACITACION	5. UNIDAD EJECUTORA	6. GASTOS OPERATIVOS	GASTOS FINANCIEROS	GASTOS SIN CLASIFICAR	TOTAL GENERAL	% Part. x año
2015	\$ 3,130,815.98	\$ 1,835,040.00		\$ 2,000,165.04	\$ 1,007,853.95	\$ 3,545,056.25	\$ 20,317.95		\$ 11,539,249.17	14%
2016	\$ 9,808,578.50	\$ 273,676.29		\$ 2,510,907.93	\$ 5,161,070.73	\$ 2,170,342.07	\$ 41,932.53		\$ 19,966,508.05	24%
2017	\$ 11,975,117.27	\$ 155,372.44		\$ 86,499.04	\$ 4,648,576.96	\$ 2,224,444.24	\$ 60,231.75		\$ 19,150,241.70	23%
2018	\$ 1,269,532.19	\$ 2,004,061.78	\$ 9,597,849.16	\$ 435,078.62	\$ 4,271,052.33	\$ 2,229,374.44	\$ 44,542.81		\$ 19,851,491.33	24%
2019		\$ 618,000.00	\$ 5,179,967.46	\$ 219,550.84	\$ 2,550,631.66	\$ 1,840,063.19	\$ 24,047.08		\$ 10,432,260.23	13%
2020			\$ 906,161.85		\$ 592,026.04	\$ 402,921.43	\$ 7,512.70	\$ 79,426.00	\$ 1,988,048.02	2%
Total	\$ 26,184,043.94	\$ 4,886,150.51	\$ 15,683,978.47	\$ 5,252,201.47	\$ 18,231,211.67	\$ 12,412,201.62	\$ 198,584.82	\$ 79,426.00	\$ 82,927,798.50	100%
% Part.	31.6%	5.9%	18.9%	6.3%	22.0%	15.0%	0.2%	0.1%	100%	0%

Participación por partidas presupuestarias CONCADOM 2015-2020



La mitad de la ejecución presupuestaria **50,5%**, fue destinada a las plantaciones y sus implicaciones, en los primeros 3 años con el establecimiento e inicios del mantenimiento de las plantaciones con una participación del **31,6%** (Partida 1) y posteriormente para los años 4 y 5 el mantenimiento de las mismas con una participación del **18,9%** (Partida 3). Otras partidas presupuestarias fueron la unidad ejecutora con **22%** (Partida 5), el componente de investigación y capacitación **6,3%** (Partida 4) y los gastos financieros con **0,2%**.

Los años de mayor concentración de ejecución con un **24%** de participación cada uno fueron el año **2016** y el **2018**, seguidos con **23%** el **2017**, **14%** el **2015**, **13%** el **2019** y **2%** el **2020** hasta mayo.

CONCADOM -CDEEE
UNIFICADO DESGLOSADO 2015-2020

PARTIDAS GENERALES	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Total general
1.PLANTACIONES---Establecimiento y mantenimiento Años 1, 2 y 3	3,130,815.98	9,808,578.50	11,975,117.27	1,269,532.19			26,184,043.94
Compra de fundas plásticas		68,416.40	13,990.00				82,406.40
Compra fertilizantes	3,000.00	90,417.33					93,417.33
Equipos para mantenimiento de plantaciones	136,284.35	324,785.77					461,070.12
Mantenimiento de plantaciones	62,361.36	26,947.08	290,524.41	19,312.00			399,144.85
Rotulaciones camiones y letreros	61,000.00						61,000.00
Sueldos reforestación	2,814,420.27	9,142,402.76	11,670,602.86	1,250,220.19			24,877,646.08
Uniformes e implementos jornaleros	53,750.00	155,609.16					209,359.16
2. SUMINISTRO DE PLANTAS	1,835,040.00	273,676.29	155,372.44	2,004,061.78	618,000.00		4,886,150.51
2 Camiónes	1,835,040.00						1,835,040.00
Costo de producción o compra de plantas				2,004,061.78	618,000.00		2,622,061.78
Transporte de plantas y personal		273,676.29	155,372.44				429,048.73
3.MANTENIMIENTO DE PLANTACIONES- Años 4 y 5				9,597,849.16	5,179,967.46	906,161.85	15,683,978.47
Compra de fundas plásticas				10,800.00			10,800.00
Mantenimiento de plantaciones				5,421,162.94			5,421,162.94
Sueldo de mantenimiento				3,173,527.76	4,621,461.59	791,511.33	8,586,500.68
Sueldos reforestación				606,406.90			606,406.90
Técnico de campo en mantenimiento de las plantaciones				385,951.56	558,505.87	114,650.52	1,059,107.95
4. COMPONENTE DE INVESTIGACION Y CAPACITACION	2,000,165.04	2,510,907.93	86,499.04	435,078.62	219,550.84		5,252,201.47
2 Camionetas 4 x 4	1,963,530.00						1,963,530.00
Consultores mejoramiento genético		110,051.87					110,051.87
Consultoría control de plagas				44,847.46	118,644.06		163,491.52
Elaboración de memoria documentada s/proy reforestación				65,000.00			65,000.00
Producción clonal de plantas		1,387,148.26					1,387,148.26
Publicaciones de resultados		366,076.24	47,500.00				413,576.24
Técnico de investigación y capacitación	36,635.04	624,985.56	38,999.04				700,619.64
Técnico huertos de procedencia		22,646.00		302,720.34	100,906.78		426,273.12
Gastos brindis				22,510.82			22,510.82
5. UNIDAD EJECUTORA	1,007,853.95	5,161,070.73	4,648,576.96	4,271,052.33	2,550,631.66	592,026.04	18,231,211.67
Compra de computadoras	282,600.32						282,600.32
Equipamiento de Oficina	269,916.99						269,916.99
Material gastable	59,882.58	158,510.13	71,890.00	40,000.00			330,282.71
Mobiliario de oficina	85,041.72						85,041.72
Otros gastos:(bancancarios, representación, etc)		6,712.60	12,540.00	-			19,252.60
Pago alquiler oficina/local	57,500.00	138,000.00	179,500.00	110,000.00	144,500.00	46,000.00	675,500.00
Técnico de campo en mantenimiento de las plantaciones		387,847.38	420,383.56	114,650.52			922,881.46
Unidad Ejecutora	252,912.34	4,470,000.62	3,964,263.40	4,006,401.81	2,406,131.66	546,026.04	15,645,735.87
6. GASTOS OPERATIVOS	3,545,056.25	2,170,342.07	2,224,444.24	2,229,374.44	1,840,063.19	482,347.43	12,491,627.62
1 Camioneta 4 x 4	2,772,000.00						2,772,000.00
Adquisición de camisetas				35,400.00			35,400.00
Adquisición de gorras				35,311.50			35,311.50
Adquisición de neumáticos				65,145.43			65,145.43
Combustible	386,800.00	1,086,273.44	1,053,500.00	881,000.00	545,873.00	90,550.00	4,043,996.44
Gomas y mantenimiento	386,256.25	1,084,068.63	1,170,944.24	1,107,133.01	401,195.17	117,138.60	4,266,735.90
Material gastable y de limpieza				8,000.00	64,000.00	-	72,000.00
Pago de impuestos				18,000.00		40,000.00	58,000.00
Polizas de seguros para vehículos y marbetes					321,704.72		321,704.72
Reparación de vehículos				49,884.50	361,544.70	146,232.83	557,662.03
Señalética de viveros y proyectos de Caoba				29,500.00	70,705.60		100,205.60
Servicios notariales					67,000.00	9,000.00	76,000.00
Gastos operativos						79,426.00	79,426.00
Peajes					8,040.00		8,040.00
7.GASTOS FINANCIEROS	20,317.95	41,932.53	60,231.75	44,542.81	24,047.08	7,512.70	198,584.82
Gastos financieros	20,317.95	41,932.53	60,231.75	44,542.81	24,047.08	7,512.70	198,584.82
TOTAL	11,539,249.17	19,966,508.05	19,150,241.70	19,851,491.33	10,432,260.23	1,988,048.02	82,927,798.50

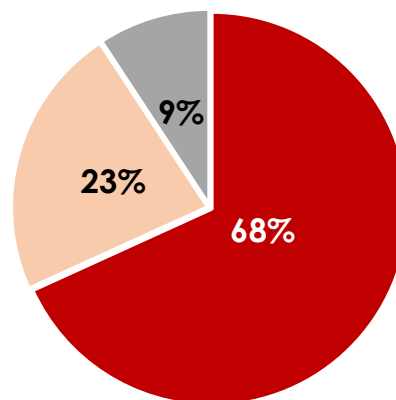
Ejecución Financiera

Consortio de la Caoba Dominicana (CONCADOM)

Ejecución de Proyecto Programa Forestal de Manejo y Mitigación Ambiental del Proyecto Central Termoeléctrica Punta Catalina, Bani, Provincia Peravia

%	Ejecución Financiera	Total	2015	2016	2017	2018	2019	2020 (Enero-Mayo)
68%	Gastos Generales de Personal	56,560,664.40	3,035,509.99	14,804,805.17	15,252,930.90	14,452,929.68	7,563,018.50	1,451,470.16
23%	Gastos Operacionales	18,694,201.74	1,131,376.59	4,861,133.11	3,897,310.80	5,398,561.65	2,869,241.73	536,577.86
9%	Bienes Muebles, Inmuebles e Intangibles	7,672,932.74	7,372,362.97	300,569.77	-	-	-	-
100%	Total de Ejecución Financiera	82,927,798.88	11,539,249.55	19,966,508.05	19,150,241.70	19,851,491.33	10,432,260.23	1,988,048.02

DEPOSITO CDEE	82,805,644.30	
INTERESES GENERADOS POR CTA CTE	69,798.96	
Total de Ingresos	82,875,443.26	
	82,927,798.88	EJECUCION
-	52,355.62	DISPONIBILIDAD SEGÚN EJECUCION
	10,665.00	DISPONIBILIDAD AL 30-05-2020
-	63,020.62	DIFERENCIA



- Gastos Generales de Personal
- Gastos Operacionales
- Bienes Muebles, Inmuebles e Intangibles

Aportes Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales



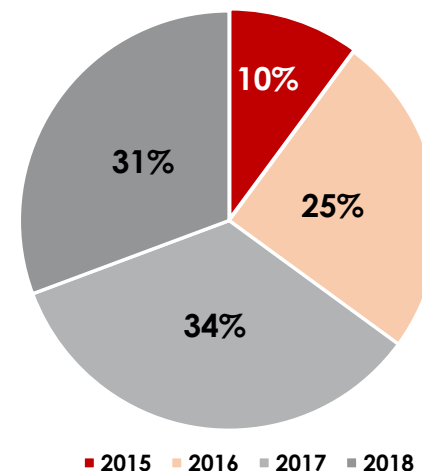
AÑO	CANTIDAD DE PLANTAS	PRECIO POR PLANTA	VALORIZACIÓN TOTAL POR AÑO	% PART.
2015	139,520	\$ 12.50	\$ 1,744,000.00	10%
2016	343,510		\$ 4,293,875.00	25%
2017	472,610		\$ 5,907,625.00	34%
2018	422,900		\$ 5,286,250.00	31%
Total	1,378,540	\$ 12.50	\$ 17,231,750.00	100%

Nota: El total plantado del proyecto corresponde a 1,588,540 plantas. Los aportantes son el Ministerio con 1,378,540 plantas y 210,000 plantas aporte con fondos del consorcio

El Ministerio de Medio Ambiente entregó durante los años 2015 al 2018 un total de **1,378,540** plantas valorizadas en **RD\$17,231,750.00** (Las plantas fueron calculadas con un precio promedio de RD\$12,50 por unidad) y un total de **481** órdenes de retiro gestionadas en el Ministerio. El año **2017** fue el año con mayor aporte al proyecto con un **34%** de participación del total, seguido del año **2018** con **31%**, año **2016** con **25%** y el año inicial **2015** con **10%**.

Participación de aportes por Año

AÑO	CANTIDAD DE ORDENES DE RETIRO POR AÑO
2015	114
2016	102
2017	136
2018	129
Total	481



Registro de órdenes de retiro plantas por año

Aportes Consorcio Concadom

CONCADOM-CONSORCIO 2015-2020

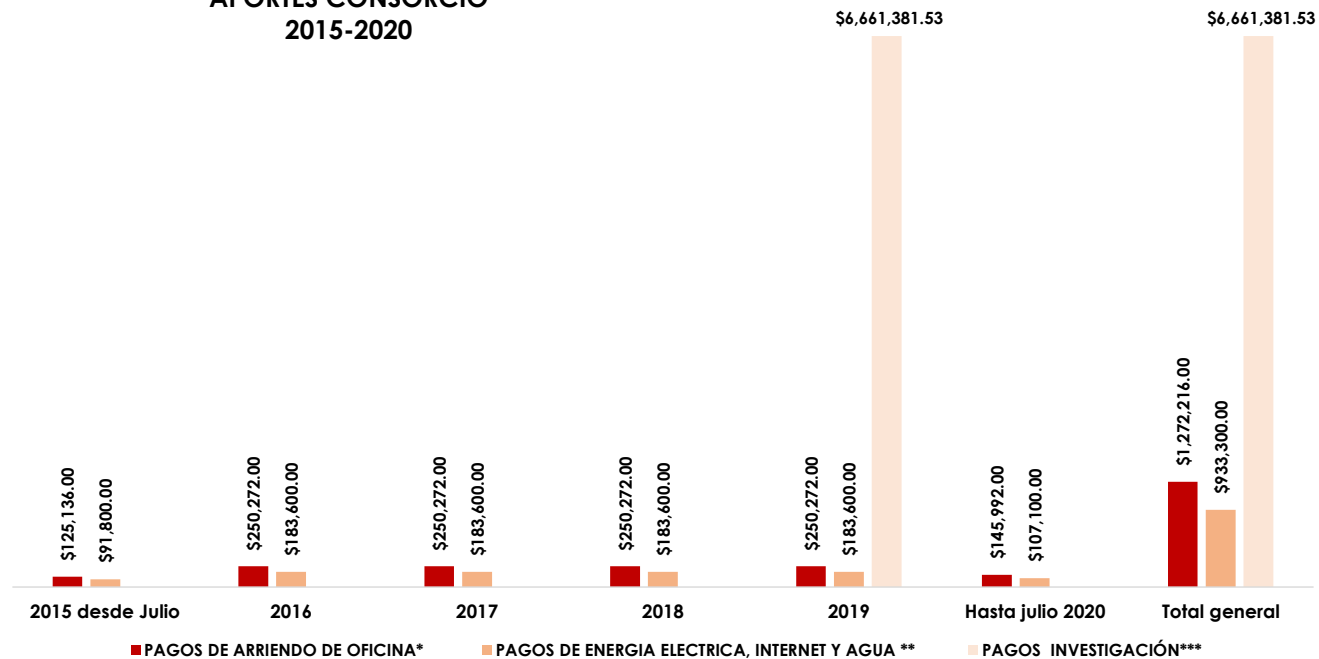
PAGOS REALIZADOS				
AÑO	PAGOS DE ARRIENDO DE OFICINA*	PAGOS DE ENERGIA ELECTRICA, INTERNET Y AGUA **	PAGOS INVESTIGACIÓN***	TOTAL GENERAL
2015 desde Julio	\$ 125,136.00	\$ 91,800.00		\$ 216,936.00
2016	\$ 250,272.00	\$ 183,600.00		\$ 433,872.00
2017	\$ 250,272.00	\$ 183,600.00		\$ 433,872.00
2018	\$ 250,272.00	\$ 183,600.00		\$ 433,872.00
2019	\$ 250,272.00	\$ 183,600.00	\$ 6,661,381.53	\$ 7,095,253.53
Hasta julio 2020	\$ 145,992.00	\$ 107,100.00		\$ 253,092.00
Total general	\$ 1,272,216.00	\$ 933,300.00	\$ 6,661,381.53	\$ 8,866,897.53
% Participación	14%	11%	75%	100%

*Arriendo estimado de oficina con un 60% que corresponde a RD\$ 20,856 del total del pago mensual de RD\$ 34,760

**Pago energía, internet y agua con un 50% que corresponde a RD\$15,300 del promedio de pago mensual es servicios total promedio mensual de \$30,600

***Pago Investigación: Selección, clonación y Silvicultura intensiva de Genotipos Superiores de Swietenia Mahagoni Jacq. En República Dominicana.

APORTES CONSORCIO 2015-2020



El mayor aporte del consorcio con un **75% (RD\$6,661,381.53)**, corresponden a pagos por investigación realizada sobre : Establecimiento de Ensayos de Procedencia/Progenie De Swietenia Mahagoni (L.) Jacquin En República Dominicana, seguido por un **14% (RD\$ 1,272,216.00)**, en gastos de arriendo y **11% (RD\$933,300.00)** que corresponden a pagos de servicios.



*“La República Dominicana tiene en la Caoba
una fuente de riqueza para impulsar su futuro”.*

Ing. Forestal Cornelio

