

EVALUACIÓN CONTENIDO DE BIOMASA Y CARBONO EN COBERTURA DE NO BOSQUE

REPÚBLICA DOMINICANA
NOVIEMBRE 2018

INFORME FINAL DE LA CONSULTORÍA:

“Evaluación del contenido de biomasa y carbono en cobertura de no bosque (café-*Coffea sp*, cacao-*Theobroma cacao*, aguacate-*Persea americana*, mango-*Mangifera indica*, coco-*Cocos nucifera*, pastura y matorral seco) en República Dominicana”

Elaborado por:

Rolando Cerda, Alejandra Ospina, Eduardo Corrales, Diego Delgado, Abel Hernandez,
Carlos Rivas, Eduardo Somarriba, Miguel Cifuentes

NOVIEMBRE 2018

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS	7
3. METODOLOGÍA	8
3.1 Metodología para la planificación de los muestreos de campo y bases de datos	8
3.1.1 Contratación de personal para la consultoría	8
Personal del CATIE	8
Personal de AGROFORSA	8
3.1.2 Evento de entrenamiento a las cuadrillas	8
3.1.3 Protocolos y formularios para mediciones	8
3.1.4 Análisis de laboratorio	10
3.1.5 Proceso de digitación y monitoreo de base de datos	10
3.1.6 Reporte de unidades de muestreo (UM) visitadas-registradas y utilizadas para el análisis	10
3.1.7 Entrega de base de datos, formularios en papel, y formularios y fotos en digital	13
3.2 Metodología para las estimaciones de existencias de biomasa, carbono y CO_{2eq}	13
3.2.1 Estimación de biomasa aérea	13
3.2.2 Estimación de biomasa en raíces	16
3.2.3 Estimación de biomasa en hojarasca	16
3.2.4 Estimación de biomasa en madera muerta	17
3.2.5 Estimación de carbono y CO_{2eq} en biomásas aérea, raíces, hojarasca y madera muerta	17
3.2.6 Estimación de carbono y CO_{2eq} en suelo	18
3.3 Metodología para el procesamiento de datos e interpretación de los resultados	18
Densidades y medidas dasométricas para reflejar la estructura de las coberturas y carbono almacenado	18
Análisis de incertidumbre actual, y número de muestras necesarias para una incertidumbre <15%	18
4. RESULTADOS	20
4.1 AGUACATE	20
4.1.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación	20
4.1.2 Biomasa y carbono total y por componentes	20
4.1.3 Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente	22
4.2 CACAO	23
4.2.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación	23
4.2.2 Biomasa y carbono total y por componentes	23
4.2.3 Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente	25
4.3 CAFÉ	26
4.3.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación	26

4.3.2	Biomasa y carbono total y por componentes	26
4.3.3	Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente	28
4.4	COCO	29
4.4.1	Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación.....	29
4.4.2	Biomasa y carbono total y por componentes	29
4.4.3	Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente	31
4.5	MANGO	32
4.5.1	Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación.....	32
4.5.2	Biomasa y carbono total y por componentes	32
4.5.3	Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente	34
4.6	MATORRAL SECO	35
4.6.1	Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación.....	35
4.6.2	Biomasa y carbono total y por componentes	35
4.6.3	Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente	37
4.7	PASTO	38
4.7.1	Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación.....	38
4.7.2	Biomasa y carbono total y por componentes	38
4.7.3	Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente	40
4.8	COMPARACIONES DEL CARBONO ALMACENADO EN LAS COBERTURAS NO BOSQUE ...	41
4.8.1	Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en el suelo entre coberturas de No Bosque.....	42
4.8.2	Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en la biomasa aérea entre coberturas de No Bosque	43
4.8.3	Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en las raíces entre coberturas de No Bosque.....	44
4.8.4	Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en la hojarasca entre coberturas de No Bosque.....	45
4.8.5	Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en la madera muerta entre coberturas de No Bosque.....	46
5.	CONCLUSIONES	47
6.	RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LAS ESTIMACIONES EN FUTUROS INVENTARIOS EN COBERTURAS NO BOSQUE	48
7.	LECCIONES Y RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA LOGÍSTICA DE CAMPO EN LOS INVENTARIOS Y EN GENERAL EL AVANCE DE ESTE TIPO DE CONSULTORÍAS	49
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
9.	ANEXOS	52
	ANEXO 1. Personal de CATIE y AGROFORSA SRL para la consultoría.....	53
	ANEXO 2. Memoria del evento de entrenamiento a cuadrillas	56
	ANEXO 3. Altura, diámetros de copa y área de copa de árboles de cultivos principales y de otros árboles (diferentes al cultivo) presentes en las coberturas de No Bosque	61

ANEXO 4. Lista de especies leñosas (diámetro de tronco > 2cm) inventariadas en coberturas de No Bosque	62
ANEXO 5. Estado general de la vegetación leñosa de coberturas de No Bosque	67
ANEXO 6. Datos de la regeneración arbórea natural, vegetación herbácea, y arbustos, lianas y bambú en las coberturas de No Bosque	68
ANEXO 7. Contenido de carbono en los componentes de cada parcela (unidad de muestreo) de coberturas No Bosque	69

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto “Preparación para REDD+ (Desarrollo de Capacidades de Actores Involucrados en el Uso y Cambio del Uso de la Tierra en la República Dominicana)” del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Banco Mundial, contrató los servicios del consorcio CATIE-AGROFORSA SRL para desarrollar la consultoría “Evaluación del contenido de biomasa y carbono en cobertura de No Bosque (café-*Coffea sp*, cacao-*Theobroma cacao*, aguacate-*Persea americana*, mango-*Mangifera indica*, coco-*Cocos nucifera*, pastura y matorral seco) en República Dominicana”. Esta evaluación se denomina también Inventario Nacional Carbono en Coberturas de No Bosque (INCNB), e involucra a los tipos de cobertura (plantaciones) No Bosque de importancia para REDD+. El objetivo principal de este trabajo fue estimar y evaluar la biomasa, carbono y CO_{2eq} en los componentes: suelo, biomasa aérea, raíces, hojarasca y madera muerta de las coberturas No Bosque. Los fines que persigue el proyecto “Preparación para REDD+” con los resultados de esta consultoría son complementar el inventario nacional forestal (bosque), y generar la información requerida para estimar los factores de emisión relacionados a los cambios hacia o desde los usos del suelo de No Bosque.

El consorcio CATIE-AGROFORSA SRL siguió metodologías respaldadas por el IPCC para los inventarios y buenas prácticas para la estimación de la biomasa, carbono y CO_{2eq}. Los trabajos de campo y revisión de avances fueron coordinados con la Unidad Técnicas de Gestión (UTG) y la Unidad de Monitoreo Forestal (UMF) del Ministerio. La ubicación GPS de las unidades de muestreo (UM) de las coberturas No Bosque fueron provistas por la UMF, y el consorcio desarrolló los inventarios de campo siguiendo la metodología sugerida en el “Manual de campo”, provisto por la UTG (parcelas anidadas dentro de una unidad de muestreo de 20x50m). Las ecuaciones alométricas que se usaron para estimaciones de biomasa fueron consensuadas entre el consorcio, la UTG y la UMF después de una presentación de avances de resultados. Las estimaciones de biomasa, carbono y CO_{2eq} se hicieron siguiendo metodologías del manual “Estimación del carbono a partir de inventarios forestales nacionales: Buenas prácticas para la recolección, manejo y análisis de datos” del CATIE (Casanoves *et al.*, 2017), que también se ha aplicado para inventarios en otros países.

Las estimaciones revelan que el almacenamiento de carbono total en plantaciones de coco es 282 ton/ha, en aguacate 213 ton/ha, en café 203 ton/ha, en cacao 196 ton/ha, en matorral seco 178 ton/ha, en pasto 142 ton/ha, y en mango 111 ton/ha. Los componentes que más carbono almacenan en todas las coberturas de No Bosque son el suelo y la biomasa aérea. El suelo (a 30 cm de profundidad) almacena entre el 70 y 90% y la biomasa aérea almacena entre el 8 y 27% del carbono total en todas las plantaciones. Las plantaciones de coco tienen el primer lugar en carbono total solo gracias al gran contenido de carbono en sus suelos, mientras que las de aguacate, cacao y café son las que más carbono almacenan en biomasa aérea y en raíces. El carbono en la hojarasca y la madera muerta es bajo en todas las coberturas de No Bosque. El carbono en madera muerta es el más insignificante (<1% del total). En este informe se presentan promedios y varianzas de los datos de biomasa, carbono y CO_{2eq} en todos los componentes, incluyendo carbono almacenado por clases diamétricas en la vegetación de las coberturas de No Bosque.

Las plantaciones que están en mejor estado fitosanitario y ausencia de daños son las de aguacate, mango, pastos y matorrales secos (≈20% de los árboles tienen signos o síntomas); las plantaciones de cacao tienen un estado regular (45% con hongos y 18% con daños); y las plantaciones de café y coco están en mal estado (≈40% presentan signos de hongos, y ≈70% tienen daños). Esas dos últimas son las más susceptibles a reducciones de carbono en la biomasa aérea, ya sea por muerte de plantas o por cambios de uso de la tierra.

Las estimaciones de carbono en todos los componentes, y en todas las coberturas de No Bosque, tienen incertidumbres mayores a la deseada (<15%). Las incertidumbres más importantes a considerar son las del suelo y la biomasa aérea, por su magnitud y potencial de cambio. En ambos componentes, las plantaciones de cacao, café y coco son las que menos incertidumbre presentan (<30%). En el suelo, las plantaciones de mango y aguacate son las que tienen más incertidumbre (50-60%). En la biomasa aérea, los que tienen más incertidumbre son mango y matorral (≈40%), y aún más el pasto (78%).

Este es un estudio pionero que, en este informe final, contribuye con recomendaciones importantes para futuros inventarios, entre las cuales se encuentran sugerencias del número de UM deseado por tipo de cobertura para reducir incertidumbres, y también recomendaciones de tipo logístico y lecciones aprendidas que mejorarían la eficiencia de los inventarios en tiempo y recursos (últimas secciones del informe).



1. INTRODUCCIÓN

La República Dominicana es parte de los países que están implementando acciones orientadas a reducir la deforestación y degradación de bosques y recursos naturales. En ese sentido, varios ministerios del país ejecutan proyectos dedicados a crear condiciones REDD+. Uno de ellos, es el proyecto “Preparación para REDD+ (Desarrollo de Capacidades de Actores Involucrados en el Uso y Cambio del Uso de la Tierra en la República Dominicana)” del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales el Banco Mundial. Entre los cinco componentes de este proyecto, está un componente dedicado a establecer los niveles de referencia de emisiones, el cual debe desarrollar el inventario nacional forestal del país para estimaciones de biomasa y carbono.

En el país se hizo solo un inventario forestal hace más de 40 años, actualmente se está desarrollando un segundo inventario forestal y se vio la necesidad de desarrollar también un inventario de coberturas de No Bosque. El primer inventario forestal se publicó en 1972 y cubrió un 60% del territorio. El segundo inventario nacional forestal (INF) ya adquiere mayor importancia por su alcance a nivel nacional pues abarca todo el territorio. Además, el proyecto Preparación para REDD+ identificó la necesidad de desarrollar el inventario de biomasa y carbono en coberturas que no clasifican como bosques, y que son importantes por su tipo de vegetación y extensión en el país. Por ejemplo, plantaciones de cacao, café, mango, aguacate, coco y pasturas que se gestionan con fines agropecuarios y que tienen árboles ya sea del cultivo principal o de árboles asociados que se manejan en el mismo terreno (sistemas agroforestales). También están los matorrales secos, que tienen vegetación leñosa de arbustos y de árboles que pueden almacenar cantidades considerables de biomasa. Así, un Inventario Nacional de Carbono en Coberturas No Bosque (INCNB) tiene su justificación en que debe aportar información complementaria al INF. El INCNB debe generar la información de la cantidad de biomasa y almacenamiento de carbono en usos de suelo diferentes a bosque, lo cual también es útil para estimar emisiones de CO_{2eq} que pueden suceder en caso de cambios de uso del suelo, ya sea hacia o desde coberturas de no bosque.

En este contexto, el proyecto Preparación para REDD+, contrató los servicios del consorcio CATIE-AGROFORSA SRL para desarrollar la consultoría “Evaluación del contenido de biomasa y carbono en cobertura de No Bosque (café-*Coffea sp*, cacao-*Theobroma cacao*, aguacate-*Persea americana*, mango-*Mangifera indica*, coco-*Cocos nucifera*, pastura y matorral seco) en República Dominicana”. El CATIE ha desarrollado también inventarios nacionales de otros países latinoamericanos, por lo que aportó con las capacidades y experiencias de sus expertos en el tema, y AGROFORSA SRL como organización local aportó con la ejecución de los inventarios bajo la supervisión de sus expertos. El consorcio inició las actividades en abril de 2018 y presenta este informe final de consultoría en noviembre del mismo año.

Este informe final está elaborado de acuerdo a la estructura sugerida en los términos de referencia de esta consultoría. Previo a este informe, los avances, metodologías usadas para estimaciones y propuestas de presentación de resultados fueron presentados en dos informes escritos, los cuales fueron revisados y aprobados por la Unidad Técnica de Gestión (UTG) y la Unidad de Monitoreo Forestal (UMF) del proyecto “Preparación para REDD+. Las Metodologías de estimación de carbono y resultados preliminares también fueron presentados oralmente en una reunión presencial entre miembros de CATIE-AGROFORSA SRL, de la UTG y de la UMF, y la coordinadora del Proyecto. En ese evento y posteriores comunicaciones vía correo electrónico se hicieron sugerencias a CATIE-AGROFORSA SRL para las estimaciones finales y presentación de resultados, las cuales se aceptaron.

En este informe, en la parte metodológica se enfatiza en cómo se hicieron las selecciones de ecuaciones alométricas y métodos de estimación para cada componente (biomasa aérea, raíces, suelo, hojarasca y madera muerta); en la parte de resultados se presenta una sección específica con información detallada para cada cobertura con los datos de estructura biofísica y estado general, estimaciones e incertidumbres de biomasa y carbono; luego se presenta una sección de comparación de resultados de carbono entre las coberturas de No Bosque; y, finalmente secciones de conclusiones, recomendaciones y lecciones aprendidas que pueden guiar futuros inventarios. Se presenta también una sección con los anexos necesarios para profundizar en datos si el lector lo desea. Aparte del informe, se entrega a la UTG y UMF otros archivos en formato digital, como bases de datos, archivos con estimaciones, formularios y fotos, y otros.



2. OBJETIVOS

Los objetivos aquí descritos son los planteados en los términos de referencia bajo los cuales el consorcio CATIE-AGROFORSA SRL fue contratado por el proyecto Preparación para REDD+:

2.1 Objetivo general

“Evaluar los depósitos de carbono en la biomasa de las tierras de cultivo que contienen vegetación leñosa perenne en la República Dominicana, a fin de complementar la evaluación que se realiza en el Inventario Nacional Forestal, generando la información requerida para estimar los factores de emisión relacionados a los cambios hacia o desde las coberturas de No Bosque (cafetales, cacaotales, coco, mango, aguacate, matorrales secos y pastizales)”.

2.2 Objetivos específicos

- a) Planificar, coordinar y ejecutar el muestreo de campo, según la metodología y el Manual de Campo establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales para la determinación de biomasa y carbono en coberturas de No Bosque.
- b) Realizar los cálculos dasométricos y de existencias asociadas por tipos de cobertura de No Bosque y reservorio de biomasa.
- c) Realizar el procesamiento, análisis e interpretación de los datos levantados.
- d) Elaborar el informe final del INCNB, el cual debe reflejar las existencias, características y estado de los tipos de coberturas de No Bosques muestreados en la República Dominicana.

3. METODOLOGÍA

3.1 Metodología para la planificación de los muestreos de campo y bases de datos

3.1.1 Contratación de personal para la consultoría

Personal del CATIE

El personal de CATIE propuesto para esta consultoría es personal permanente de la institución, por tanto, no requirió de una contratación especial para este trabajo. Los investigadores de CATIE propuestos en la consultoría se mantuvieron para el trabajo, y se añadió un profesional más de la institución para que colabore en el entrenamiento de cuadrillas para levantamientos de campo. En el Anexo1, se presenta los nombres y funciones del personal de CATIE para esta consultoría.

Personal de AGROFORSA

Tres personas de AGROFORSA son personal permanente de esta institución y todos los integrantes de las cuadrillas fueron contratados especialmente para este trabajo de consultoría. Las tres personas permanentes se hicieron cargo de las principales actividades de coordinación del trabajo de campo para los inventarios (Anexo 1). Se contrataron a 12 personas que fueron divididas en tres cuadrillas: cada cuadrilla tuvo un jefe y tres técnicos asistentes de campo (Anexo 1). El jefe de cuadrilla tuvo la responsabilidad de coordinar los recorridos y asuntos técnicos con el personal permanente de AGROFORSA, y de liderar las cuadrillas; los técnicos asistentes colaboraron en todas las labores de mediciones y muestreos. Aunque la mayoría de integrantes de las cuadrillas ya tenían experiencias en inventarios o trabajos similares, todos fueron capacitados en un evento de entrenamiento, y los expertos de AGROFORSA y CATIE con base en lo observado en los días de práctica, seleccionaron de entre todos a los jefes de cuadrilla.

3.1.2 Evento de entrenamiento a las cuadrillas

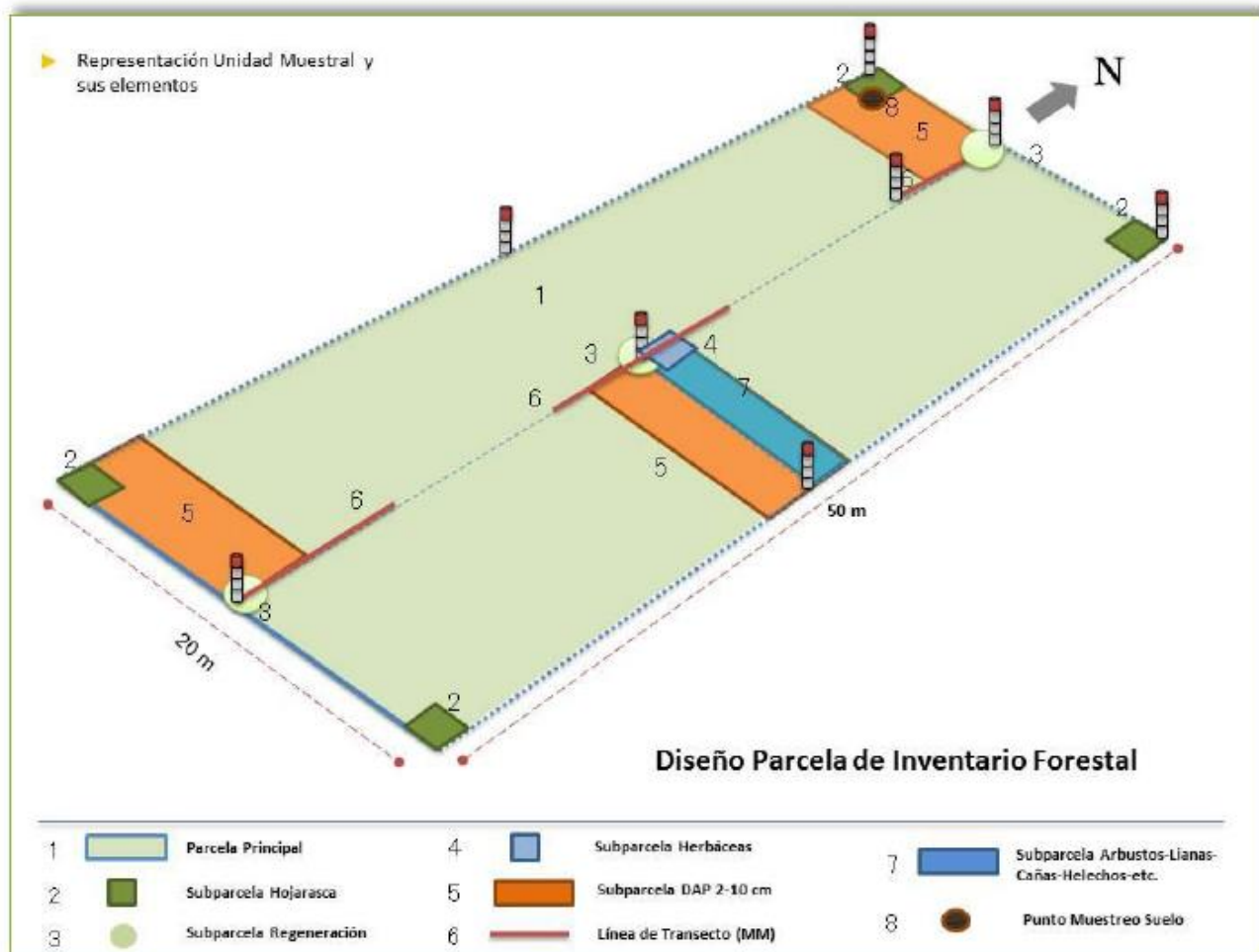
Esta fue la actividad primordial en preparación de los integrantes de las cuadrillas para los inventarios de campo. El evento fue conducido por expertos de CATIE y el experto clave de AGROFORSA. Participaron también los técnicos del ministerio de ambiente que hacen los seguimientos y control de calidad en campo. En este evento se explicó la parte teórica de la metodología de los inventarios, y se hicieron prácticas de campo para hacer las mediciones y muestreos correspondientes. Aparte de entrenar a los participantes, el evento sirvió para conformar cada cuadrilla, identificar (confirmar o cambiar) jefes de cuadrilla de acuerdo a sus capacidades y motivaciones, y hacer la planificación preliminar de los recorridos en las diferentes regiones del país. En el Anexo 2, se presenta una memoria con las principales actividades realizadas en este entrenamiento.

3.1.3 Protocolos y formularios para mediciones

Los expertos del CATIE se basaron en el "Manual de campo" y formularios para la toma de datos entregados por la UTG y UMF del Ministerio de Ambiente (UMF, 2017) para elaborar protocolos específicos de medición en cada tipo de cobertura de No Bosque. Dicho manual sugiere metodologías de mediciones en parcelas anidadas dentro de una unidad de muestreo de 20x50m (Figura 1). Los protocolos involucraron todo lo que se debe medir y que está indicado en el Manual de campo, solamente que se hicieron algunas variaciones en la secuencia de pasos. Se hizo un protocolo para mediciones en mango y aguacate ya que comparten las mismas



mediciones y son los usos donde menos variables se miden; y se hizo un protocolo para cacao, café, coco, matorrales y pasturas, los cuales involucraban la mayoría de mediciones y formularios.



Fuente: Manual de campo: Evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de No Bosque en la República Dominicana (UMF, 2017).

Figura 1. Unidad de muestreo y parcelas anidadas para mediciones y estimación de carbono en coberturas de No Bosque, República Dominicana

Junto con los protocolos, también se prepararon unas “fichas” como guías para las cuadrillas. Esas fichas son documentos cortos (de una o dos páginas) que las cuadrillas pueden consultar antes y durante los inventarios de campo para asegurarse que las mediciones sean bien hechas.

Los expertos de CATIE también hicieron adiciones a los formularios de campo que venían en el Manual de campo. No se hizo ninguna modificación de fondo ni eliminación de variables a medir, solo se hizo adiciones de mediciones en algunos formularios, que luego podrían ser necesarias para estimar biomasa y carbono.

En una carpeta digital se entregan los “Protocolos y Fichas” que usaron las cuadrillas.

En otra carpeta digital “Formularios utilizados” se entregan las versiones finales de formularios que usaron las cuadrillas en el campo.

3.1.4 Análisis de laboratorio

Las muestras de suelo para densidad aparente (peso seco), muestras de suelo para análisis de carbono orgánico y muestras de hojarasca para secado, se entregaron y analizaron en el Laboratorio Agroempresarial Dominicano (LAD), afiliado a la Junta Agroempresarial Dominicana (JAD).

3.1.5 Proceso de digitación y monitoreo de base de datos

Se elaboró un formato de base de datos en formato EXCEL para facilitar la digitación. En ella cada formulario tuvo una hoja de EXCEL específica donde se digitaron los datos. Las columnas están dispuestas de tal forma que luego la exportación de datos a un programa estadístico no tenga problemas.

Ha continuación detallamos el proceso que se siguió con la base de datos:

- La base de datos fue alimentada con datos de los formularios de campo bajo el formato que se hizo y fue aprobado por la UTG en el primer informe de la consultoría
 - El equipo de bioestadística del CATIE dio seguimiento a la digitación de datos cada dos semanas para avisar de posibles errores y corregirlos
 - Cuando se acabó de digitar todos los formularios de unidades de muestreo inventariadas hasta el primer informe de consultoría (48 formularios), el equipo de bioestadística del CATIE hizo una revisión más detallada de todas las columnas de las hojas de datos para: i) detectar errores de digitación y corregirlos, ii) uniformizar la forma de registro de algunos datos importantes (por ejemplo, asegurar buen registro de número de subparcelas)
 - Una vez corregidos algunos errores, el equipo de bioestadística envió la base de datos nuevamente a AGROFORSA, con recomendaciones para que continúen digitando las siguientes tandas de formularios
 - Cuando se completaron todos los inventarios, los datos fueron revisados nuevamente por el equipo de bioestadística
- A los datos con resultados de laboratorio también se les hizo un proceso de revisión: corroboración que los datos de densidad aparente, carbono orgánico del suelo, y humedad de hojarasca sean coherentes; solicitud de revisión o corrección de datos atípicos al laboratorio de suelos de la JAD; una vez hechas las revisiones y correcciones, se procedió con la digitación

3.1.6 Reporte de unidades de muestreo (UM) visitadas-registradas y utilizadas para el análisis

La meta era inventariar 145 unidades de muestreo (UM) y se cumplió, ya que se registraron más UM que 145, aunque la estimación de biomasa y carbono se hizo finalmente con 142 UM. El equipo CATIE-AGROFORSA SRL visitó 157 UM en total (es decir, se llegó hasta los puntos GPS provistos por la unidad de monitoreo forestal –UMF-). Esas 157 UM se hicieron en cuatro fases: abril-mayo, junio-julio, agosto y septiembre de 2018. Además, la UMF proporcionó datos de 4 UM que ellos hicieron en inventarios anteriores para incorporarlas a las estimaciones. Así, en total se registraron 161 UM en la base de datos general. De esas, 17 UM no coincidían con el uso de la tierra supuesto, lo cual fue más crítico en cafetales pues 10 UM de esas (33% de las visitadas) no eran cafetales (algunas fueron cafetal alguna vez y otras eran barbechos desde hace mucho tiempo según lugareños que acompañaron a las cuadrillas). Posiblemente varios de esos cafetales fueron eliminados por la crisis de este cultivo desde hace años. Por esas no coincidencias, se hizo un esfuerzo conjunto con el equipo de la UMF y CATIE-AGROFORSA SRL para salidas de campo extra y completar



cafetales; por eso es que se visitaron 157 UM en total y no solo 145 UM. Hubo otras dos UM, una parcela de coco y una parcela de cacao que no se tomaron en cuenta en los análisis por tener muy poca área y no se podía establecer la parcela de 20x50m propuesto para la UM. Por eso al final se hizo estimaciones y análisis con 142 UM (ver en el Cuadro 1 el detalle de esos números por cada cobertura, y en Cuadro 2 las UM analizadas por región). La ubicación de las 142 UM en el territorio nacional se presenta en la Figura 2.

Cuadro 1. Número de unidades de muestreo (UM) inventariadas y utilizadas para las estimaciones-análisis de carbono en coberturas de No Bosque, República Dominicana (2018)

Cobertura No Bosque	Nro de UM visitadas	Nro de UM por UMF*	Total UM registradas	Nro UM no usadas en análisis**	Nro UM analizadas	Nro UM propuesto en TDR
AGUACATE	8	0	8	0	8	8
CACAO	44	0	44	4	40	40
CAFÉ	31	3	34	10	24	25
COCO	15	0	15	3	12	15
MANGO	7	0	7	0	7	7
MATORRAL SECO	25	0	25	0	25	25
PASTO	27	1	28	2	26	25
Total general	157	4	161	19	142	145

*UMF: Unidad de monitoreo forestal del Ministerio. La UMF proporcionó los datos de esas 4 UM que se incorporaron a las estimaciones y análisis

**No se usaron en el análisis porque la gran mayoría de esas (17) no coincidían con la cobertura (uso de suelo) propuesta y por tanto no se les hizo inventario. De esas, una parcela de coco y una parcela de cacao no se tomaron en cuenta por tener muy poca área y no se podía establecer la parcela de 20x50m propuesto para la UM

Cuadro 2. Número de unidades de muestreo (UM) por regiones (R=6) del país que fueron utilizadas para las estimaciones-análisis de carbono en coberturas de No Bosque, República Dominicana (2018)

Cobertura No Bosque	REGIONES						Total general
	I	II	III	IV	V	VI	
AGUACATE			2	6			8
CACAO	9	24		1	6		40
CAFÉ	4	1	9	7		3	24
COCO		12					12
MANGO				7			7
MATORRAL SECO	2		11	12			25
PASTO	7	4	3	6	5	1	26
Total general	22	41	25	39	11	4	142

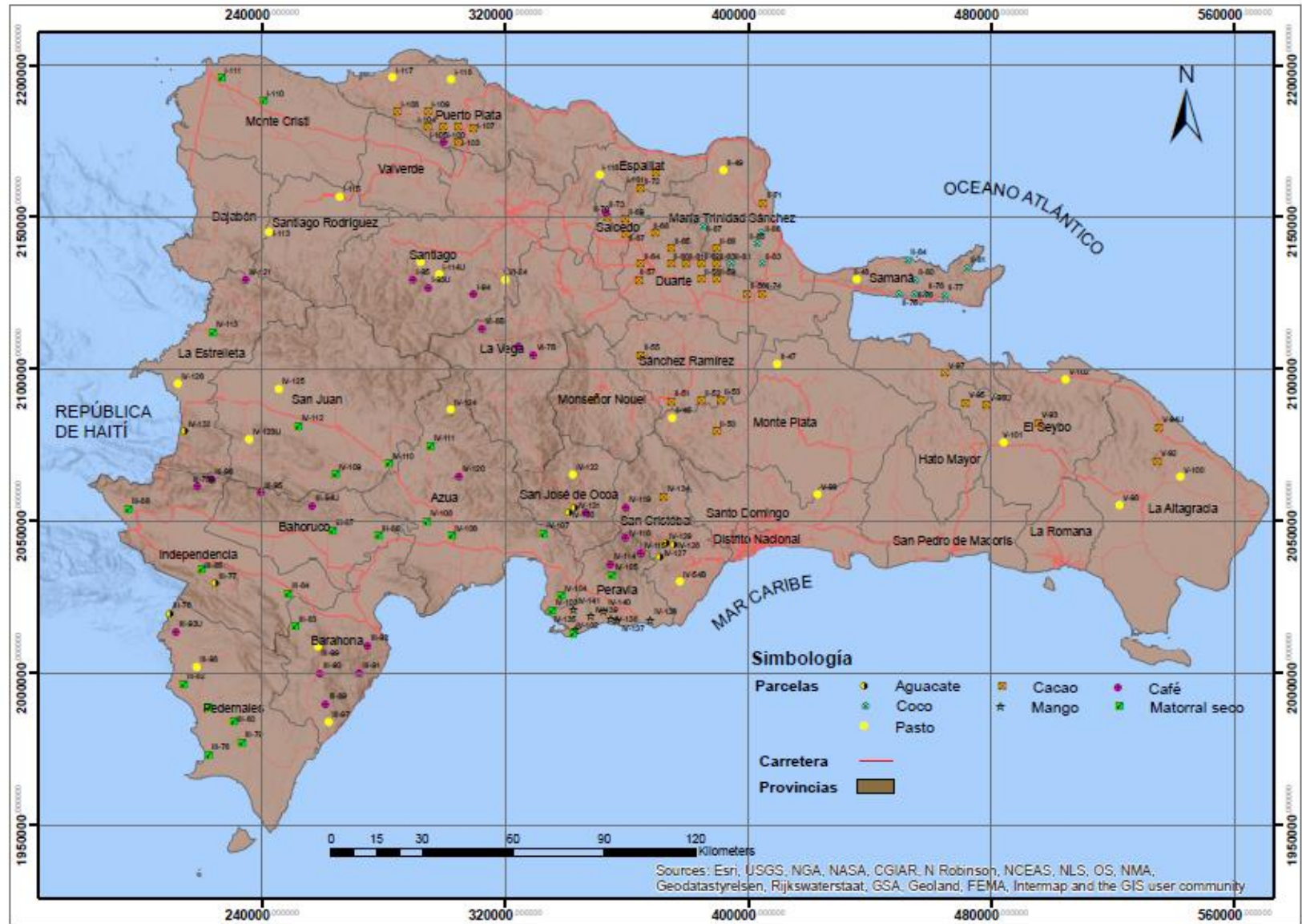


Figura 2. Ubicación de las 142 unidades de muestreo inventariadas y analizadas para la estimación de biomasa, carbono y CO_{2eq} en República Dominicana (2018)

[Handwritten signature]

3.1.7 Entrega de base de datos, formularios en papel, y formularios y fotos en digital

Los formularios en papel llegaron a oficinas de AGROFORSA SRL, allí se usaron para digitar la información en la base de datos, luego se archivaron en folders, y luego fueron escaneados para tenerlos en formato digital. Los jefes de cuadrilla también se encargaron de entregar las fotos digitales de cada UM. Así, con los formularios escaneados y fotos se hizo una carpeta digital para cada UM. Cada carpeta lleva por nombre el número de la unidad de muestreo (compuesto por el número de región y luego el número específico, por ejemplo: II-49). Estas carpetas se entregan con este informe a la UTG y UMF.

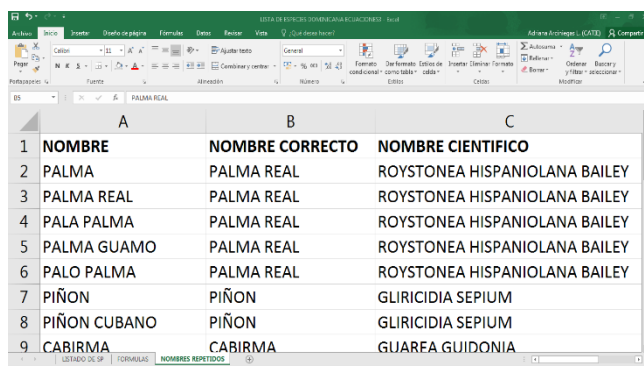
3.2 Metodología para las estimaciones de existencias de biomasa, carbono y CO_{2eq}

Para estimar las existencias de biomasa, carbono y CO_{2eq} en este estudio se utilizaron los procesos detallados en la serie técnica “Estimación del carbono a partir de inventarios forestales nacionales: Buenas prácticas para la recolección, manejo y análisis de datos” (Casanoves *et al.*, 2017). Dichos métodos fueron desarrollados por CATIE en conjunto con FAO y otros socios, siguen las recomendaciones generales de buenas prácticas para la cuantificación de biomasa y carbono y han sido aplicados en varios países de América Latina, como son Ecuador, México y Surinam.

3.2.1 Estimación de biomasa aérea

Se siguieron los siguientes pasos:

- **Uniformización de nombres comunes de las especies encontradas:** a veces la escritura en formularios o en la base de datos en digital puede tener ligeras variaciones en las letras, por ejemplo, se escribió cegro, pero el correcto es cedro; o se escribió piñón cubano y en otros se escribió solo piñón pero son lo mismo, en ese caso uniformizamos a un solo nombre. Entonces, se uniformizó todo eso para evitar duplicaciones innecesarias. Usamos una hoja particular en Excel para eso como se ve en la siguiente imagen, y luego con esa base se corrigió en la base de datos general.



	A	B	C
1	NOMBRE	NOMBRE CORRECTO	NOMBRE CIENTIFICO
2	PALMA	PALMA REAL	ROYSTONEA HISPANIOLANA BAILEY
3	PALMA REAL	PALMA REAL	ROYSTONEA HISPANIOLANA BAILEY
4	PALA PALMA	PALMA REAL	ROYSTONEA HISPANIOLANA BAILEY
5	PALMA GUAMO	PALMA REAL	ROYSTONEA HISPANIOLANA BAILEY
6	PALO PALMA	PALMA REAL	ROYSTONEA HISPANIOLANA BAILEY
7	PIÑON	PIÑON	GLIRICIDIA SEPIUM
8	PIÑON CUBANO	PIÑON	GLIRICIDIA SEPIUM
9	CABIRMA	CABIRMA	GUAREA GUIDONIA

- **Corroboración de la clasificación botánica:** se corroboró los nombres científicos y familia de las especies que ya venían en los formularios de campo y base de datos, y se buscó los faltantes. Como una fuente de información importante, se tomó la página web del CEDAF (Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal), entre otras. Se generó una matriz en Excel con el nombre común, abundancia (para saber posteriormente cuán importante es la especie en el inventario), tipo, género, nombre científico y familia, como se muestra en las siguientes imágenes.





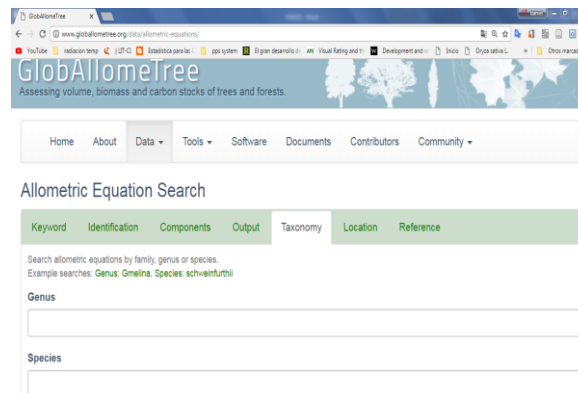
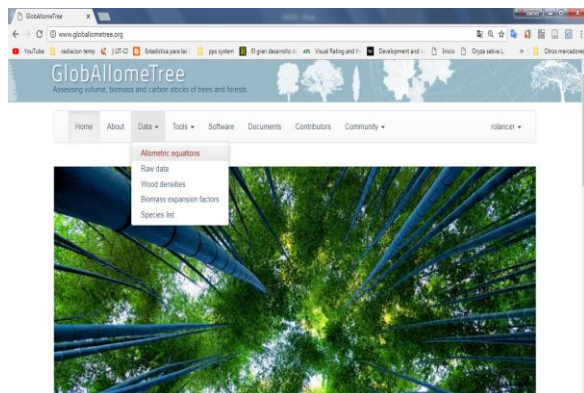
Página del CEDAF



	A	B	C	D	E	F
1	Nombre común	Abundancia	Tipo	Genero	Nombre científico	Familia
2	COCO	121	PALMA	COCOS	COCOS NUCIFERA	ARECACEAE
3	GRAYUMBO	31	ARBOL	CECROPIA	CECROPIA PELTATA	CECROPIACEAE
4	CAMBRON	40	ARBUSTO	GENISTA	GENISTA RIGISSIMA	FABACEAE
5	AGUACATE	79	ARBOL	PERSEA	PERSEA AMERICANA	LAURACEAE
6	GUAYABA	21	ARBOL	PSIDIUM	PSIDIUM GUAYABA	MYRTACEAE
7	MANGO	9	ARBOL	MANGIFERA	MANGIFERA INDICA	ANACARDIACEAE
8	PALMA GUANO	53	PALMA	COCCOTH	COCCOTHORINAX	BAF ARECACEAE
9	NARANJA DULCE	14	ARBOL	CITRUS	CITRUS SINENSIS	RUTACEAE

Matriz

- **Selección de ecuaciones alométricas:** una vez que se corroboró la clasificación para una especie, aplicamos el siguiente procedimiento para seleccionar la ecuación más adecuada para estimar su biomasa, las ecuaciones que seleccionaban estaban en función del diámetro de tronco, pues es el dato común que se tiene para todas las leñosas inventariadas:
 - Hay varias especies que tienen ecuaciones específicas que se han desarrollado en la región, en climas similares a las áreas de inventario en República Dominicana, y que son de conocimiento de los expertos del CATIE, pues se han usado para otros estudios de carbono en sistemas agroforestales y publicados a nivel técnico y científico. Por ejemplo, ecuaciones para cacao, café, aguacate, y otras especies han sido desarrolladas por expertos ligados al CATIE (Segura *et al.*, 2006; Andrade *et al.*, 2008).
 - Las ecuaciones de biomasa de otras especies no conocidas por expertos CATIE, se buscaron en la “GlobAllomeTree” <http://globalallometree.org/>. GlobAllomeTree fue la primera plataforma en línea que se creó en 2013, con el fin principal de proveer ecuaciones alométricas y también otros datos como densidades de madera, factores de expansión y otros. Esta plataforma y su base de ecuaciones es alimentada por expertos de organizaciones a nivel mundial como FAO, CIRAD, CATIE, universidades y otros centros de investigación. Las ecuaciones que allí se pueden encontrar son confiables pues pasan por un proceso de revisión antes de ser agregadas a la base de datos.
 - En esta plataforma se pueden buscar ecuaciones por nombre científico, por género o por familia, y además se puede filtrar por la localización o zona ecológica donde se ha desarrollado la ecuación. Para una misma especie puede haber varias ecuaciones. Por ejemplo, puede haber una ecuación para una especie en bosque húmedo y otra para bosque seco; se escogerá la que tenga relación con la zona de inventario. A continuación, imágenes de esta plataforma.



[Handwritten signature]

- Entonces, para una determinada especie se siguió el siguiente procedimiento:
 - Si se encontraba una ecuación específica para su nombre científico, se usaba esa.
 - Si no había una ecuación específica, se buscaba ecuaciones para el género, y se escogía la que mejor encajaba.
 - Si no hay ecuaciones para un determinado género, se buscaba ecuaciones para la familia, y se escogía la de alguna especie que sea la más parecida a la que se estaba buscando.
- Para algunas especies no existían ecuaciones ni por género ni por familia. En ese caso, se seleccionaban ecuaciones alométricas genéricas desarrolladas por científicos especializados en temas de alometría, que se aplican solo por el tipo de zona ecológica. Ecuaciones de esos autores han sido utilizadas previamente en trabajos de investigación y en inventarios nacionales igual que el de esta consultoría. Esas ecuaciones también se aplicaban a todas las especies en general cuando se hizo el análisis de incertidumbre, lo cual se explica más adelante. Dichas ecuaciones han sido publicadas en artículos científicos, lo cual también respalda su utilización, por ejemplo las ecuaciones publicadas por Brown and Iverson (1992), Chave *et al.* (2005) y Chave *et al.* (2014).

Lista de ecuaciones y especies: se generó un archivo específico de Excel para presentar el listado de especies y ecuaciones correspondientes, y se entrega con este informe. Este archivo tiene una hoja que tiene columnas donde se refleja la clasificación de las especies y la ecuación que se le seleccionó, y tiene otra hoja donde se han compilado todas las ecuaciones posibles para una determinada especie/género/familia de donde se hizo la selección. Aunque no todas las ecuaciones se utilizaron en el análisis final como se explica en el siguiente acápite, este archivo ya queda como una importante base de datos con ecuaciones que pueden aplicar a especies que hay en República Dominicana (se entrega en digital).

Combinaciones de ecuaciones probadas para una menor incertidumbre

Se hicieron estimaciones de carbono en biomasa aérea con diferentes combinaciones de ecuaciones:

- (1) Ecuaciones específicas de cultivos y palmas + ecuaciones genéricas de Brown and Iverson (1992) para todas las otras especies
- (2) Ecuaciones específicas de cultivos y palmas + ecuaciones genéricas de Chave *et al.* (2005) para todas las otras especies
- (3) Ecuaciones específicas de cultivos y palmas + ecuaciones específicas para algunas especies de los doseles de sombra + ecuaciones genéricas de Brown and Iverson (1992) para otras especies
- (4) Ecuaciones específicas de cultivos y palmas + ecuaciones específicas para algunas especies de los doseles de sombra + ecuaciones genéricas de Chave *et al.* (2005) para otras especies

En una reunión de presentación de avances de resultados, presentamos que la combinación (2) era la más adecuada porque presentaba menos incertidumbres y con estimaciones más conservadoras en las estimaciones de la mayoría de las coberturas de No Bosque.

Sin embargo, la UTG después de analizar también datos de los inventarios de bosque, nos solicitó utilizar ecuaciones de Chave *et al.* (2014). Es así que probamos también combinaciones de ecuaciones con esas, y encontramos que combinaciones de ecuaciones específicas de cultivos y palmas + ecuaciones genéricas de Chave *et al.* (2014) para todas las otras especies, nos daban incertidumbres menores o similares a las de la combinación (2), por lo cual, al final las estimaciones y análisis se hicieron con esa nueva combinación. En la siguiente sección se muestran las ecuaciones finalmente utilizadas.

Ecuaciones alométricas finalmente utilizadas de acuerdo a las incertidumbres

De acuerdo a la explicación de la anterior sección, en el cuadro 3 mostramos las ecuaciones finalmente utilizadas para estimaciones de biomasa aérea, con el visto bueno de la UTG.

Cuadro 3. Ecuaciones utilizadas finalmente para la estimación de biomasa aérea (B) en el inventario de No Bosque, República Dominicana (2018)

Nombre	Ecuación	Fuente
CACAO	$B = 10^{(-1.625 + 2.63 \cdot \text{Log}_{10}(d_{30}))}$	Andrade <i>et al.</i> (2008)
CAFÉ	$B = 10^{(-1.181 + 1.991 \cdot \text{Log}_{10}(d_{15}))}$	Segura <i>et al.</i> (2006)
AGUACATE	$B = 10^{(-1.11 + 2.64 \cdot \text{Log}_{10}(dap))}$	Andrade <i>et al.</i> (2008)
MANGO	$B = 10^{(-1.11 + 2.64 \cdot \text{Log}_{10}(dap))}$	Andrade <i>et al.</i> (2008)
COCO	$B = \text{EXP}(-3.3488 + (2.7483 \cdot \ln(dap)))$	Goodman <i>et al.</i> (2013)
PALMA GUANO	$B = \text{EXP}(-3.3488 + (2.7483 \cdot \ln(dap)))$	Goodman <i>et al.</i> (2013)
PALMA REAL	$B = \text{EXP}(-3.3488 + (2.7483 \cdot \ln(dap)))$	Goodman <i>et al.</i> (2013)
PALMA CANA	$B = \text{EXP}(-3.3488 + (2.7483 \cdot \ln(dap)))$	Goodman <i>et al.</i> (2013)
Para todas las otras especies	$B = \text{EXP}(-1.803 - (0.976 \cdot (E\text{-index})) + (0.976 \cdot (\ln(DM)))) + (2.673 \cdot (\ln(dap)) - (0.0299 \cdot (\ln(dap))^2))$	Chave <i>et al.</i> (2014)

3.2.2 Estimación de biomasa en raíces

La estimación de biomasa en raíces se hizo de la forma sugerida por Cairns *et al.* (1997), que multiplica la biomasa aérea por un factor de 0.24, sugerido para zonas tropicales:

$$Br = B \cdot 0.24$$

B: biomasa aérea del árbol; Br: biomasa de la raíz

3.2.3 Estimación de biomasa en hojarasca

Para estimar la biomasa en hojarasca se trabajó con el dato de peso húmedo de hojarasca de campo y con el dato de % de peso seco después de secado en laboratorio:

$$\text{Biomasa de hojarasca} = \text{Peso húmedo} \cdot (\% \text{ peso seco} / 100)$$

3.2.4 Estimación de biomasa en madera muerta

Se aplicó la fórmula que incluye el largo de transectos y el diámetro de la parte media de cada pieza de madera muerta para estimar volúmenes de madera muerta, sugerida por Brown and Roussopoulos (1974):

$$V = \pi^2 x \frac{(D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2)}{8 x L}$$

donde:

V: volumen (m³ ha⁻¹)

D: diámetro de pieza (cm)

L: longitud de transecto (m)

Luego, la biomasa se estima como el producto del volumen de la pieza por su densidad:

$$B = V * D$$

donde:

B: biomasa (ton)

V: volumen (m³)

D: densidad de la madera de la pieza (ton/m³)

La densidad de la madera se obtuvo de la base de datos de *Global wood density database* (Zanne et al., 2009).

3.2.5 Estimación de carbono y CO_{2eq} en biomasa aérea, raíces, hojarasca y madera muerta

Las estimaciones de carbono se hicieron usando el dato de biomasa y una fracción de carbono de 0.47, la cual es la última recomendada por el IPCC:

$$C = B * 0.47$$

Para convertir el carbono a CO_{2eq} se usó un factor de 44/12:

$$CO_{2eq} = C * (44/12)$$

Para reporte de resultados en este informe: las ecuaciones dieron los datos en kg y por árbol. Pero para fines de reportes como se indicó en los TDR de esta consultoría, todos los datos de biomasa, carbono y CO_{2eq} en la sección de resultados de este informe, se reportan en toneladas por hectárea.

Bases de datos por árbol: junto con este informe, también se entrega una base de datos por árbol, donde se tiene para cada uno de ellos una celda programada con la ecuación utilizada para biomasa, otra para carbono, y otra para CO_{2eq}.

3.2.6 Estimación de carbono y CO_{2eq} en suelo

Para estimar el carbono en suelo se trabajó con los datos de densidad aparente y con el análisis de carbono orgánico en suelo a 30cm (0.3m) de profundidad. Se siguió el siguiente procedimiento:

- Se asumió un área de una hectárea puesto que todos los datos son reportados por hectárea
- Los 10000m² (de una hectárea) se multiplican por 0.3m para tener el volumen de suelo, es decir 3000m³
- Ese volumen se multiplicó por la densidad aparente, con lo cual se obtuvo el peso del suelo/ha:
Peso del suelo = 10000 m² * 0.3m * densidad aparente
- Finalmente:

$$C \text{ de suelo} = \text{peso del suelo} * (\% \text{ carbono orgánico}/100)$$

$$CO_{2eq} \text{ de suelo} = C \text{ de suelo} * (44/12)$$

3.3 Metodología para el procesamiento de datos e interpretación de los resultados

Densidades y medidas dasométricas para reflejar la estructura de las coberturas y carbono almacenado

Para cada tipo de cobertura de No Bosque, se calcularon las densidades y áreas basales por hectárea. Esas variables se diferenciaron para los árboles del cultivo principal y para los árboles otros árboles que se encontraron en las plantaciones, además se diferenciaron por cada clase diamétrica de tronco, con intervalos de 5 cm, y total. Se presentan los datos promedio, desvío estándar y coeficiente de variación. Esos datos se presentan en cuadros donde además se muestra la cantidad de biomasa, de carbono y de CO_{2eq} almacenado por cada clase diamétrica. Eso permite al lector visualizar cómo es la estructura biofísica de cada tipo de cobertura No Bosque.

Análisis de incertidumbre actual, y número de muestras necesarias para una incertidumbre <15%

Se calculó la incertidumbre, definida como la falta de conocimiento del valor verdadero, utilizando intervalos de confianza calculados con el método de remuestreo bootstrap. Se hizo una estimación de incertidumbre asociada a cada componente (biomasa aérea, raíces, suelo, hojarasca, madera muerta) para cada tipo de cobertura (cacao, café, aguacate, mango, coco, matorral seco y pastura). Se utilizó la siguiente fórmula:

$$I = \left(\frac{LS - Est}{Est} \right) * 100$$

donde: I: incertidumbre; LS: límite superior del intervalo de confianza; Est: estimación de la variable medida

Fuente: Casanoves et al. (2017)

- En el caso de la biomasa aérea, se calcularon incertidumbres para todas las combinaciones de ecuaciones descritas en la sección 3.2.1., y al final todos los análisis e interpretaciones se hicieron con las medias estimadas e incertidumbres para la combinación “ecuaciones específicas de cultivos y palmas + ecuaciones genéricas de Chave et al (2014) para todas las otras especies (Cuadro 3)”

- Con la información obtenida del cálculo de incertidumbre se identificaron los componentes por tipo de cobertura que almacenan más carbono y aquellos que requieren de un mayor esfuerzo de muestreo en las mediciones futuras.
- Así el análisis de incertidumbre también sirvió para hacer sugerencias en caso de diseños de muestreo futuros. Un diseño de muestreo se utiliza con el objetivo de minimizar la varianza dentro del tipo de cobertura y maximizar la varianza entre coberturas. Este análisis podría servir para futuros monitoreos. La variable que se utiliza para estimar la varianza y calcular el tamaño de muestra óptimo para una incertidumbre deseada debe ser la que tenga más varianza y/o sea una de las más importantes, en términos de proporción, en la estimación del carbono.

La fórmula utilizada para calcular el tamaño de muestra necesario para reducir la incertidumbre a 15% fue la siguiente:

$$n \geq \left(\frac{2Z_{1-\frac{\alpha}{2}}\sigma}{c} \right)^2$$

donde: n es el tamaño de muestra deseado; Z es el percentil de la distribución normal asociado al nivel de confianza; *sigma* es la desviación estándar poblacional; c es la amplitud requerida para el intervalo de confianza con una confianza (1-α)% para la media poblacional.

Fuente: Casanoves et al. (2017)

Software para el procesamiento de los datos

Se utilizó Excel para la digitación de las bases de datos, y el software InfoStat para las estimaciones de carbono y procesamiento de los datos. El InfoStat es el programa usado por los expertos de la unidad de bioestadística del CATIE para cálculos y análisis estadístico. Este mismo programa ha sido utilizado en otros inventarios de biomasa y carbono.

Fuente: Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

4. RESULTADOS

4.1 AGUACATE

4.1.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación

La estructura de las plantaciones de aguacate es bastante variable en cuanto a la densidad del cultivo principal, reflejada por los desvíos estándar. El promedio de árboles de aguacate es de 325 árboles/ha, y la mayoría tienen diámetros de tronco de 20-25 cm, siendo también los que ocupan más área basal. En promedio, los árboles de aguacate tienen 5 m de altura total, 4 m de diámetro de copa, y 16 m² de área de copa (Anexo 3). Solo 2 de las 8 plantaciones inventariadas (25%) tienen otras especies leñosas diferentes al aguacate y con densidades bajas (20 y 10 individuos/ha), lo cual conlleva a un promedio solo de 3.75 individuos/ha de otras especies en estas plantaciones (Cuadro 4). La única especie diferente a aguacate que se encontró es la palma real (*Roystonea hispaniolana* H.B.K.) (Anexo 4). Por tanto, en general, las plantaciones de aguacate pueden considerarse como monocultivos. El estado general de las plantaciones es bueno, solo un 25% de los árboles presenta signos de ataques de insectos, y un 25% con daños en corteza (Anexo 5).

4.1.2 Biomasa y carbono total y por componentes

Las plantaciones de aguacate almacenan en promedio un total de 213.85 ton/ha de carbono entre todos sus componentes. El suelo es el que más carbono aporta con un 72% del total almacenado, luego la biomasa aérea con un 22% y raíces con 5%. La hojarasca en estas plantaciones apenas almacena un 1% del carbono total (Cuadro 5). En la literatura científica los datos de carbono en aguacate son escasos. En una evaluación realizada en México, se estimó que las plantaciones de aguacate almacenan un total de 151 ton/ha de carbono (rango 81-229 ton/ha) (Ordóñez *et al.*, 2008). En la República Dominicana se encuentran plantaciones de aguacate dentro de ese rango, pero el promedio es superior.

En el suelo se almacena en promedio 153.52 ton/ha de carbono (hasta 30 cm de profundidad) con un coeficiente de variación alto (72%). La densidad aparente tiene un promedio de 1.19 g/cm³ con poca variación reflejada por el desvío estándar (± 0.15 g/cm³). Donde hay más variación es en el contenido de carbono orgánico en el suelo $4.35 \pm 3.15\%$, lo cual indica que algunas plantaciones pueden tener notoriamente más materia orgánica en el suelo que otras.

Las plantaciones de aguacate almacenan un promedio total de 47.35 ton/ha de carbono en la biomasa aérea, con un coeficiente de variación de casi 50% que refleja la diversa estructura de las plantaciones. La mayor cantidad de carbono está almacenada en árboles de aguacate a partir de 15 cm de diámetro de tronco. Entre ellos, los árboles más grandes (>35 cm de diámetro de tronco) almacenan la tercera parte de todo el carbono en biomasa aérea. Los árboles de otras especies aportan apenas 0.9 ton/ha de carbono en biomasa aérea (Cuadro 4).

Cuadro 4. Densidad de plantas, área basal, y biomasa y carbono almacenado en la vegetación de plantaciones de aguacate, República Dominicana (2018)

		Densidades		Área basal		Biomasa		Carbono		CO _{2eq}		
		(ind/ha)		(m ² /ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		
Nro clase	Clase diamétrica (cm)	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	C.V.
Cultivo principal: aguacate												
1	<5	33.33	50.40	0.02	0.04	0.06	0.13	0.03	0.06	0.11	0.22	204.84
2	5-10	41.67	93.86	0.20	0.42	0.72	1.51	0.34	0.71	1.25	2.60	210.62
3	10-15	33.33	71.27	0.40	0.84	2.02	4.13	0.95	1.94	3.48	7.11	205.40
4	15-20	41.67	70.71	0.93	1.54	5.62	9.28	2.64	4.36	9.68	15.99	165.31
5	20-25	91.67	93.86	3.54	3.60	25.47	25.87	11.97	12.16	43.89	44.59	101.63
6	25-30	25.00	34.50	1.32	1.83	10.53	14.57	4.95	6.85	18.15	25.12	138.36
7	30-35	33.33	50.40	2.79	4.45	25.74	41.81	12.10	19.65	44.37	72.05	162.33
8	>35	25.00	34.50	2.83	3.92	28.68	39.85	13.48	18.73	49.43	68.68	138.95
	Total en cultivo principal	325.00	130.63	12.04	4.83	98.83	49.19	46.45	23.12	170.32	84.77	49.77
Árboles de otras especies en la plantación (todos los árboles diferentes al cultivo principal)												
1	<5											
2	5-10											
3	10-15											
4	15-20	1.25	3.54	0.02	0.07	0.09	0.23	0.04	0.11	0.15	0.40	282.84
5	20-25											
6	25-30											
7	30-35	1.25	3.54	0.12	0.35	0.81	2.28	0.38	1.07	1.39	3.92	282.84
	>35	1.25	3.54	0.15	0.42	1.02	2.91	0.48	1.37	1.76	5.02	282.84
	Total en el dosel	3.75	7.44	0.30	0.77	1.91	5.17	0.90	2.43	3.30	8.91	269.05
	TOTAL del sistema	328.75	130.38	12.33	4.91	100.74	49.85	47.35	23.43	173.62	85.91	49.49

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

Cuadro 5. Biomasa, carbono y CO_{2eq} estimados en los componentes de plantaciones de aguacate, República Dominicana (2018)

Componente	Biomasa (ton/ha)		Carbono (ton/ha)		CO _{2eq} (ton/ha)		C.V.	% del total
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.		
Suelo	3577.50	447.21	153.52	111.35	562.89	408.28	72.53	72
Biomasa aérea	100.74	49.85	47.35	23.43	173.62	85.91	49.49	22
Raíces	24.18	11.97	11.36	5.62	41.67	20.62	49.49	5
Hojarasca	3.45	3.03	1.62	1.42	5.94	5.21	87.8	1
Total			213.85	124.81	784.11	457.63	58.36	100

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

4.1.3 Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente

Las incertidumbres del carbono almacenado con el tamaño de muestra actual ($n=8$ UM), para todos los componentes en los sistemas de aguacate, en general, son altas ($>32\%$). En el suelo la incertidumbre es de 47.56% y en la biomasa aérea es 32% . Para estos componentes que son los más importantes para el almacenamiento de carbono, el tamaño de muestra debería incrementarse a 71 UM para suelo y 38 UM para biomasa aérea para obtener incertidumbres (deseadas) menores a 15% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Carbono almacenado, incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente en plantaciones de aguacate, República Dominicana (2018)

Componente	Estimación (C en ton/ha)	E.E.	n (actual)	LI	LS	Incertidumbre (actual)	n (deseado) Incertidumbre <15%
Suelo	155.64	35.52	8	90.5	229.66	47.56	71
Biomasa aérea	47.28	7.91	8	33.03	62.43	32.04	38
Raíces	11.27	1.87	8	7.9	15.15	34.43	38
Hojarasca	1.63	0.48	8	0.75	2.5	53.37	118
TOTAL	212.81	40.18	8	141.32	289.61	36.09	49

Estimación: promedio estimado con método *bootstrap* (puede diferir ligeramente de los promedios normales reportados en cuadros anteriores); E.E.: error estándar; LI: límite inferior; LS: límite superior

4.2 CACAO

4.2.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación

La estructura de los cacaotales dominicanos es bastante variable, tanto en la densidad como en el área basal del cultivo principal y de los árboles y otras leñosas en el dosel de sombra. El promedio de árboles de cacao es de 775 árboles/ha; la mayoría con diámetros de tronco de 5-10 cm y 10-15 cm. Los árboles de cacao que ocupan más espacio son aquellos con diámetros entre 15-20 cm (reflejado por su área basal). En el dosel, los árboles de sombra (árboles maderables, frutales, palmas, arbustos) tienen una densidad promedio de 172 árboles/ha. Los árboles que tienen diámetros de tronco mayores a 35 cm son aquellos que tienen más abundancia y ocupan la mayor parte del sistema. Los datos de área basal indican que los árboles de cacao y los árboles de sombra en total registran un promedio de 27.5 m²/ha, un 60% aportada por árboles de cacao y el resto por árboles del dosel (Cuadro 7). En la estructura vertical, los árboles de cacao en promedio tienen 5 m de altura total, 4 m de diámetro de copa, y 15.6 m² de área de copa; mientras que en los árboles de sombra la altura total promedio es de 13 m, con 7 m de diámetro de copa y 50 m² de área de copa (Anexos 3). Las especies más abundantes de árboles de sombra en los cacaotales son la amapola (*Erythrina poeppigiana*), piñón cubano (*Gliricidia sepium* Jacq) y aguacate (Anexos 4).

El estado general de los cacaotales se puede catalogar como regular. El 45% de los árboles de cacao presentan signos de ataques de hongos, parásitos e insectos, además, 18% de los árboles presenta daño en hojas y 31% presenta daño en corteza. El estado sanitario de las otras especies arbóreas es similar a los árboles de cacao pues presentan los mismos problemas, sin embargo, la calidad de fuste en general es buena ya que un ≈70% de los árboles tiene un solo fuste, con forma cilíndrica y crecimiento recto (Anexo 5).

4.2.2 Biomasa y carbono total y por componentes

Las plantaciones de cacao almacenan en promedio un total de 195.74 ton/ha de carbono entre todos sus componentes. Los componentes más importantes son el suelo que almacena el 65% del total, y la biomasa aérea con el 27%. Luego, las raíces contienen un 6%, mientras que la hojarasca y la madera muerta solo contienen el 3% del carbono total (Cuadro 8).

Los suelos de cacaotales tienen una densidad aparente promedio de 1.18 ± 0.15 g/cm³ de desvío estándar, y un contenido moderado de carbono orgánico de 3.64% y bastante variable con ± 1.99%. Con esas características, en el suelo de cacaotales hay un promedio de 126.78 ton/ha de carbono y un coeficiente de variación de 54%.

Los cacaotales almacenan un promedio total de 52.12 ton/ha de carbono en la biomasa aérea, con desvíos estándar y coeficientes de variación altos que reflejan cuan variable es la estructura de estas plantaciones y por tanto también su almacenamiento de carbono. Los árboles de sombra del dosel en total almacenan notoriamente más carbono (38.34 ton/ha) que los árboles de cacao (13.78 ton/ha); hasta tres veces más carbono que el cultivo principal, lo cual refleja la gran importancia de los sistemas agroforestales para secuestrar carbono. En el componente cacao aquellos árboles con diámetros de tronco mayor de 20 cm, y en el componente dosel de sombra los árboles aquellos con diámetros de tronco mayores a 35 cm son los que más carbono almacenan (Cuadro 7). Estos últimos serían los más importantes pues almacenan un 74% de todo el carbono almacenado en biomasa aérea. Los cacaotales de la República Dominicana almacenan cantidades similares a los de otros países, por ejemplo, en un estudio regional en cinco países de Centro América se reportó que los cacaotales en promedio 49 ton/ha de carbono en biomasa aérea (Somarriba *et al.*, 2013). En una Tesis de licenciatura de República Dominicana se reportó que los cacaotales almacenan 26 ton/ha en biomasa aérea (López and Joaquín, 2014), menor a lo reportado en este informe; sin embargo, los datos de esa Tesis es solo de cacaotales de San Francisco de Macoris, lo cual indicaría que son específicos para esa zona y no a nivel nacional.

Cuadro 7. Densidad de plantas, área basal, y biomasa y carbono almacenado en la vegetación de cacaotales, República Dominicana (2018)

		Densidades		Área basal		Biomasa		Carbono		CO _{2eq}		
		(ind/ha)		(m ² /ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		
Nro clase	Clase diamétrica (cm)	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	C.V.
Cultivo principal: cacao												
1	<5	81.67	123.10	0.07	0.12	0.04	0.09	0.02	0.04	0.07	0.15	166.65
2	5-10	163.33	182.39	0.77	0.90	0.85	1.04	0.40	0.49	1.47	1.80	119.85
3	10-15	198.33	188.25	2.44	2.25	3.66	3.36	1.72	1.58	6.31	5.79	91.97
4	15-20	166.67	111.96	3.93	2.68	7.19	4.96	3.38	2.33	12.39	8.54	68.93
5	20-25	81.67	76.22	3.09	2.95	6.55	6.30	3.08	2.96	11.29	10.85	96.34
6	25-30	46.67	60.76	2.58	3.31	5.96	7.68	2.80	3.61	10.27	13.24	128.71
7	30-35	26.67	44.79	2.15	3.62	3.68	6.17	1.73	2.90	6.34	10.63	167.94
8	>35	10.00	28.44	1.29	3.67	1.38	3.91	0.65	1.84	2.38	6.75	284.45
	Total en cultivo principal	775.00	323.69	16.31	7.38	29.32	13.43	13.78	6.31	50.53	23.14	45.82
Árboles de otras especies en la plantación (todos los árboles diferentes al cultivo principal)												
1	<5	23.33	55.57	0.02	0.05	0.02	0.09	0.01	0.04	0.04	0.15	345.52
2	5-10	43.33	76.31	0.22	0.39	0.79	1.77	0.37	0.83	1.36	3.04	222.61
3	10-15	29.75	52.32	0.33	0.54	1.51	2.53	0.71	1.19	2.60	4.36	166.72
4	15-20	19.67	28.72	0.45	0.61	2.47	3.40	1.16	1.6	4.25	5.87	138.67
5	20-25	10.50	13.19	0.41	0.52	2.49	3.19	1.17	1.5	4.29	5.50	128.19
6	25-30	10.50	14.84	0.63	0.89	3.98	5.77	1.87	2.71	6.86	9.94	144.57
7	30-35	9.50	15.68	0.78	1.29	4.83	8.11	2.27	3.81	8.32	13.97	167.79
8	>35	25.75	19.60	8.4	7.69	65.45	67.87	30.76	31.9	112.79	116.97	103.69
	Total en el dosel	172.33	156.10	11.23	8.18	81.57	72.00	38.34	33.84	140.58	124.08	88.26
	TOTAL del sistema	947.33	400.89	27.54	10.71	110.89	71.94	52.12	33.81	191.11	123.97	65.17

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

Cuadro 8. Biomasa, carbono y CO_{2eq} estimados en los componentes de plantaciones de cacao, República Dominicana (2018)

Componente	Biomasa (ton/ha)		Carbono (ton/ha)		CO _{2eq} (ton/ha)		C.V.	% del Total
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.		
Suelo	3525.56	613.22	126.78	69.13	464.86	253.48	54.53	65
Biomasa aérea	110.89	71.94	52.12	33.81	191.11	123.97	65.17	27
Raíces total	26.61	17.30	12.51	8.13	45.86	29.81	65.00	6
Hojarasca	6.52	2.99	3.06	1.41	11.23	5.15	45.88	2
Madera muerta	2.71	4.47	1.27	2.1	4.67	7.71	165.15	1
Total			195.74	78.86	717.13	289.16	40.36	100

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

4.2.3 Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente

Las incertidumbres del carbono estimado con el tamaño de muestra actual ($n=40$ UM), en general no están lejos de la incertidumbre deseada ($<15\%$) para la mayoría de los componentes. En el suelo la incertidumbre es de 16.23% y en la biomasa aérea es 19.61%. Para estos componentes que son los más importantes para el almacenamiento de carbono, el tamaño de muestra debería incrementarse a 50 UM y a 65 UM, respectivamente, para reducir las incertidumbres al nivel deseado. El estimado de carbono en madera muerta es altamente incierto, pero este componente no es tan importante para carbono por su bajo almacenamiento (Cuadro 9).

Cuadro 9. Carbono almacenado, incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente en plantaciones de cacao, República Dominicana (2018)

Componente	Estimación (C en ton/ha)	E.E.	n (actual)	LI	LS	Incertidumbre (actual)	n (deseado) Incertidumbre <15%
Suelo	126.13	10.92	39	104.35	146.6	16.23	50
Biomasa aérea	52.12	5.08	40	42.62	62.34	19.61	65
Raíces	12.44	1.32	40	10.1	15.08	21.24	76
Hojarasca	3.04	0.22	40	2.63	3.47	13.99	36
Madera muerta	1.28	0.33	40	0.71	1.92	50.01	460
TOTAL	196.09	12.5	39	174.17	221.63	13.03	27

Estimación: promedio estimado con método *bootstrap* (puede diferir ligeramente de los promedios normales reportados en cuadros anteriores); E.E.: error estándar; LI: límite inferior; LS: límite superior

4.3 CAFÉ

4.3.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación

La estructura de los cafetales es bastante variable tanto en las características del cultivo principal como en las de los árboles de sombra. El promedio de densidad de plantas de café está cerca de 3000 plantas/ha; la gran mayoría tienen troncos de menos de 5 cm de diámetro (a 15cm del suelo) por lo que su área basal es baja. Los árboles de sombra (árboles maderables, frutales, palmas, arbustos) tienen una densidad promedio de 342 árboles/ha, pero aproximadamente la mitad de ellos tienen diámetros de tronco menores de 10 cm, es decir, son árboles pequeños. Los árboles que más área basal ocupan son los de diámetro de tronco mayor a 35 cm, con densidades alrededor de 30 árboles/ha. El área basal total de estos sistemas agroforestales tiene un promedio de 17 m²/ha, de los cuales 75% son ocupados por los árboles de sombra (Cuadro 10). Las plantas de café son altas, con un promedio mayor a los 2.5 m de altura total, 1.66 m de diámetro de copa, y 2.72 m² de área de copa. Los árboles de sombra la altura total promedio es de 13 m, con 9 m de diámetro de copa y 71 m² de área de copa, similar a los cacaotales (Anexo 3). Las especies más abundantes de árboles de sombra en los cafetales son la guama (*Inga sp.*) como la principal, también se puede mencionar al aguacate y juaquero (*Simarouba glauca* DC) (Anexos 4).

El estado general de las plantas de café es malo. Un 31% de los cafetos está atacado por hongos, y un 11% por parásitos e insectos. Aparte, el 67% de las plantas tiene daños en general en (daños en hojas, corteza y brotes); solo una tercera parte de los árboles no presenta daños. En cambio, el estado de los árboles asociados al café en estas plantaciones es mejor, ya que un ≈80% de ellos no tienen ataques de agentes biológicos ni daños, sin embargo, un porcentaje considerable son bifurcados (35%) y torcidos o inclinados (40%) (Anexo 5).

4.3.2 Biomasa y carbono total y por componentes

Las plantaciones de café almacenan en promedio un total de 203 ton/ha de carbono entre todos sus componentes. Los componentes más importantes son el suelo (69% del total), y la biomasa aérea (23%). Le siguen las raíces, y finalmente la hojarasca y la madera muerta. La madera muerta es la que menos almacena, solo contiene el 1% del carbono total (Cuadro 11).

Los cafetales almacenan en promedio 139.25 ton/ha de carbono en el suelo (hasta 30 cm de profundidad), con un coeficiente de variación de 61.86%. La densidad aparente de los suelos de café tiene un promedio de 0.95 g/cm³, lo cual refleja un buen estado físico de los suelos. El contenido de carbono orgánico es prácticamente de 5%, pero con un desvío estándar alto ($\pm 2.68\%$), lo cual refleja y coincide con la variación que hay en el contenido de carbono por hectárea.

Los cafetales almacenan un promedio total de 46.59 ton/ha de carbono en la biomasa aérea. Sin embargo, el desvío estándar y el coeficiente de variación son altos, lo cual refleja las diferencias estructurales que hay entre cafetales. Los árboles de sombra del dosel almacenan casi todo el carbono en la biomasa aérea, pues contienen un 97% de lo que hay en ese componente. Además, dos terceras partes del carbono están en árboles con diámetro mayor a 35 cm de diámetro de tronco. Por tanto, el aporte del cultivo principal a almacenar carbono es bajo actualmente (Cuadro 10). Sin embargo, en general, el almacenamiento de carbono en cafetales de la República Dominicana es mayor que en otros países, lo cual puede ser explicado por la presencia de árboles de guama grandes en los doseles de sombra. Por ejemplo, en cafetales de Costa Rica se almacena 20 ton/ha de carbono en biomasa aérea (Cerdeira *et al.*, 2017), mientras que en cafetales de Nicaragua los promedios de varios tipos de cafetales agroforestales están entre 21 y 39 ton/ha en biomasa aérea (Pinoargote *et al.*, 2016).

Cuadro 10. Densidades de plantas, área basal, y biomasa y carbono almacenado en la vegetación de cafetales, República Dominicana (2018)

		Densidades		Área basal		Biomasa		Carbono		CO _{2eq}		
		(ind/ha)		(m ² /ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		
Nro clase	Clase diamétrica (cm)	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	C.V.
Cultivo principal (Café)												
1	<5	2233.33	2426.34	1.55	1.41	1.28	1.17	0.60	0.55	2.20	2.02	91.09
2	5-10	683.33	587.55	2.31	2.06	1.89	1.70	0.89	0.80	3.26	2.93	89.42
3	10-15	22.22	37.64	0.21	0.37	0.17	0.30	0.08	0.14	0.29	0.51	172.90
4	15-20											
5	20-25											
6	25-30											
7	30-35											
8	>35											
	Total en cultivo principal	2938.89	2254.01	4.07	2.27	3.36	1.87	1.58	0.88	5.79	3.23	55.68
Árboles de otras especies en la plantación (todos los árboles diferentes al cultivo principal)												
1	<5	108.33	259.92	0.12	0.28	0.26	0.57	0.12	0.27	0.44	0.99	228.60
2	5-10	63.89	132.58	0.26	0.51	0.74	1.28	0.35	0.60	1.28	2.20	171.33
3	10-15	35.83	37.52	0.44	0.47	2.06	2.15	0.97	1.01	3.56	3.70	104.58
4	15-20	41.67	41.35	1.02	1.02	5.40	5.23	2.54	2.46	9.31	9.02	96.91
5	20-25	29.58	33.42	1.12	1.27	6.85	7.38	3.22	3.47	11.81	12.72	107.88
6	25-30	17.50	20.69	1.02	1.22	6.89	7.36	3.24	3.46	11.88	12.69	106.73
7	30-35	14.17	14.72	1.14	1.21	8.64	9.47	4.06	4.45	14.89	16.32	109.64
	>35	30.83	22.25	7.76	8.23	64.94	63.38	30.52	29.79	111.91	109.23	97.63
	Total en el dosel	341.81	386.79	12.88	7.90	95.77	59.74	45.01	28.08	165.04	102.96	62.38
	TOTAL del sistema	3280.69	2245.45	16.95	8.89	99.13	60.49	46.59	28.43	170.83	104.24	61.03

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

Cuadro 11. Biomasa, carbono y CO_{2eq} estimados en los componentes de plantaciones de café, República Dominicana (2018)

Componente	Biomasa (ton/ha)		Carbono (ton/ha)		CO _{2eq} (ton/ha)		C.V.	% del Total
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.		
Suelo	2853.26	759.59	139.25	86.13	510.58	315.83	61.86	69
Biomasa aérea	99.13	60.49	46.59	28.43	170.83	104.24	61.03	23
Raíces	23.79	14.52	11.18	6.82	41	25.02	61.02	6
Hojarasca	6.95	5.47	3.27	2.57	11.99	9.42	78.63	2
Madera muerta	3.29	4.68	1.55	2.2	5.67	8.07	142.34	1
Total			203.00	103.14	744.33	378.19	50.81	100

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

4.3.3 Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente

Las incertidumbres del carbono estimado con el tamaño de muestra actual (n=24 UM), en general no están tan elevadas en comparación con la incertidumbre deseada (<15%), especialmente para el suelo (24%) y la biomasa aérea (23%). Para estos componentes, que son los más importantes para el almacenamiento de carbono, el tamaño de muestra debería incrementarse a 57 UM para suelo y 55 UM para biomasa aérea para alcanzar incertidumbres menores a 15% (Cuadro 12).

Cuadro 12. Carbono almacenado, incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente en plantaciones de café, República Dominicana (2018)

Componente	Estimación (C en ton/ha)	E.E.	n (actual)	LI	LS	Incertidumbre (actual)	n (deseado) Incertidumbre <15%
Suelo	140.81	17.02	23	110.92	174.67	24.05	57
Biomasa aérea	46.59	5.41	24	35.86	57.32	23.01	55
Raíces	11.17	1.31	24	8.59	13.70	22.57	57
Hojarasca	3.26	0.49	24	2.32	4.36	33.82	93
Madera muerta	1.52	0.40	24	0.82	2.34	53.81	283
TOTAL	203.11	22.34	23	161.49	242.67	19.47	48

Estimación: promedio estimado con método *bootstrap* (puede diferir ligeramente de los promedios normales reportados en cuadros anteriores); E.E.: error estándar; LI: límite inferior; LS: límite superior

4.4 COCO

4.4.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación

Las plantaciones de coco tienen en promedio una densidad de 189 palmas/ha y 9.20 m²/ha. La mayoría de las palmas de coco tienen diámetros de tronco de 20-30 cm. En estas plantaciones hay pocos árboles de otras especies presentes, con una densidad de 34 árboles/ha cuyos troncos ocupan 1.71 m²/ha. Los desvíos estándar en general, reflejan una alta variación de los datos (Cuadro 13). Las palmas de coco tienen una altura de 13 m, con 6 m de diámetro de copa y 33 m² de área de copa en promedio. Los árboles de otras especies están en un estrato vertical similar, pues tienen en promedio 12 m de altura, con copas que tienen en promedio 7 m de diámetro y 41 m² de área de copa (Anexos 3). Las especies más abundantes de esos árboles son el grayumbo (*Cecropia peltata* L.) y el guarana (*Cupania americana* L.) (Anexo 4).

El estado general de las palmas de coco se puede catalogar como malo. El 65% de estas palmas tiene signos de presencia de agentes biológicos perjudiciales (hongos, parásitos, insectos). Además, un 40% de las palmas tiene síntomas de daño en los troncos y 18% daño en las hojas. Mientras que el estado de otras especies arbóreas en estas plantaciones es regular, ya que un 75-80% de los árboles tienen un solo fuste cilíndrico, pero un 37% están torcidos (Anexo 5).

Existe una regeneración arbórea y presencia importante de plantas herbáceas y arbustos en las plantaciones de coco. La mayoría de estas plantaciones (75% de las UM) tienen regeneración de árboles pequeños con una densidad alta (≈ 7600 individuos/ha), donde la mayoría son guamas regenerándose. Todas las plantaciones de coco (100% de las UM) tienen vegetación herbácea, y cobertura de arbustos y lianas, con una riqueza de 3 a 4 especies (Anexo 6).

4.4.2 Biomasa y carbono total y por componentes

Las plantaciones de coco almacenan en promedio un total de 281.82 ton/ha de carbono entre todos sus componentes. El suelo almacena la gran mayoría de todo ese carbono (87% del total), y la biomasa aérea contiene solo un 10% del total. Hay poca biomasa de hojarasca y la madera muerta en estas plantaciones y por tanto su almacenamiento de carbono es prácticamente nulo (<1% entre ambos) (Cuadro 14).

El gran contenido de carbono en el suelo de estas plantaciones (245.96 ton/ha), se deriva de los altos valores de densidad aparente y de carbono orgánico que tienen en este componente. La densidad aparente en promedio es 1.27 g/cm³, y el carbono orgánico es 6.58%. Esos son los promedios más altos entre todos los tipos de cobertura evaluados en este inventario. Además, son contenidos de carbono orgánico notablemente superiores a plantaciones en otros lugares. Por ejemplo, en India los suelos de coco no superan el 2% de contenido de carbono orgánico (Sudha and George, 2011).

Las plantaciones de coco almacenan un promedio total de 27.75 ton/ha de carbono en la biomasa aérea. Un 80% de ese carbono está almacenado en el cultivo principal (palmas de coco), y solo un 20% en los árboles de otras especies. La mayor cantidad de carbono está almacenada en palmas de coco de 20-30 cm de diámetro de tronco. De los otros árboles, los más grandes (>35 cm de diámetro de tronco) almacenan un 13% de todo el carbono en biomasa aérea (Cuadro 13). En otros países como India, los cocos en monocultivo almacenan en promedio 51 ton/ha de carbono en biomasa aérea (Bhagya *et al.*, 2017). Si se mejorara el estado de las plantaciones y densidades de coco en República Dominicana, ese podría ser un indicador de cuánto carbono se podría alcanzar.

Cuadro 13. Densidad de plantas, área basal, y biomasa y carbono almacenado en la vegetación de plantaciones de coco, República Dominicana (2018)

		Densidades		Área basal		Biomasa		Carbono		CO _{2eq}		
		(ind/ha)		(m ² /ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		
Nro clase	Clase diamétrica (cm)	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	C.V.
Cultivo principal: coco												
1	<5											
2	5-10	5.56	19.25	0.03	0.10	0.06	0.21	0.03	0.10	0.11	0.37	346.41
3	10-15											
4	15-20	11.11	25.95	0.30	0.71	1.21	2.87	0.57	1.35	2.09	4.95	235.24
5	20-25	83.33	81.03	3.48	3.46	16.32	16.43	7.67	7.72	28.12	28.31	100.56
6	25-30	77.78	68.66	4.39	3.84	23.06	20.13	10.84	9.46	39.75	34.69	87.29
7	30-35	5.56	19.25	0.41	1.42	2.38	8.26	1.12	3.88	4.11	14.23	346.41
8	>35	5.56	19.25	0.58	2.02	3.87	13.38	1.82	6.29	6.67	23.06	346.41
	Total en cultivo principal	188.89	84.49	9.20	4.73			22.05	12.82	80.85	47.01	58.15
Árboles de otras especies en la plantación (todos los árboles diferentes al cultivo principal)												
1	<5											
2	5-10											
3	10-15	11.67	19.92	0.15	0.26	0.64	1.00	0.30	0.47	1.10	1.72	159.40
4	15-20	3.33	4.92	0.07	0.11	0.36	0.55	0.17	0.26	0.62	0.95	152.07
5	20-25	6.67	13.71	0.26	0.54	1.26	2.72	0.59	1.28	2.16	4.69	216.42
6	25-30	5.00	10.00	0.29	0.60	1.55	3.17	0.73	1.49	2.68	5.46	203.42
7	30-35	0.83	2.89	0.08	0.27	0.72	2.53	0.34	1.19	1.25	4.36	346.41
	>35	6.67	12.31	0.86	1.53	7.57	13.53	3.56	6.36	13.05	23.32	178.38
	Total en el dosel	34.17	41.22	1.71	2.05	12.13	15.36	5.70	7.22	20.90	26.47	126.62
	TOTAL del sistema	223.06	89.94	10.91	10.91	59.04	32.28	27.75	15.17	101.75	55.62	54.68

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

Cuadro 14. Biomasa, carbono y CO_{2eq} estimados en los componentes de plantaciones de coco, República Dominicana (2018)

Componente	Biomasa (ton/ha)		Carbono (ton/ha)		CO _{2eq} (ton/ha)		C.V.	% del Total
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.		
Suelo	3801.5	1541.46	245.96	118.53	901.87	434.6	48.19	87.28
Biomasa aérea	59.04	32.28	27.75	15.17	101.75	55.62	54.68	9.85
Raíces total	14.17	7.75	6.66	3.64	24.42	13.35	54.68	2.36
Hojarasca	0.92	1.13	0.43	0.53	1.58	1.95	123.33	0.15
Madera muerta	2.16	2.33	1.02	1.09	3.72	4.01	107.68	0.36
Total			281.82	124.62	1033.34	456.94	44.22	100

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

4.4.3 Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente

Las incertidumbres del carbono almacenado con el tamaño de muestra actual (n=12 UM) es moderada para suelo, biomasa aérea y raíces, pero alta para los otros componentes. En suelo la incertidumbre es de 29% y en biomasa aérea es 26%; para estos componentes que son los más importantes para el almacenamiento de carbono, el tamaño de muestra debería incrementarse a 41 UM para suelo y 40 UM para biomasa aérea para alcanzar incertidumbres menores a 15% (Cuadro 15).

Cuadro 15. Carbono almacenado, incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente de plantaciones de coco, República Dominicana (2018)

Componente	Estimación (C en ton/ha)	E.E.	n (actual)	LI	LS	Incertidumbre (actual)	n (deseado) Incertidumbre <15%
Suelo	249.74	35.18	12	189.61	321.35	28.67	41
Biomasa aérea	28.11	3.94	12	20.12	35.4	25.95	40
Raíces	6.60	1.09	12	4.63	8.71	31.98	56
Hojarasca	0.41	0.15	12	0.19	0.73	75.45	277
Madera muerta	1.00	0.30	12	0.49	1.73	72.74	188
TOTAL	281.76	35.51	12	208.15	351.62	24.8	33

Estimación: promedio estimado con método *bootstrap* (puede diferir ligeramente de los promedios normales reportados en cuadros anteriores); E.E.: error estándar; LI: límite inferior; LS: límite superior

4.5 MANGO

4.5.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación

La estructura de las plantaciones de mango indica que no son plantaciones uniformes ni con árboles de un determinado tamaño que dominan en la plantación. La densidad promedio de mangos es de 228.57 árboles/ha, que está distribuida en cantidades similares entre varias clases diamétricas, es decir, no hay árboles de un determinado tamaño que sean dominantes como ocurre en otras plantaciones (Cuadro 16). Los árboles de mango tienen una altura de 4.3 m, con 4.8 m de diámetro de copa y 22.73 m² de área de copa en promedio (Anexo 3). En la mayoría de estas plantaciones no hay árboles de otras especies, ya que en 5 de las 7 UM (70% de las UM inventariadas) solo había mangos, en 1 UM solo 10 palmas de coco/ha, y en 1 UM se registró 160 árboles/ha de aguacate que representaría un caso poco común. Por eso, los promedios de densidad y área basal de otros árboles son bajos (Cuadro 16). Dadas esas características, las plantaciones de mango en general se consideran como monocultivos.

El estado general de los árboles de mango es bastante bueno. Un 80% de los árboles no presenta ni signos de ataques de agentes biológicos ni daños. Solo un 22% de los árboles tiene signos de ataque de insectos, pero por las observaciones son leves, y en cuanto a daños, solo un 17% presenta algún indicio de daño en corteza (Anexo 5).

4.5.2 Biomasa y carbono total y por componentes

Las plantaciones de mango almacenan en promedio un total de 112 ton/ha de carbono entre todos sus componentes. El suelo de estas plantaciones contiene el 62% del carbono total, y la biomasa aérea el 29%, mientras que la hojarasca llega a aportar un 3% de ese total (Cuadro 17).

Las plantaciones de mango almacenan en promedio 69.21 ton/ha de carbono en el suelo (hasta 30 cm de profundidad), siendo el menor contenido entre todos los tipos de plantaciones evaluadas. La densidad aparente de estos suelos es alta con un promedio en 1.68 g/cm³, lo cual coincide con observaciones de que estas plantaciones están en suelos secos y compactos. Ese valor de densidad aparente supone un mayor peso por volumen de suelo, pero el contenido de carbono orgánico es muy pobre, con un promedio de apenas 1.4%, lo cual conduce a que el carbono almacenado en los suelos de mango sea el menor en este inventario.

Las plantaciones de mango almacenan un promedio total de 32.12 ton/ha de carbono en la biomasa aérea. Sin embargo, hay un coeficiente de variación de casi 67% que refleja las diferencias en estructura de las plantaciones inventariadas. En este componente, los árboles de mango de 30-35cm de diámetro de tronco vendrían a ser los más importantes, pues solo esos almacenan más de la mitad del carbono (51%) en biomasa aérea (Cuadro 16). En Asia, las plantaciones de mango pueden almacenar hasta 45 ton/ha de carbono en biomasa aérea (Chavan and Rasal, 2012), lo cual es superior a lo que se almacena en República Dominicana.

Cuadro 16. Densidad de plantas, área basal, y biomasa y carbono almacenado en la vegetación de plantaciones de mango, República Dominicana (2018)

		Densidades		Área basal		Biomasa		Carbono		CO _{2eq}		
		(ind/ha)		(m ² /ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		
Nro clase	Clase diamétrica (cm)	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	C.V.
Cultivo principal: Mango												
1	<5	28.57	75.59	0.01	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02	0.04	0.07	264.58
2	5-10	9.52	25.20	0.07	0.19	0.30	0.81	0.14	0.38	0.51	1.39	264.58
3	10-15	47.62	99.74	0.57	1.19	2.83	5.91	1.33	2.78	4.88	10.19	209.08
4	15-20	47.62	50.40	1.19	1.25	7.49	7.89	3.52	3.71	12.91	13.60	105.39
5	20-25	28.57	52.45	1.06	1.88	7.57	13.23	3.56	6.22	13.05	22.81	174.89
6	25-30	19.05	32.53	1.04	1.79	8.36	14.40	3.93	6.77	14.41	24.82	172.35
7	30-35	47.62	63.41	4.04	5.40	37.43	50.04	17.59	23.52	64.50	86.24	133.75
8	>35											
	Total en cultivo principal	228.57	107.89	7.99	5.22	64.00	49.17	30.08	23.11	110.29	84.74	76.82
Árboles de otras especies en la plantación (todos los árboles diferentes al cultivo principal)												
1	<5											
2	5-10											
3	10-15	12.86	34.02	0.16	0.41	0.79	2.06	0.37	0.97	1.36	3.56	264.58
4	15-20	7.14	18.90	0.16	0.41	0.94	2.47	0.44	1.16	1.61	4.25	264.58
5	20-25	1.43	3.78	0.06	0.16	0.45	1.15	0.21	0.54	0.77	1.98	264.58
6	25-30	1.43	3.78	0.08	0.22	0.45	1.19	0.21	0.56	0.77	2.05	264.58
7	30-35											
	>35	1.43	3.78	0.17	0.45	1.74	4.60	0.82	2.16	3.01	7.92	264.58
	Total en el dosel	24.29	59.96	0.62	1.41	4.34	10.13	2.04	4.76	7.48	17.45	233.89
	TOTAL del sistema	252.86	84.69	8.61	4.76	68.34	45.87	32.12	21.56	117.77	79.05	67.13

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

Cuadro 17. Biomasa, carbono y CO_{2eq} estimados en los componentes de plantaciones de mango, República Dominicana (2018)

Componente	Biomasa (ton/ha)		Carbono (ton/ha)		CO _{2eq} (ton/ha)			% del Total
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	C.V.	
Suelo	5031.43	661.07	69.21	54.85	253.77	201.1	79.24	61.67
Biomasa aérea	68.34	45.87	32.12	21.56	117.77	79.05	67.13	28.62
Raíces total	16.40	11.01	7.71	5.18	28.26	18.98	67.14	6.87
Hojarasca	6.78	5.48	3.19	2.58	11.68	9.45	80.95	2.84
Total			112.23	72.12	411.48	264.45	64.27	100.00

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

4.5.3 Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente

Las incertidumbres del carbono almacenado con el tamaño de muestra actual ($n=7$) es alta para todos los componentes en general. En el suelo la incertidumbre de la estimación es de 59% y en biomasa aérea es 40%. Para estos componentes que son los más importantes para el almacenamiento de carbono, el tamaño de muestra debería incrementarse a 94 UM para el suelo y 65 UM para la biomasa aérea para alcanzar incertidumbres menores a 15% (Cuadro 18).

Cuadro 18. Carbono almacenado, incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente de plantaciones de mango, República Dominicana (2018)

Componente	Estimación (C en ton/ha)	E.E.	n (actual)	LI	LS	Incertidumbre (actual)	n (deseado) Incertidumbre <15%
Suelo	71.69	20.10	7	38.75	114.34	59.48	94
Biomasa aérea	32.68	7.63	7	16.89	45.88	40.39	65
Raíces	7.64	1.88	7	3.88	11.20	46.65	73
Hojarasca	3.16	0.91	7	1.47	4.83	52.91	99
TOTAL	111.47	23.95	7	65.84	157.82	41.58	55

Estimación: promedio estimado con método *bootstrap* (puede diferir ligeramente de los promedios normales reportados en cuadros anteriores); E.E.: error estándar; LI: límite inferior; LS: límite superior

4.6 MATORRAL SECO

4.6.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación

En los matorrales secos se encuentran altas densidades de plantas y arbustos pequeños, y de árboles. Tienen una alta densidad de plantas y arbustos que no superan el metro de altura con un promedio de 1072 individuos/ha, de los cuales aproximadamente la mitad tienen diámetros <5 cm y la otra mitad entre 5-10 cm. La densidad de árboles llega en promedio a 903 árboles/ha, pero la mayoría de ellos (≈ 700 árboles) son pequeños dado que están concentrados en clases diamétricas <5 cm y entre 5-10 cm. La densidad de árboles con diámetro de tronco mayor a 25 cm es baja. Por eso, a pesar que la densidad total de plantas en el sistema es alta, cerca a 2000 individuos/ha, el área basal total promedio no es alta (8.9 m²/ha) (Cuadro 19). Plantas delgadas y arbustos llegan a 3 m de altura, con 2 m de diámetro de copa y 4 m de área de copa en promedio. Mientras que los árboles llegan a 6.7 m de altura, 5.6 m de diámetro de copa y 30.3 m² de área de copa (Anexo 3). Las especies más abundantes en matorrales secos son el cambrón (*Prosopis juliflora*), baitoa (*Phyllostylon rhamnoides* (Poisson) Taub), palma guano (*Coccothrinax argentea* Lodd), y almácigo (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.) (Anexo 4).

El estado general de los matorrales secos es muy bueno. Solo un 12% de los árboles tiene signos de ataque de insectos, y solo un 11% tiene algún daño leve en la corteza. Un 61% de los árboles tiene un solo fuste y hay entonces un 39% bifurcados, sin embargo, la gran mayoría de los troncos son rectos y cilíndricos (85-90%) (Anexo 5).

Son pocos los matorrales secos donde se encuentra una regeneración arbórea evidente y además con poca presencia de vegetación herbácea. Solo un 24% de los matorrales tienen regeneración arbórea, con una densidad promedio de ≈ 1146 individuos/ha, donde se destaca el cambrón como la especie más abundante. Solo un 56% de los matorrales tiene cobertura de herbáceas y aún menor, solo un 36% tiene lianas o bambu (Anexo 6).

4.6.2 Biomasa y carbono total y por componentes

El carbono total almacenado en matorrales secos tiene un promedio de 178.65 ton/ha. De esa cantidad, casi el 90% está almacenado en el suelo y solo un 8% en biomasa aérea. El carbono almacenado en hojarasca y madera muerta es bajo, ya que entre ambos componentes no llegan ni al 0.7% del total (Cuadro 20).

Los suelos de matorrales secos almacenan en promedio 159.34 ton/ha de carbono (hasta 30 cm de profundidad), aunque ese estimado tiene una desviación estándar alta (± 104.38 ton/ha), lo cual refleja que los suelos donde están estas plantaciones son bastante diferentes. La densidad aparente de estos suelos es de 1.32 g/cm³ con un desvío estándar ± 0.36 . La mayor diferencia y que conduce a la variación en el carbono, está en el contenido de carbono orgánico, con un promedio de $4.12 \pm 2.49\%$.

Los matorrales secos almacenan un promedio total de 14.24 ton/ha de carbono en la biomasa aérea. Sin embargo, su un coeficiente de variación de 117.5% refleja que los matorrales son bastante diferentes en su estructura. Las plantas y arbustos pequeños, a pesar de ser abundantes, solo contribuyen con un 10% del carbono almacenado, así, los árboles de este sistema son los más importantes (contienen el 90%) para almacenar carbono (Cuadro 19). En otros estudios, también se reportan niveles bajos de carbono en biomasa aérea, por ejemplo, en México los matorrales almacenan menos de 10 ton/ha de carbono en este componente (SÁNCHEZ *et al.*, 2015).

Cuadro 19. Densidad de plantas, área basal, y biomasa y carbono almacenado en la vegetación de matorrales secos, República Dominicana (2018)

		Densidades		Área basal		Biomasa		Carbono		CO _{2eq}		
		(ind/ha)		(m ² /ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		
Nro clase	Clase diamétrica (cm)	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	C.V.
Plantas y arbustos medidos a diámetro a la altura de la rodilla												
1	<5	517.33	482.77	0.54	0.52	0.45	0.43	0.21	0.20	0.77	0.73	94.73
2	5-10	464.00	433.11	1.72	1.70	1.43	1.40	0.67	0.66	2.46	2.42	98.65
3	10-15	85.33	131.26	0.94	1.48	0.77	1.21	0.36	0.57	1.32	2.09	158.48
4	15-20	5.33	18.46	0.10	0.35	0.09	0.30	0.04	0.14	0.15	0.51	0.21
5	20-25											
6	25-30											
7	30-35											
8	>35											
	Total	1072.00	953.34	3.30	3.37	2.72	2.77	1.28	1.30	4.69	4.77	101.96
Árboles medidos a diámetro a la altura del pecho												
1	<5	424.00	714.37	0.40	0.65	0.94	1.57	0.44	0.74	1.61	2.71	168.94
2	5-10	304.00	487.28	1.31	2.15	4.62	8.28	2.17	3.89	7.96	14.26	179.65
3	10-15	103.73	135.98	1.12	1.45	4.81	6.77	2.26	3.18	8.29	11.66	140.85
4	15-20	38.80	94.49	0.88	2.13	4.11	8.79	1.93	4.13	7.08	15.14	213.75
5	20-25	18.00	32.79	0.71	1.29	4.02	7.23	1.89	3.40	6.93	12.47	180.03
6	25-30	7.60	14.51	0.44	0.85	2.77	6.04	1.30	2.84	4.77	10.41	218.74
7	30-35	4.00	8.16	0.32	0.65	2.11	4.09	0.99	1.92	3.63	7.04	193.42
	>35	2.80	8.91	0.42	1.32	4.23	13.57	1.99	6.38	7.30	23.39	320.93
	Total en el dosel	902.93	1192.05	5.59	6.37	27.57	34.79	12.96	16.35	47.52	59.95	126.16
	TOTAL del sistema	1974.93	1945.74	8.89	8.31	30.30	35.62	14.24	16.74	52.21	61.38	117.52

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

Cuadro 20. Biomasa, carbono y CO_{2eq} estimados en los componentes de matorral seco, República Dominicana (2018)

Componente	Biomasa (ton/ha)		Carbono (ton/ha)		CO _{2eq} (ton/ha)		C.V.	% Total
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.		
Suelo	3953.75	1087.76	159.34	104.38	584.26	382.74	65.51	89.42
Biomasa aérea	30.30	35.62	14.24	16.74	52.21	61.38	117.52	7.99
Raíces	7.27	8.55	3.42	4.02	12.53	14.73	117.53	1.92
Hojarasca	1.96	3.58	0.92	1.68	3.38	6.16	182.13	0.52
Madera muerta	0.57	2.09	0.27	0.98	0.98	3.61	367.87	0.15
Total			178.65	113.03	655.05	414.43	63.27	100

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

4.6.3 Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente

Las incertidumbres del carbono almacenado con el tamaño de muestra actual (n=25 UM) es de 24.4% para suelo y 43% para biomasa aérea, mientras que en los demás componentes es más alta (en madera muerta por ejemplo llega casi a 180%). Para suelo y biomasa aérea que son los más importantes para el almacenamiento de carbono, el tamaño de muestra debería incrementarse a 68 para suelo y 208 para biomasa aérea para alcanzar incertidumbres menores a 15% (Cuadro 21).

Cuadro 21. Carbono almacenado, incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente de matorrales seco, República Dominicana (2018)

Componente	Estimación (C en ton/ha)	E.E.	n (actual)	LI	LS	Incertidumbre (actual)	n (deseado) Incertidumbre <15%
Suelo	160.29	20.60	24	124.73	199.43	24.42	68
Biomasa aérea	14.15	3.12	25	8.78	20.18	42.63	208
Raíces	3.42	0.77	25	1.96	5.27	54.08	214
Hojarasca	0.92	0.33	25	0.37	1.57	69.31	537
Madera muerta	0.24	0.19	25	0.03	0.68	179.11	2948
TOTAL	178.08	22.89	24	135.86	228.60	28.37	68

Estimación: promedio estimado con método *bootstrap* (puede diferir ligeramente de los promedios normales reportados en cuadros anteriores); E.E.: error estándar; LI: límite inferior; LS: límite superior

4.7 PASTO

4.7.1 Estructura horizontal y vertical, y estado general de la plantación

Las pasturas inventariadas son diversas en su estructura. Un 25% de las UM de pasto no tienen presencia de árboles, mientras que las otras tienen desde densidades bajas hasta densidades altas de árboles. Con esas características, las pasturas en promedio tienen 100 individuos/ha de plantas y árboles pequeños, en su mayoría de diámetros de tronco menores 5 cm; y un promedio de 49 árboles/ha de árboles con diámetro de tronco mayor a 10 cm. Así la densidad total está alrededor de 149 árboles/ha, pero con un área basal promedio baja de 3.85 m²/ha en total, dado que la mayoría de árboles tienen diámetro de tronco menor a 20 cm. Los desvíos estándar de estas medidas son altos, lo cual también refleja las diferencias explicadas de presencia de árboles (Cuadro 22). Los árboles con diámetros de tronco >10 cm que se encuentran en las pasturas tienen 6.7 m de altura, 5.6 m de diámetro de copa y 30.3 m² de área de copa en promedio (Anexo 3). En las pasturas no hay especies arbóreas que se repiten en varias parcelas como en el caso de las otras plantaciones, por tanto, no es posible decir cuáles son las más abundantes o más comunes en estas plantaciones. Algunas especies que se registraron en densidades considerables (>100/ha) en pasturas particulares son el pino caribe (*Pinus caribaea*) o jabilla en menores densidades (*Hura crepitans* L.) por ejemplo (Anexo 4).

Los árboles que se encuentran en las pasturas tienen un estado de regular a malo. Más del 50% de los árboles presentan ataques de agentes biológicos y un 60% tiene daños en troncos y brotes, además, un 39% tienen troncos torcidos (Anexo 5).

Hay poca regeneración arbórea en las pasturas en general. Solo un 27% de las pasturas tienen regeneración arbórea, con una densidad promedio de ≈1796 individuos/ha en regeneración. En cuanto a vegetación herbácea la mayoría de pasturas (89%) tiene presencia de hierbas aparte del pasto, con una riqueza promedio de 2 especies de hierbas (Anexo 6).

4.7.2 Biomasa y carbono total y por componentes

Las pasturas almacenan un total de 142.78 ton/ha de carbono entre todos sus componentes. El suelo almacena un 88% de ese total, mientras que la biomasa aérea solo un 9%. El resto está en raíces y hojarasca, siendo esta última el componente que menos almacena (0.32% del total) (Cuadro 23).

Las pasturas almacenan en promedio 125 ton/ha de carbono en el suelo (hasta 30 cm de profundidad). La densidad aparente del suelo refleja que no son suelos compactos, con una buena densidad aparente de 0.99 g/cm³. El carbono orgánico en estos suelos es bastante variable, con un promedio de 4.33% y un desvío estándar de 2.47.

En la biomasa aérea de pasturas el contenido de carbono llega en promedio a 13.42 ton/ha, y además con un coeficiente de variación alto (191%), el cual refleja las notables diferencias en la presencia de árboles entre pasturas. La gran mayoría del carbono almacenado en biomasa aérea estaría solo en los árboles de >35 cm de diámetro de tronco, pues estos almacenan cerca del 80% en este componente (Cuadro 22). Este carbono en biomasa aérea en República Dominicana está dentro de los rangos y es similar a los datos reportados en otros países, por ejemplo, tanto en pasturas degradadas como en pasturas mejoradas, en Nicaragua y Costa Rica se reportaron contenidos de carbono alrededor de 10 ton/ha (Ibrahim *et al.*, 2006)

Cuadro 22. Densidad de plantas, área basal, y biomasa y carbono almacenado en la vegetación de pastos, República Dominicana (2018)

		Densidades		Área basal		Biomasa		Carbono		CO _{2eq}		
		(ind/ha)		(m²/ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		(ton/ha)		
Nro clase	Clase diamétrica (cm)	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	C.V.
Plantas pequeñas												
1	<5	66.67	180.86	0.06	0.15	0.13	0.34	0.06	0.16	0.22	0.59	269.15
2	5-10	30.77	78.27	0.11	0.26	0.34	0.81	0.16	0.38	0.59	1.39	241.26
3	10-15	2.56	13.07	0.04	0.21	0.15	0.79	0.07	0.37	0.26	1.36	509.90
4	15-20											
5	20-25											
6	25-30											
7	30-35											
8	>35											
	Total en plantas pequeñas	100.00	216.02	0.21	0.38	0.62	1.19	0.29	0.56	1.06	2.05	195.03
Árboles con diámetros >10 cm												
1	<5											
2	05-10											
3	10-15	14.23	43.83	0.19	0.62	0.91	3.02	0.43	1.42	1.58	5.21	334.44
4	15-20	12.69	45.22	0.28	0.98	1.47	5.23	0.69	2.46	2.53	9.02	354.70
5	20-25	2.31	5.87	0.09	0.25	0.49	1.23	0.23	0.58	0.84	2.13	254.72
6	25-30	3.46	7.45	0.19	0.43	1.09	2.38	0.51	1.12	1.87	4.11	219.20
7	30-35	3.08	6.18	0.25	0.50	1.81	3.51	0.85	1.65	3.12	6.05	194.11
	>35	13.46	30.32	2.65	6.43	22.19	51.40	10.43	24.16	38.24	88.59	231.77
	Total en el dosel	49.23	93.89	3.65	7.10	27.94	54.66	13.13	25.69	48.14	94.20	195.59
	TOTAL del sistema	149.23	263.75	3.85	7.11	28.55	54.57	13.42	25.65	49.21	94.05	191.11

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación

Cuadro 23. Biomasa, carbono y CO_{2eq} estimados en los componentes de pasto, República Dominicana (2018)

Variable	Biomasa (ton/ha)		Carbono (ton/ha)		CO _{2eq} (ton/ha)			% del Total
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	C.V.	
Suelo	2970.36	501.09	125	67.84	458.33	248.74	54.27	87.97
Biomasa aérea	28.55	54.57	13.42	25.65	49.21	94.05	191.11	9.44
Raíces total	6.85	13.10	3.22	6.16	11.81	22.57	191.11	2.27
Hojarasca	0.97	2.17	0.45	1.02	1.67	3.73	224.08	0.32
Total			142.78	85.99	523.52	315.29	60.23	100.00

Prom.: promedio; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación



4.7.3 Incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente

La incertidumbre de carbono almacenado con el tamaño de muestra actual (n=25 UM), está cerca de la incertidumbre deseada para el componente suelo (20%), pero es alta para los demás componentes (>78%). Para suelo el tamaño de muestra debería ser 51 para lograr una incertidumbre deseada (<15%). Mientras que para la biomasa aérea, por ejemplo, la muestra debería ser de 592. Este último es un tamaño demasiado alto, provocado por el hecho de que hay pasturas con árboles y otras pasturas sin nada de árboles, lo cual conduce a las grandes variaciones en estimaciones e incertidumbre (Cuadro 24).

Cuadro 24. Carbono almacenado, incertidumbre y tamaño de muestra deseado para cada componente de pasto, República Dominicana (2018)

Componente	Estimación (C en ton/ha)	E.E.	n (actual)	LI	LS	Incertidumbre (actual)	n (deseado) Incertidumbre <15%
Suelo	125.83	13.74	25	96.25	151.59	20.47	51
Biomasa aérea	13.41	4.89	26	6.47	23.97	78.74	592
Raíces	3.39	1.26	26	1.47	6.04	78.4	607
Hojarasca	0.46	0.2	26	0.16	0.93	100.57	847
TOTAL	142.53	16.75	25	110.31	181.3	27.2	59

Estimación: promedio estimado con método *bootstrap* (puede diferir ligeramente de los promedios normales reportados en cuadros anteriores); E.E.: error estándar; LI: límite inferior; LS: límite superior

4.8 COMPARACIONES DEL CARBONO ALMACENADO EN LAS COBERTURAS NO BOSQUE

Las plantaciones de coco son las que más carbono total almacenan, seguidas del aguacate, café, cacao y matorral seco y, finalmente, pastos y mango (Figura 3). Ese carbono total está notoriamente influido por el carbono del suelo (medido a 30cm de profundidad). Por ejemplo, en plantaciones de coco, pasto y matorral seco, el suelo aporta cerca del 90% del carbono total del sistema, mientras que en las otras plantaciones el suelo contiene un 70%. El segundo componente que más carbono almacena es la biomasa aérea y luego las raíces, en todas las plantaciones. El almacenamiento en hojarasca y madera muerta es bajo, especialmente el carbono en la madera muerta, donde es casi imperceptible (Figuras 3 y 4). En el Anexo 7 se presentan figuras del carbono almacenado en cada una de las UM inventariadas de todas las plantaciones, donde el usuario de los datos puede identificar rápidamente cuáles son las que almacenan más carbono o menos carbono en los diferentes componentes y en total, si fuese de su interés.

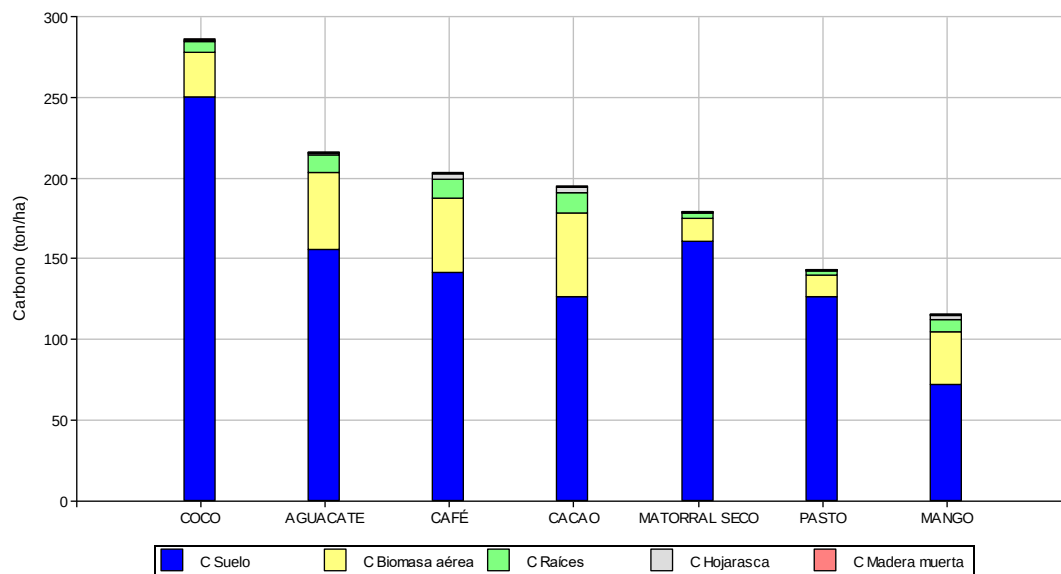


Figura 3. Comparación del carbono almacenado, por componente, entre plantaciones de cobertura No Bosque, República Dominicana (2018)

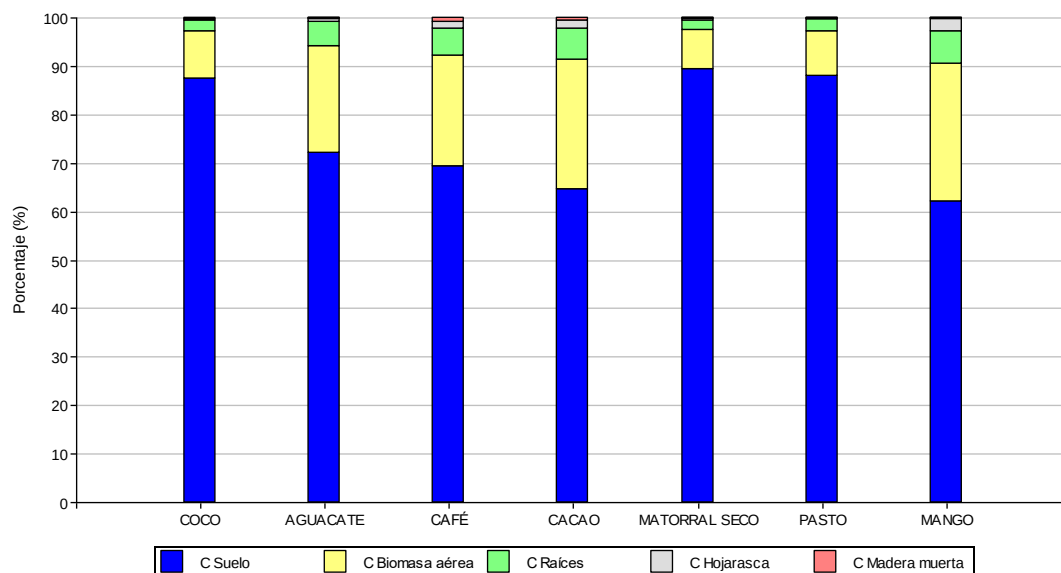


Figura 4. Comparación del porcentaje de carbono almacenado, por componente, entre plantaciones de cobertura No Bosque, República Dominicana (2018)

4.8.1 Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en el suelo entre coberturas de No Bosque

Las plantaciones de coco almacenan la mayor cantidad de carbono en suelo (≈ 250 ton/ha), mientras que las de mango son las de menor carbono en este componente. Las plantaciones de coco alcanzan tal contenido principalmente gracias a su alto contenido de carbono orgánico en los suelos, lo cual puede ser una característica particular de los suelos donde se establecen estas plantaciones (todas mandadas a inventariar en región II). Las plantaciones de mango generalmente están en suelos más secos y compactos, lo cual explicaría el más bajo carbono en suelo. Tanto mango como aguacate son las plantaciones con mayor incertidumbre en la estimación de carbono en el suelo (Figura 5).

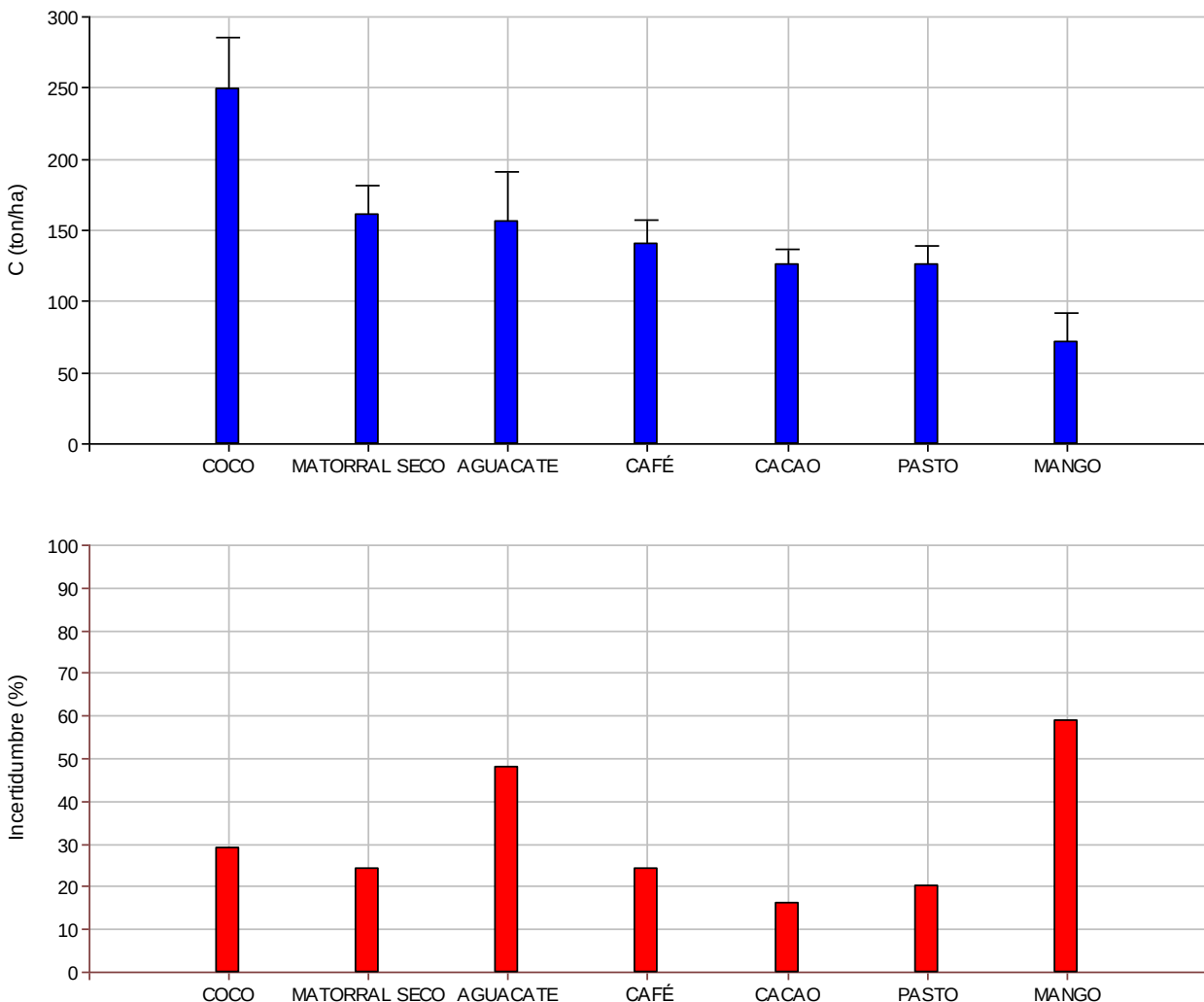


Figura 5. Comparación del carbono almacenado (medias y error estándar) e incertidumbre de la estimación en el suelo, entre plantaciones de cobertura No Bosque, República Dominicana (2018)

4.8.2 Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en la biomasa aérea entre coberturas de No Bosque

Las plantaciones con más carbono almacenado en la biomasa aérea son las de cacao, aguacate y café, luego mango y coco y, finalmente, matorral seco y pasto. Las estimaciones de cacao y café no están lejos de la incertidumbre deseada (<15%). Las que requerirían mayores esfuerzos de muestreo a futuro, de acuerdo con sus mayores incertidumbres, son justamente las coberturas con menores estimados de carbono en la biomasa aérea: matorrales secos y pastos (Figura 6). En especial en pasto, la alta incertidumbre (79%) está dada por el hecho que un tercio de las UM inventariadas no presentaban árboles.

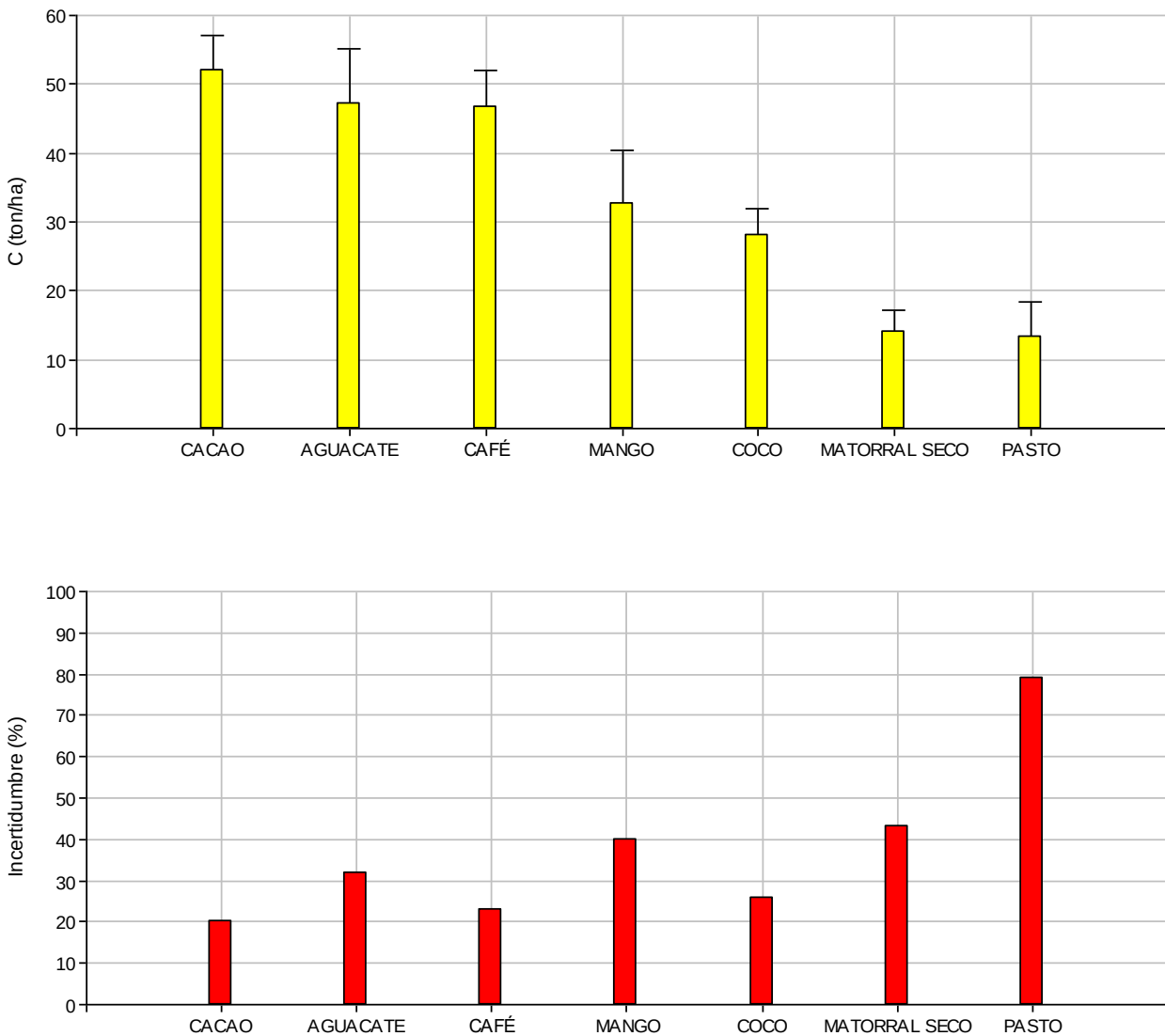


Figura 6. Comparación del carbono almacenado (medias y error estándar) e incertidumbre de la estimación en la biomasa aérea, entre plantaciones de cobertura No Bosque, República Dominicana (2018)

4.8.3 Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en las raíces entre coberturas de No Bosque

El carbono almacenado en las raíces, y la incertidumbre de la estimación, sigue la misma tendencia que el carbono en la biomasa aérea, pues se estima en función de la biomasa en los árboles. Se encontró mayor contenido de carbono en las raíces de plantaciones de cacao, aguacate y café, luego mango y coco y, finalmente, pasto y matorral seco (Figura 7).

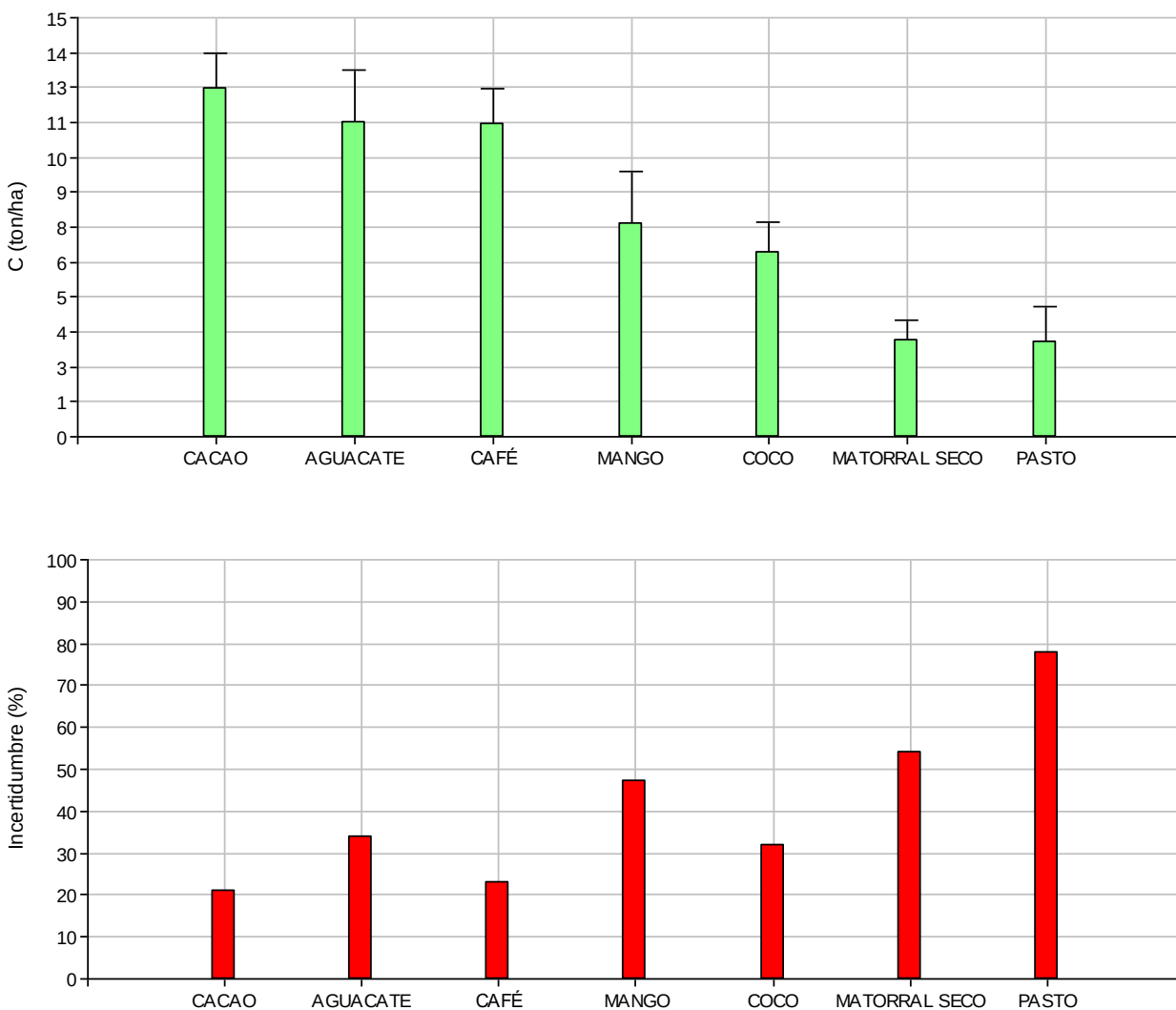


Figura 7. Comparación del carbono almacenado (medias y error estándar) e incertidumbre de la estimación en las raíces, entre plantaciones de cobertura No Bosque, República Dominicana (2018)

4.8.4 Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en la hojarasca entre coberturas de No Bosque

Las plantaciones que almacenan mayor cantidad de carbono en la hojarasca son las de café, cacao y mango, luego las de aguacate, y las que menos carbono tienen en hojarasca son matorral seco, pasto y coco. Las incertidumbres de las estimaciones de carbono en este componente son altas en general en casi todas las plantaciones, excepto en cacaotales. Las incertidumbres más altas de carbono en hojarasca están en coco y pasto (Figura 8). En ese tipo de plantaciones hay poca biomasa de hojarasca por el tipo de vegetación que tienen, especialmente en pasto hay plantaciones que no tienen hojarasca.

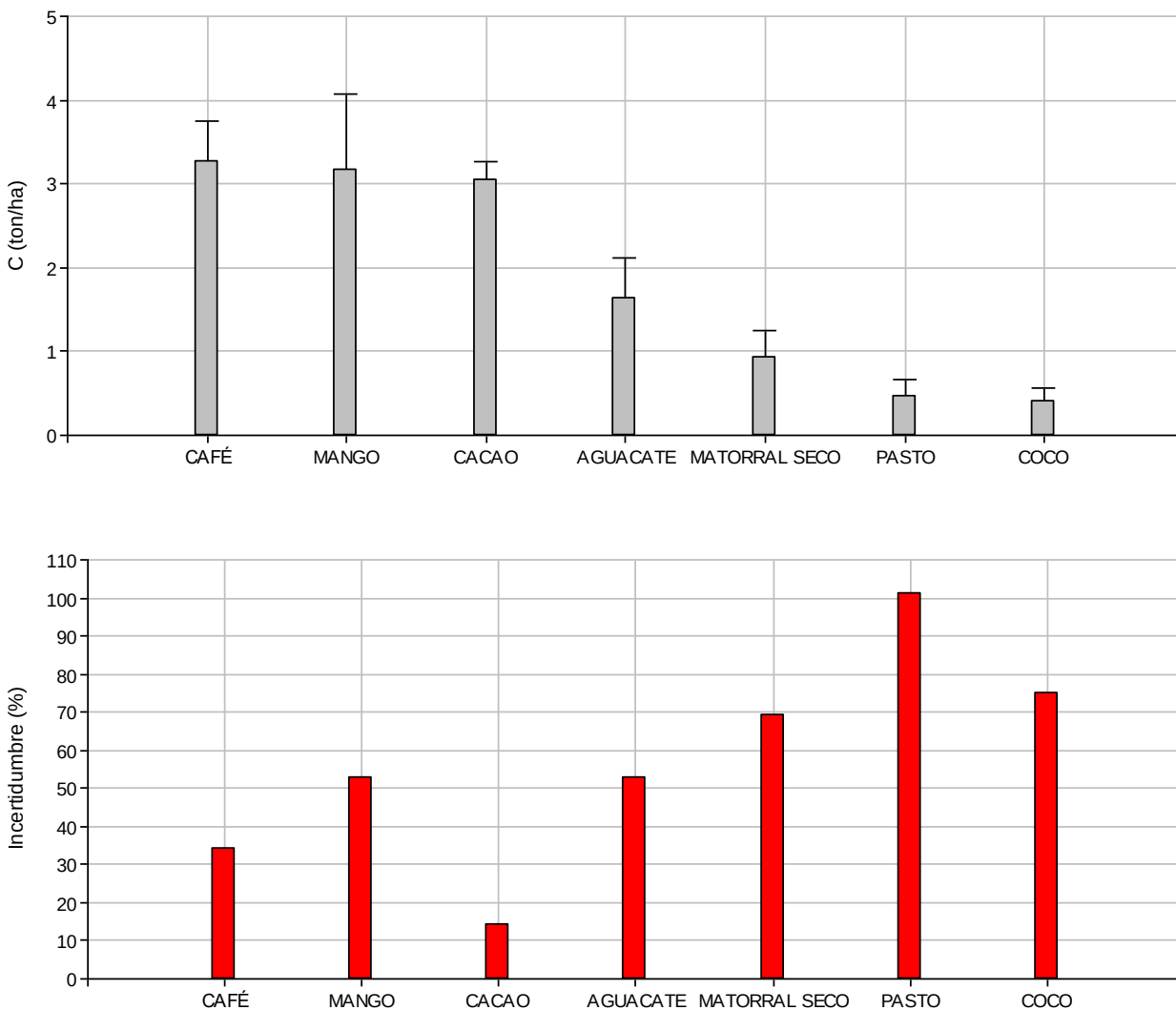


Figura 8. Comparación del carbono almacenado (medias y error estándar) e incertidumbre de la estimación en la hojarasca, entre plantaciones de cobertura No Bosque, República Dominicana (2018)

4.8.5 Comparación del carbono almacenado e incertidumbres de la estimación en la madera muerta entre coberturas de No Bosque

Las plantaciones de café, cacao y coco almacenan similares cantidades de carbono en la madera muerta, mientras que el matorral seco es el que menos almacena en ese componente (de acuerdo con la metodología, no se midió madera muerta en aguacate, mango ni pasto, por eso no se presentan datos en estas comparaciones). Justamente el matorral seco es el que presenta mayor incertidumbre en el estimado, pues 65% de sus UM inventariadas no tenían madera muerta en los transectos de medición, y las que tenían presentaban muy poca biomasa y por tanto también poco carbono (Figura 9).

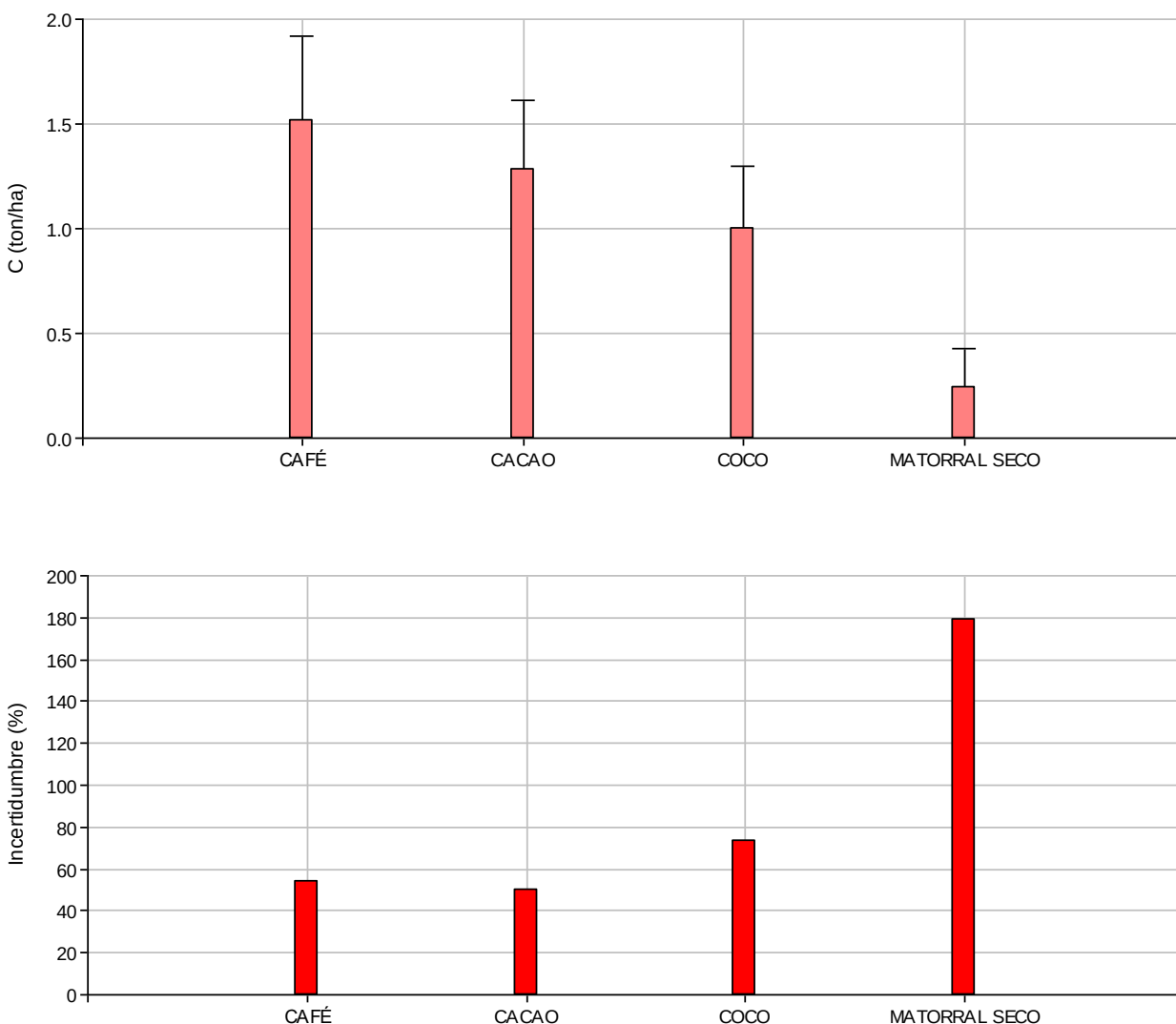


Figura 9. Comparación del carbono almacenado (medias y error estándar) e incertidumbre de la estimación en la madera muerta, entre plantaciones de cobertura No Bosque, República Dominicana (2018)

5. CONCLUSIONES

Entre todas las coberturas de No Bosque evaluadas (plantaciones de aguacate, cacao, café, coco, mango, matorral seco y pasto), las plantaciones de coco son las que más carbono total almacenan en promedio (282 ton/ha), seguidas de plantaciones de aguacate, cacao y café que almacenan cantidades similares (≈ 200 ton/ha), luego matorral seco (178 ton/ha), pasto (143 ton/ha) y, finalmente, las plantaciones de mango (112 ton/ha).

En todas las coberturas de No Bosque, los componentes que más carbono almacenan son el suelo y la biomasa aérea. Entre ambos contienen $\approx 90\%$ del carbono del total. El suelo, a una profundidad de 30cm, es el componente que más carbono almacena pues contiene entre el 70 y 90% del carbono total estimado en todas las plantaciones. Las plantaciones de coco tienen el primer lugar en carbono total solo gracias al gran contenido de carbono en sus suelos, mientras que las de aguacate, cacao y café son las que más carbono almacenan en biomasa aérea.

En los sistemas agroforestales como cacao y café, es evidente la importancia de los árboles de sombra para fines relacionados con secuestro de carbono, pues esos árboles almacenan en general más del 80% del carbono en la biomasa aérea. En las otras plantaciones como mango, coco y aguacate ocurre lo contrario, ya que la mayor parte del carbono está en los mismos árboles del cultivo principal. La diferencia radica en las densidades de árboles diferentes al cultivo que son mayores en cacaotales y cafetales. En los pastos, el contenido de carbono en la biomasa aérea es muy variable debido a que hay pasturas sin árboles (25% de las UM muestreadas) y otras silvopastoriles (con árboles) registradas dentro de la misma categoría (pasto) en este inventario. En matorrales secos, en promedio, hay una alta densidad de plantas (arbustos, árboles), pero la mayoría son pequeños en comparación con los que hay en cacaotales y cafetales, por lo que tienen menos carbono en ese componente.

El carbono contenido en la hojarasca y la madera muerta es bajo en todas las coberturas de No Bosque. En la hojarasca el carbono en general no supera 3.5 ton/ha de carbono y en la madera muerta es menor a 1.5 ton/ha. El carbono en madera muerta es el más insignificante entre todos los componentes pues no contribuye ni al 1% del carbono total almacenado.

El estado general sanitario (ataque de agentes biológicos: hongos, parásitos insectos) y de daños (en corteza, hojas y brotes) de la vegetación entre coberturas de No Bosque es variable. Las que están en mejor estado son las plantaciones de aguacate, mango, pastos y matorrales secos, ya que en esos sistemas solo $\approx 20\%$ de los árboles tienen síntomas de ataques de agentes biológicos y daños. Las plantaciones de cacao tienen un estado regular con un 45% de los árboles con ataques de hongos y 18% con daños. Mientras que las plantaciones de café y coco están en mal estado, ya que $\approx 40\%$ presentan signos de ataques especialmente de hongos, y $\approx 70\%$ tienen daños. Por tanto, esos dos tipos de plantaciones serían los más susceptibles a reducciones de carbono en la biomasa aérea, debido a que las plantas podrían eventualmente morir y/o ser eliminadas por los dueños de las plantaciones.

Las incertidumbres de las estimaciones de carbono en todos los componentes, y en todas las coberturas de No Bosque, con los tamaños de muestra actuales, superan la incertidumbre deseada (igual o menor a 15%). Las recomendaciones de tamaños de muestra para reducir la incertidumbre en futuros inventarios, se presentan en la siguiente sección.

Las incertidumbres de estimación más importantes a considerar, son las calculadas para el suelo y la biomasa aérea por ser los componentes que más carbono almacenan. En ambos componentes, las plantaciones de cacao, café y coco son las que menos incertidumbre presentan ($< 30\%$). En el suelo, las plantaciones de mango y aguacate son las que tienen más incertidumbre (50-60%). Las incertidumbres en el suelo están influenciadas por el tipo de suelo, pues las unidades de muestreo fueron inventariadas en diferentes regiones del país. En la biomasa aérea, los que tienen más incertidumbre son mango y matorral ($\approx 40\%$), y aún más el pasto (78%). En este componente la incertidumbre está influenciada por la densidad y tamaños de árboles, tanto dentro como entre coberturas de No Bosque. Tanto en el suelo como en la biomasa aérea, también hay una influencia individual de cada finca-parcela, dada por el manejo agropecuario particular que hace cada dueño, lo cual también incide en las estimaciones.



6. RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LAS ESTIMACIONES EN FUTUROS INVENTARIOS EN COBERTURAS NO BOSQUE

Para reducir la incertidumbre de las estimaciones de carbono se debe aumentar el número de unidades de muestreo (UM) en cada cobertura de No Bosque. El número de UM debe enfocarse en reducir las incertidumbres de estimación (<15%) en los componentes más importantes, en este caso el suelo y la biomasa aérea. Estadísticamente, se debería escoger el mayor número de UM calculado entre el suelo y la biomasa aérea porque así sería satisfactorio para ambos componentes; sin embargo, para algunas coberturas de No Bosque es mayor en suelo y para otras en biomasa aérea, y en algunos casos es similar.

Por lo anterior, preferimos basar nuestra recomendación en los cálculos de UM para un solo componente y recomendamos tomar el número de UM necesarias con base en los cálculos para biomasa aérea (Cuadro 25). Esta recomendación se basa en dos factores: en la mayoría de los casos la incertidumbre es mayor que la de suelo y porque la biomasa aérea es más susceptible a cambios que el suelo, pues los dueños pueden tomar decisiones de cortar o aumentar árboles y/o cambiar de uso de suelo, lo cual refleja su importancia para consideraciones de emisiones de CO_{2eq}.

Cuadro 25. Incertidumbre actual en biomasa aérea y tamaño de muestra recomendado para reducir la incertidumbre a <15% por cada cobertura de No Bosque, República Dominicana (2018)

Cobertura No Bosque	Incertidumbre actual (%)	Tamaño de muestra (UM) en este inventario	Tamaño de muestra (UM) para reducir incertidumbre (<15%)
AGUACATE	32	8	38
CACAO	20	40	65
CAFÉ	23	25	55
COCO	26	15	40
MANGO	40	7	65
PASTO	79	25	592*
MATORRAL SECO	43	25	208**

**En pasto: el tamaño de muestra propuesto fue 25, y según los cálculos debería incrementarse a 592, lo cual consideramos demasiado elevado. Nuestra recomendación es hacer una subestratificación utilizando imágenes satelitales del uso de suelo pasto. Proponemos identificar dos substratos: pasturas puras (sin árboles), y pasturas silvopastoriles. El substrato pasturas sin árboles podría mantenerse con 25 UM y estimamos que el silvopastoril podría hacerse con 60 UM.*

***En matorral seco: el tamaño de muestra propuesto fue 25, y según los cálculos debería incrementarse a 208. También es un incremento muy elevado. Al igual que en pasto, recomendamos hacer una subestratificación, la cual podría valorarse de acuerdo con imágenes satelitales donde se puedan identificar matorrales con mayor o menor cobertura arbórea (matorral denso y raro).*

En el caso particular de coberturas de No Bosque, la incertidumbre de las estimaciones de carbono en el suelo podría reducirse si se toman más muestras de suelo en cada UM para “captar” una mayor influencia del manejo del sistema. Podrían tomarse al menos 4 submuestras equidistantes para obtener una muestra compuesta.

Se ha demostrado con este estudio que la hojarasca y la madera muerta almacenan poco carbono y representan porcentajes bajos del total almacenado en coberturas No Bosque. Por eso recomendamos que en futuros inventarios se valore no medir estos componentes, para ahorrar tiempo y recursos en los inventarios. Se podrían tomar como referencia los datos de este inventario para futuras estimaciones.

Nuestro estimado de costos para haber realizado todo el trabajo (campo y gabinete) y haber obtenido todos los resultados plasmados en este informe es de 1500 dólares por UM de cobertura No Bosque. Con las lecciones aprendidas, que permitirían agilizar y hacer más eficiente la logística en futuros inventarios, ese monto podría reducirse. Sin embargo, es una buena referencia para calcular presupuestos en futuros inventarios en No Bosque. Si por cuestiones de presupuesto no se pueden cumplir totalmente con el número de UM deseables para reducir la incertidumbre (Cuadro 25), se sugiere tratar de alcanzar el mayor número de UM poniendo mayor esfuerzo en las coberturas de No Bosque que resultaron con mayor incertidumbre.

7. LECCIONES Y RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA LOGÍSTICA DE CAMPO EN LOS INVENTARIOS Y EN GENERAL EL AVANCE DE ESTE TIPO DE CONSULTORÍAS

Hay que poner especial cuidado en la identificación de qué coberturas son cafetales. Un tercio de los puntos GPS que fueron provistos como cafetales, no eran tales. Esta situación no es una falta de ninguna de las partes (contratante ni consorcio contratado) y puede ser efecto de la crisis severa que atraviesa el sector café dominicano. Muchos cafetales están siendo cambiados de uso o abandonados. Sin embargo, esa falta de coincidencia y llegar y descubrir que no es el uso de suelo esperado, involucró un costo de tiempo y dinero para las cuadrillas, que al final alargaron la fase de campo. En futuros inventarios se recomienda mayor esfuerzo y/o técnicas con imágenes para identificar cuáles son realmente cafetales.

República Dominicana es un país pacífico en general en sus áreas rurales, sin embargo, hemos aprendido que no se puede confiar totalmente en esa condición. Una de las cuadrillas sufrió un ataque de vandalismo (destrucción total) al vehículo en que se movilizaban y otras cuadrillas incluso tuvieron percances con el ejército pues fueron denunciadas como personas sospechosas por comunarios. Siempre se debe tratar de tener distintivos del ministerio de ambiente en los vehículos desde el inicio del trabajo de campo. También asegurar la coordinación con los encargados de oficinas regionales del ministerio de ambiente. En este inventario se logró esa coordinación, pero no desde el inicio, siempre costó por una u otra parte, pero al final se logró. Para futuros inventarios nuestra recomendación ideal sería tener de inicio una reunión presencial en el ministerio (al menos un par de horas) con los encargados de las oficinas regionales que están cerca de las UM, de tal manera que conozcan de primera voz lo que se va hacer, conozcan a encargados de cuadrillas y se haga un plan tentativo general de visitas a cada zona junto con ellos.

Un desembolso de 10% al inicio de la consultoría no es suficiente para garantizar la continuidad de los inventarios, considerando que luego viene un periodo de revisión de primer informe para recibir el segundo desembolso, lo cual necesita un tiempo considerable para aprobar formalmente el informe y además espera de trámites de desembolso. Consideramos que, en futuros inventarios con números similares de UM (145 UM), el consultor debería tener un desembolso inicial de al menos 25%.

Con este primer inventario de No Bosque hemos aprendido que un tiempo de tres meses para desarrollar toda la consultoría, evidentemente no es suficiente. Hay diferentes factores que dilatan el trabajo como:

- La revisión de informes y transferencias de desembolsos que siempre requieren un tiempo necesario indudablemente, y por tanto no son inmediatos, lo cual alarga la fase de campo especialmente
- Para el avance de inventarios en campo habíamos estimado avanzar 2 UM/día, pero siempre hay factores fuera de control de las cuadrillas (clima, acceso a las plantaciones, no coincidencia de puntos GPS con el uso de suelo esperado; vandalismo; otros) que lo impiden. Hemos aprendido que lo mejor es considerar un avance de máximo de 1.5 UM/día/cuadrilla, como promedio de tres cuadrillas trabajando en campo
- El tiempo de análisis en laboratorio y de re-análisis de datos que a veces deben realizar (para corregir algún dato incoherente), los cuales no dependen exclusivamente del consultor
- El tiempo requerido para hacer corroboraciones y análisis de datos para el informe final.

Por tanto, estimamos que el tiempo mínimo para un trabajo de este tipo (con 145 UM como meta) sería de 6 meses, si se aplican las recomendaciones que están en este documento.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, H., Milena, S., Somarriba, E., Villalobos, M., 2008. Valoración biofísica y financiera de la fijación de carbono por uso del suelo en fincas cacaoteras indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 45-50.
- Bhagya, H.P., Maheswarappa, H.P., Surekha, Bhat, R., 2017. Carbon sequestration potential in coconut-based cropping systems. *Indian Journal of Horticulture* 74, 1.
- Brown, J., Roussopoulos, P., 1974. Eliminating biases in the planar intersect method for estimating volumes of small fuels. *Forest Science* 10, 350-356.
- Brown, S., Iverson, L., 1992. Biomass estimates for tropical forest. *World Res. Rev.* 4, 366-383.
- Cairns, M., Brown, S., Helmer, E., Baumgardner, G., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111, 1-11.
- Casanoves, F., Cifuentes Jara, M., Chacón, M., 2017. Estimación del carbono a partir de inventarios forestales nacionales: Buenas prácticas para la recolección, manejo y análisis de datos. Serie Técnica, Informe Técnico no. 140. , 110 p.
- Cerda, R., Allinne, C., Gary, C., Tixier, P., Harvey, C.A., Krolczyk, L., Mathiot, C., Clément, E., Aubertot, J.-N., Avelino, J., 2017. Effects of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems. *European Journal of Agronomy* 82, 308-319.
- Chavan, B., Rasal, G., 2012. Total Sequestered Carbon Stock of *Mangifera indica*. *Journal of Environment and Earth Science* 2.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J., Nelson, B., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., Yamakura, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145, 87-99.
- Chave, J., Rejou-Mechain, M., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martinez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Pelissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global change biology* 20, 3177-3190.
- Goodman, R., Phillips, O., del Castillo Torres, D., Freitas, L., Cortese, S., Monteagudo, A., Baker, T., 2013. Amazon palm biomass and allometry. *Forest Ecology and Management*. 310.
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., Casasola, F., Rojas, J., 2006. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 27-36.
- López, A., Joaquín, C., 2014. Captura de Carbono de los Sistemas Agroforestales de Cacao (*Theobroma cacao* L.), San Francisco de Macorís, República Dominicana. Universidad ISA La Herradura, Santiago, República Dominicana.
- Ordóñez, J.A.B., de Jong, B.H.J., García-Oliva, F., Aviña, F.L., Pérez, J.V., Guerrero, G., Martínez, R., Masera, O., 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, Mexico. *Forest Ecology and Management* 255, 2074-2084.
- Pinoargote, M., Cerda, R., Mercado, L., Aguilar, A., Barrios, M., Somarriba, E., 2016. Carbon stocks, net cash flow and family benefits from four small coffee plantation types in Nicaragua. *Forests, Trees and Livelihoods*, 1-16.

SÁNCHEZ, J., MURO, G., FLORES, J., JURADO, E., SAENZ-MATA, J., 2015. Contenido de carbono en un sistema agroforestal pastoril-silvícola del matorral espinoso tamaulipeco. CIENCIA UANL, 57-61.

Segura, M., Kanninen, M., Suárez, D., 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. Agroforestry Systems 68, 143-150.

Somarriba, E., Cerda, R., Orozco, L., Cifuentes, M., Dávila, H., Espin, T., Mavisoy, H., Ávila, G., Alvarado, E., Poveda, V., Astorga, C., Say, E., Deheuvels, O., 2013. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. Agriculture, Ecosystems & Environment 173, 46-57.

Sudha, B., George, A., 2011. Tillage and residue management for organic carbon sequestration in coconut (Cocos nucifera)-based cropping systems. . Indian Journal of Agronomy 56, 223-227.

UMF, 2017. MANUAL DE CAMPO: EVALUACION DEL CONTENIDO DE BIOMASA Y CARBONO EN SISTEMAS DE NO BOSQUE EN LA REPUBLICA DOMINICANA. Santo Domingo, República Dominicana.

Zanne, A.E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C., Chave, J., 2009. Global wood density database. . Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

9. ANEXOS

ANEXO 1. Personal de CATIE y AGROFORSA SRL para la consultoría

Personal del CATIE que intervienen en la consultoría

Nombre del personal	Área de Especialidad	Cargo	Actividad asignada
Rolando Cerda, Ph.D. (Experto clave de la consultoría)	Agroforestería y servicios ecosistémicos de provisión y regulación (carbono), y agricultura climáticamente inteligente	Líder de la consultoría	Supervisión, entrenamiento de cuadrillas y seguimiento a todas las actividades de la consultoría
Miguel Cifuentes, Ph.D. (Experto clave de la consultoría)	Ecología forestal, metodologías de cuantificación de carbono, sistemas de MRV, carbono azul	Encargado de cálculo de existencias de carbono	Entrenamiento de cuadrillas y cálculos de carbono en todos los componentes de los usos de la tierra
Fernando Casanoves, Ph.D. (Experto clave de la consultoría) M. Alejandra Ospina, M.Sc. (Experto colaborador la consultoría) Eduardo Corrales, M.Sc. (Experto colaborador la consultoría)	Análisis de datos, biometría, estimaciones de carbono, diversidad funcional	Encargado del procesamiento y análisis de datos	Supervisión de las bases de datos, análisis estadístico de los datos (dasométricos y carbono) y cálculos de incertidumbre
Eduardo Somarriba, Ph.D. (Experto asesor de la consultoría)	Especialista en agroforestería con cultivos y ganadería, silvicultura y árboles en fincas	Asesor de la consultoría	Apoyo en cálculos de carbono e interpretación de resultados
Diego Delgado, M.Sc. (Experto asesor de la consultoría)	Ecología y manejo de bosques tropicales	Asesor de la consultoría	Entrenamiento a cuadrillas, control de datos, colaboración en el informe final
*Juan José Serrano Molina, Ing. (Experto asesor de la consultoría)	Forestería y manejo de bosques, inventarios de usos de la tierra de bosque y no bosque	Asesor de la consultoría	Entrenamiento a cuadrillas
Jazmín Salazar, Lic.	Administradora de proyectos	Administradora por parte de CATIE	Coordinación con administradores del contratante para el manejo de fondos de la consultoría

Nota: *El Ingeniero Forestal Juan José Serrano Molina es el profesional que se añadió al personal de CATIE. De él se tuvo la colaboración específica para el entrenamiento de las cuadrillas, puesto que otro experto de CATIE, Miguel Cifuentes, no podía hacer el viaje a República Dominicana para dicha actividad, debido a cambios de fecha de inicio de actividades por retrasos en la coordinación del primer desembolso. La participación del Ing. Serrano fue debidamente notificada a la Unidad Técnica de Gestión.

Personal permanente de AGROFORSA SRL que intervino en la consultoría

Nombre del personal	Área de Especialidad	Cargo	Actividad asignada
José Abel Hernandez, Ph.D. (Experto asesor de la consultoría)	Seguimiento y gerencia de proyectos	Asesor de la consultoría	Seguimiento a actividades de campo, colaboración en cálculos de carbono y en elaboración del informe final
Carlos A. Rivas A., MSc.	Experto en Gestión de Proyectos Gestión de proyectos y control de calidad de entregables.	Colaborador de la consultoría.	Colaboración en actividades de seguimiento de campo y acompañamiento en la gestión del proceso.
Claudia Mora, Lic.	Administración y digitación de datos	Administrador por parte de AGROFORSA y digitador	Coordinación con administradora de CATIE y digitación de datos de campo

Nota: AGROFORSA SRL también cuenta con el apoyo del Ingeniero agrónomo Carlos Rivas, presidente de AGROFORSA, quien conoce muy bien el país su ámbito agropecuario, por tanto, también aporta con sus opiniones y sugerencias para el trabajo de campo.

Integrantes de las cuadrillas contratados por AGROFORSA SRL para los inventarios de campo

MIEMBROS ACTUALES DE LAS CUADRILLAS		
Nombre	Rol	Número de cuadrilla
Ing. José Eliseo Rodriguez	Jefe de cuadrilla	Cuadrilla 1
Tec. Manuel Rodriguez Cerda	Asistente de campo	Cuadrilla 1
*Tec. Andresy García R.	Asistente de campo	Cuadrilla 1
*Tec. Lenin Vladimir Acosta S.	Asistente de campo	Cuadrilla 1
Ing. Andry Domingo Paulino Magarín	Jefe de cuadrilla	Cuadrilla 2
Tec. Santo Nuñez	Asistente de campo	Cuadrilla 2
Tec. Erlyn Castillo Lachapell	Asistente de campo	Cuadrilla 2
Tec. Braulio Quesada Peña	Asistente de campo	Cuadrilla 2
Ing. Ramón Ubri Ubri	Jefe de cuadrilla	Cuadrilla 3
Tec. Johan Peña	Asistente de campo	Cuadrilla 3
Tec. Jordany Zorrilla Mejía	Asistente de campo	Cuadrilla 3
Ing. Juan Isidro Ramirez	Asistente de campo	Cuadrilla 3

ANTERIORES MIEMBROS Y OTROS PARTICIPANTES		
**Tec. Marcos Antonio Aybar	Asistente de campo	Cuadrilla 1
**Tec. Yenny Feliz	Asistente de campo	Cuadrilla 1
***Ing. Jaime Apolinar Vargas	-	-
***Ing. Elvis Marcelino	-	-

Notas:

*Estos técnicos se integraron en la segunda semana del inventario en reemplazo de los dos técnicos que dejaron la cuadrilla (**). Al integrarse, recibieron una inducción previa de su jefe de cuadrilla y del otro asistente de campo para aprender a hacer las mediciones. Se han acoplado a la cuadrilla normalmente.

**Estos dos asistentes de campo estaban motivados por el trabajo, pero tuvieron que dejarlo debido a que fueron llamados a otra fuente laboral permanente de otro ministerio del gobierno.

*** Estas dos personas solo participaron en el evento de entrenamiento, no llegaron a formar parte de las cuadrillas, así que su decisión de no participar en el trabajo por sus razones personales, no perjudicó en nada al trabajo.

ANEXO 2. Memoria del evento de entrenamiento a cuadrillas

Evento de entrenamiento:

“Evaluación del contenido de biomasa y carbono en cobertura de no bosque (café-*Coffea sp*, cacao-*Theobroma cacao*, aguacate-*Persea americana*, mango-*Mangifera indica*, coco-*Cocos nucifera*, pastura y matorral seco) en República Dominicana”

17 al 23 de abril de 2018

Instructores: Dr. Rolando Cerda, M.Sc. Diego Delgado, Ing. Juan José Serrano (CATIE)

Apoyo técnico y logístico: Dr. Abel Hernandez, Dr. Carlos Rivas (AGROFORSA)

Participantes: técnicos integrantes de las cuadrillas

Participaron y apoyaron también: el personal técnico de la Unidad de Monitoreo Forestal. Viceministerio de Recursos Forestales. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Objetivo. Enseñar y practicar los protocolos de instalación de unidades de muestreo, mediciones dasométricas, y muestreos de hojarasca y suelo.

A continuación, se describe las actividades de cada día:

Día 17/4/18: se realizó una reunión en las instalaciones del CEDAF en Santo Domingo, para explicar los alcances y características del trabajo de medición de biomasa y de carbono en usos de suelo de no bosque. Se mostraron en presentaciones en power point las metodologías de instalación de parcelas y de medición de biomasa y los pasos que cada cuadrilla debe de aplicar en campo (se presentan en la carpeta digital “Presentaciones en aula”). Por la tarde, se procedió a conformar las cuadrillas y a realizar la distribución de materiales y equipo que deben de utilizar. Para el trabajo en campo se conformaron tres cuadrillas de cuatro personas cada una. Un líder fue nombrado provisionalmente para cada una de las cuadrillas.



Fotos 1. Personal del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, de AGROFORSA Y DEL CATIE en la sesión de aula. Y personal de CATIE junto con los integrantes de las cuadrillas de campo en una de las prácticas de campo

Día 18/4/18: en la mañana el grupo se trasladó a Baní. Ahí se desarrolló una práctica en campo, específicamente en una plantación de mango. Las tres cuadrillas realizaron la práctica por separado, asesorados por técnicos de CATIE y del Ministerio del Medio Ambiente de República Dominicana. La práctica consistió en establecer en campo todas las unidades de muestreo requeridas y medir todos los componentes de biomasa y suelo. Se utilizó el equipo de campo adquirido para el trabajo (hipsómetro, clinómetro, brújula, balanzas electrónicas para el pesaje de hojarasca, cilindros para la toma de muestras de suelo, etc). Prácticas de medición de alturas y distancias con hipsómetro y clinómetros fueron realizadas. Una vez terminada la práctica se discutió con los jefes de cuadrilla sobre la aplicación de las metodologías de medición, con el propósito de obtener sus impresiones, analizar posibles inconvenientes o limitaciones de las cuadrillas y tratar de solventarlas. También se recibieron e introdujeron mejoras en los protocolos y en los pasos de medición propuestos inicialmente.



Fotos 2. Proceso de explicación del trabajo de inventario a la dueña de parcela de mango, y foto de la plantación de mango donde se realizó la práctica de establecimiento de la unidad de muestreo y toma de datos

Día 19/4/18: se procedió a realizar una nueva práctica de campo en una plantación de café. La práctica consistió en ubicar con GPS el punto geográfico definido para la instalación de la parcela de muestreo. Este aspecto es clave en el trabajo y aunque los líderes de cuadrilla cuentan con experiencia en el uso de GPS, fue necesario profundizar tal conocimiento a fin de asegurar la pronta ubicación de los sitios específicos de muestreo.

El grupo de 12 personas procedió a ubicar las coordenadas geográficas en la finca de café. Cuando se ubicó el punto finalmente, este no estaba en una plantación de café, sino en un bosque secundario, que posiblemente hace varias décadas haya sido un cafetal productivo. Esto sirvió para discutir varios temas:

- Se discutieron requerimientos tecnológicos para facilitar la ubicación de puntos (necesidades de mapas con caminos de acceso, uso de teléfonos con Google maps para complementar la información del GPS, etc)
- ¿Qué hacer en esos casos que el uso de suelo no corresponde a lo indicado en el listado?
 - Los técnicos del Ministerio de Ambiente sugirieron que en esos casos, si hay un uso del suelo correspondiente al de la lista cercano a al punto donde supuestamente estaría, entonces la cuadrilla hace el trabajo en ese uso de suelo y lo reporta a los técnicos del Ministerio.
 - Si no hay ningún uso de suelo parecido, entonces se toma las fotos correspondientes en el punto de origen y se informa al ministerio

Ese mismo día, aunque no se encontró la parcela de café, ni ningún cafetal cerca, se procedió a hacer las siguientes prácticas:

- Corrección de la distancia sobre terreno en caso de haber pendientes. Para eso se les enseñó a tomar el ángulo de la pendiente y usar una tabla de corrección de distancias en terreno, de tal forma que la distancia horizontal de la unidad de muestreo siempre sea 20x50m
- Práctica de muestreo de suelos. Los técnicos del Ministerio de Ambiente, después de haber consultado con los encargados del inventario de bosque, explicaron cómo se debía hacer el muestreo para densidad aparente, y muestreo de suelo para análisis de carbono orgánico



Foto 3. Muestreo de densidad aparente, a partir de 15 cm de profundidad, con un tubo de volumen conocido

Día 20/4/18 se realizó una práctica de refuerzo de medición de diámetros a la altura del pecho (dap) y alturas de árboles y de distancias utilizando el hipsómetro; esto en el parque de Baní dado que se necesitaba un lugar con los árboles bien visibles para reforzar los criterios de medición. Se practicó la medición de alturas con cintas duras cuando los árboles son hasta 6 m de altura, y con hipsómetros cuando superan los 6 m.

Luego de la práctica se regresó a Santo Domingo. En el recorrido a Santo Domingo, el grupo se detuvo en un matorral seco para explicar y mostrar cual es el proceso de identificación de especies y de colecta de muestras botánicas. Se hizo una práctica de toma y preparación de muestras botánicas para su almacenamiento y envío a taxónomos calificados. También se conversó sobre la necesidad de fotografiar a las especies desconocidas, y se discutieron aspectos sobre la calidad de las fotos a tomar.



Fotos 4. Explicación de preparación de muestras para enviar a un herbario

El mismo **día 20/4/18** por la tarde hubo una reunión en las oficinas de AGROFORSA para discutir sobre la logística del trabajo de las cuadrillas (requerimientos de vehículos, viáticos, contactos para brindar información del trabajo, reportes, etc). Además, se realizó una práctica final del uso de GPS para ubicar un punto de coordenadas conocidas en la ciudad.

Día 21/4/18 los expertos de CATIE y de AGROFORSA se reunieron para:

- determinar el lugar donde iniciarán las labores de campo
- ingresar las coordenadas en los GPS que utilizarán los líderes de cuadrillas
- hacer ajustes finales a los formularios de campo, ordenarlos por uso de suelo e imprimirlos
- explicar el proceso de digitación de datos (base de datos) y armado de carpetas digitales para cada parcela (unidad de muestreo)
- definir finalmente quiénes serían los líderes de cuadrillas, con base en lo observado en los días previos de entrenamiento

Día 21/4/18 se hizo una última práctica dirigida por el líder de la consultoría de CATIE (Dr. Rolando Cerda). Hasta ese día, en días previos, se habían hecho todas las mediciones necesarias en diferentes días y lugares, y se habían ajustado los protocolos y formularios. Entonces, se buscó un cacaotal cerca de San Francisco de Macoris, donde se hizo un levantamiento completo del inventario y de muestreos. Las tres cuadrillas trabajaron en parcelas ubicadas lado a lado para compartir sus dudas y reflexionar sobre qué hacer en casos que se presentaban mediciones especiales. A continuación fotos de esta práctica final:



Trazado de las unidades



Medición de alturas con cinta dura



Calificación de estado y forma de árbol



Prácticas de medidas con hipsómetros, diferentes aplicaciones: medición de distancias, medición de alturas, medición de ángulos (para pendientes)

Fotos 5. Prácticas de diferentes mediciones en cacaotal

ANEXO 3. Altura, diámetros de copa y área de copa de árboles de cultivos principales y de otros árboles (diferentes al cultivo) presentes en las coberturas de No Bosque

Altura, diámetro de copa y área de copa de árboles del cultivo principal en coberturas de No Bosque, República Dominicana (2018)

	Altura total (m)			Diámetro de copa (m)			Área copa (m)		
Cobertura	Media	D.E.	CV	Media	D.E.	CV	Media	D.E.	CV
AGUACATE	5.1	1.59	31.27	4	1.76	44.08	16.13	11.43	70.86
CACAO	4.99	1.26	25.19	4.08	1.17	28.57	15.61	7.96	50.96
CAFÉ	2.76	0.74	26.99	1.66	0.62	37.37	2.72	1.78	65.3
COCO	13.3	3.23	24.25	5.96	2.62	43.99	33.51	22.22	66.29
MANGO	4.31	1.95	45.21	4.86	2.06	42.39	22.73	16.08	70.75

Altura, diámetro de copa y área de copa de árboles diferentes al cultivo principal en coberturas de No Bosque, República Dominicana (2018)

			Altura total (m)			Altura total máxima (m)			Diámetro de copa (m)			Área de copa (m2)		
Cobertura	Árboles con dap	% parcelas con datos	Media	D.E.	C.V.	Media	D.E.	C.V.	Media	D.E.	C.V.	Media	D.E.	C.V.
AGUACATE	2-10cm	25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUACATE	>10cm	25.0	8.77	8.74	99.66	8.85	8.85	100.01	4.84	2.24	46.22	20.41	17.07	83.60
CACAO	2-10cm	97.5	4.20	1.73	41.15	4.51	1.61	35.64	2.69	0.87	32.27	6.38	4.29	67.35
CACAO	>10cm	97.5	13.19	4.61	34.96	21.57	7.45	34.54	7.03	2.22	31.54	50.32	32.67	64.93
CAFÉ	2-10cm	100.0	5.09	1.26	24.69	5.70	1.34	23.48	3.04	1.05	34.49	8.85	6.08	68.64
CAFÉ	>10cm	100.0	13.27	3.29	24.77	20.13	5.36	26.64	8.69	2.05	23.58	71.57	32.44	45.34
COCO	2-10cm	91.7	3.63	1.89	52.25	4.22	2.84	67.21	2.50	1.42	57.00	6.23	5.80	93.17
COCO	>10cm	91.7	11.80	3.82	32.36	15.44	6.22	40.26	6.71	1.82	27.10	41.27	21.18	51.31
MANGO	2-10cm	28.6	3.90	0.00	0.00	4.90	0.00	0.00	2.19	0.00	0.00	3.84	0.00	0.00
MANGO	>10cm	28.6	8.70	3.53	40.59	11.85	0.92	7.76	5.59	1.55	27.72	26.29	12.54	47.69
MATORRAL SECO	2-10cm	72.0	3.80	0.88	23.15	4.71	0.92	19.50	2.54	0.69	27.23	6.13	3.19	52.11
MATORRAL SECO	>10cm	72.0	6.73	2.11	31.32	8.57	2.78	32.44	5.62	2.04	36.38	30.33	24.30	80.12
PASTO	2-10cm	69.2	4.16	1.99	47.83	4.27	2.01	47.05	2.76	3.41	123.66	13.34	26.67	199.90
PASTO	>10cm	69.2	8.95	4.01	44.81	10.77	5.33	49.47	6.15	2.43	39.60	36.61	27.42	74.90

ANEXO 4. Lista de especies leñosas (diámetro de tronco > 2cm) inventariadas en coberturas de No Bosque

Lista de especies leñosas (diámetro de tronco > 2cm) en plantaciones de cacao, República Dominicana (2018)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Abundancia BAM	Abundancia UMP	Abundancia TOTAL	Abundancia Relativa
AMAPOLA	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Fabaceae	2	81	83	18.86
PIÑON CUBANO	<i>Gliricidia sepium</i> Jacq	Fabaceae	7	57	64	14.55
AGUACATE	<i>Persea americana</i> Mill	Lauraceae	3	52	55	12.50
NARANJA	<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae	7	32	39	8.86
ZAPOTE	<i>Pouteria sapota</i> Jacq	Sapotaceae	4	16	20	4.55
JUAN PRIMERO	<i>Simarouba glauca</i> DC	Simaroubaceae	1	13	14	3.18
COCO	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae	0	13	13	2.95
GRAYUMBO	<i>Cecropia peltata</i> L.	Cecropiaceae	0	12	12	2.73
CAFÉ	<i>Coffea arabica</i>	Rubiaceae	12	0	12	2.73
GUAMA	<i>Inga sp.</i>	Fabaceae	0	12	12	2.73
MANGO	<i>Mangifera indica</i> L	Anacardiaceae	1	10	11	2.50
CABIRMA	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae	0	7	7	1.59
JOBO	<i>Spondias purpurea</i> L	Anacardiaceae	0	7	7	1.59
GUAYABA	<i>Psidium guajava</i> L	Myrtaceae	0	6	6	1.36
CAOBA HONDUREÑA	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	0	6	6	1.36
JOBOBAN	<i>Trichilia hirta</i> L	Malvaceae	0	5	5	1.14
RAMON	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	0	4	4	0.91
MACADAMIA	<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Botche	Proteaceae	3	1	4	0.91
MANDARINA	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	0	3	3	0.68
NARANJA DULCE	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	0	3	3	0.68
PAPAGAYO	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	Euphorbiaceae	0	3	3	0.68
CIGUA BLANCA	<i>Ocotea coriacea</i> (Sw) Griseb	Lauraceae	0	3	3	0.68
CASTAÑA	<i>Castanea sativa</i>	Fagaceae	1	1	2	0.45
JAGUA	<i>Genipa americana</i> L	Rubiaceae	0	2	2	0.45
GUÁSIMA	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	0	1	1	0.23
JABILLA	<i>Hura crepitans</i> L	Euphorbiaceae	0	2	2	0.45
CIGUA PRIETA	<i>Licaria triandra</i> Sw	Lauraceae	0	2	2	0.45
MEMISO	<i>Muntingia calabura</i> L	Moraceae	0	2	2	0.45
GUANABANA	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	0	1	1	0.23
PAN DE FRUTA	<i>Artocarpus integrifolia</i> L.f.	Moraceae	0	1	1	0.23
MARA	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Calophyllaceae	0	1	1	0.23
HIGUERO	<i>Crescentia cujete</i> L	Bignoniaceae	0	1	1	0.23
GUARANA	<i>Cupania americana</i> L	Sapindaceae	0	1	1	0.23
HIGO	<i>Ficus altissima</i> Blume	Moraceae	0	1	1	0.23
CABIRMA SANTA	<i>Guarea trichilioides</i> L	Meliaceae	0	1	1	0.23
GUAYUYO	<i>Piper amalago</i> L	Piperaceae	1	0	1	0.23
PINO CRIOLLO	<i>Pinus occidentalis</i> Sw	Pinaceae	0	1	1	0.23
CIRUELA	<i>Prunus sp</i>	Rosaceae	0	1	1	0.23
PERA	<i>Pyrus communis</i>	Rosaceae	0	1	1	0.23
PALO LECHE	<i>Rauwolfia sp</i>	Apocynaceae	0	1	1	0.23
CANDONGO	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq) Baill	Annonaceae	0	1	1	0.23
PALO DE SABLE	<i>Schefflera morototoni</i> Aubl	Araliaceae	0	1	1	0.23
TULIPAN AFRICANO	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	0	1	1	0.23
NN	NN	NN	2	26	28	6.36

NN: agrupa especies de difícil identificación, inusuales en este tipo de plantaciones y que se inventariaron en pocas UM.



Lista de especies leñosas (diámetro de tronco > 2cm) en plantaciones de café, República Dominicana (2018)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Abundancia BAM	Abundancia UMP	Abundancia TOTAL	Abundancia Relativa
GUAMA	<i>Inga sp.</i>	<i>Fabaceae</i>	7	211	218	46.78
AGUACATE	<i>Persea americana</i> Mill	<i>Lauraceae</i>	0	19	19	4.08
JUAN PRIMERO	<i>Simarouba glauca</i> DC	<i>Simaroubaceae</i>	16	0	16	3.43
CEDRO	<i>Cedrela odorata</i> L.	<i>Meliaceae</i>	4	8	12	2.58
GRAYUMBO	<i>Cecropia peltata</i> L.	<i>Cecropiaceae</i>	0	11	11	2.36
NARANJA	<i>Citrus aurantium</i>	<i>Rutaceae</i>	2	9	11	2.36
CABIRMA	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	<i>Meliaceae</i>	4	6	10	2.15
NARANJA DULCE	<i>Citrus sinensis</i>	<i>Rutaceae</i>	2	7	9	1.93
AMAPOLA	<i>Erythrina poeppigiana</i>	<i>Fabaceae</i>	0	9	9	1.93
PALO DE BURRO	<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	<i>Fabaceae</i>	1	7	8	1.72
PAPAGAYO	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	0	7	7	1.50
CACAO	<i>Theobroma cacao</i> L.	<i>Malvaceae</i>	7	0	7	1.50
ALFILER	<i>Huetea cubensis</i> Griseb	<i>Tapisciaceae</i>	6	0	6	1.29
PALO DE BIJA	<i>Bixa orellana</i>	<i>Bixaceae</i>	3	2	5	1.07
TORONJA	<i>Citrus paradisi</i>	<i>Rutaceae</i>	0	4	4	0.86
GREVILLEA	<i>Grevillea robusta</i>	<i>Proteaceae</i>	0	4	4	0.86
PALO DE LECHE	<i>Rhigospira quadrangularis</i>	<i>Apocynaceae</i>	1	3	4	0.86
PALMA REAL	<i>Roystonea hispaniolana</i> H.B.K.	<i>Arecaceae</i>	0	4	4	0.86
ALMACIGO	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	<i>Burseraceae</i>	0	3	3	0.64
PALO DE MACO	<i>Capparis eustachiana</i> Urb	<i>Capparaceae</i>	2	1	3	0.64
ZAPOTE	<i>Pouteria sapota</i> Jacq	<i>Sapotaceae</i>	0	3	3	0.64
GUAYABA	<i>Psidium guajava</i> L	<i>Myrtaceae</i>	0	3	3	0.64
PINO MACHO	<i>Zanthoxylum elephantiasis</i> Macfad	<i>Rutaceae</i>	0	3	3	0.64
LIMON	<i>Citrus limon</i>	<i>Rutaceae</i>	2	0	2	0.43
CORAZON DE PALOMA	<i>Colubrina sp</i>	<i>Rhamnaceae</i>	0	2	2	0.43
HIGO	<i>Ficus altissima</i> Blume	<i>Moraceae</i>	0	2	2	0.43
MANGO	<i>Mangifera indica</i> L	<i>Anacardiaceae</i>	0	2	2	0.43
MEMISO	<i>Muntingia calabura</i> L	<i>Moraceae</i>	0	2	2	0.43
RAMON DE VACA	<i>Trophis racemosa</i> L	<i>Moraceae</i>	0	2	2	0.43
LIMON PERSA	<i>Citrus latifolia</i>	<i>Rutaceae</i>	1	0	1	0.21
GUARANA	<i>Cupania americana</i> L	<i>Sapindaceae</i>	0	1	1	0.21
PALO DE VIENTO	<i>Didymopanax tremulus</i> Krug & Urban	<i>Araliaceae</i>	0	1	1	0.21
LAUREL	<i>Ficus microcarpa</i> L.F	<i>Moraceae</i>	0	1	1	0.21
PALO BLANCO	<i>Ilex sp</i>	<i>Aquifoliaceae</i>	0	1	1	0.21
GINA	<i>Inga laurina</i> Sw	<i>Fabaceae</i>	0	1	1	0.21
CIGUA	<i>Nectandra hihua</i> (R. & P.) Rohwer	<i>Lauraceae</i>	0	1	1	0.21
CIGUA BLANCA	<i>Ocotea coriacea</i> (Sw) Griseb	<i>Lauraceae</i>	0	1	1	0.21
CAFETAN	<i>Palicourea eriantha</i> DC	<i>Rubiaceae</i>	1	0	1	0.21
ANISILLO	<i>Piper aduncum</i> L	<i>Piperaceae</i>	0	1	1	0.21
PINILLO	<i>Podocarpus guatemalensis</i>	<i>Podocarpaceae</i>	0	1	1	0.21
ALMENDRITO	<i>Prunus myrtifolia</i> L	<i>Rosaceae</i>	0	1	1	0.21
PERA	<i>Pyrus communis</i>	<i>Rosaceae</i>	0	1	1	0.21
JOBO	<i>Spondias purpurea</i> L	<i>Anacardiaceae</i>	0	1	1	0.21
PINO DE TETA /MACHO	<i>Zanthoxylum martinicense</i> (Lam) DC	<i>Rutaceae</i>	0	1	1	0.21
NN	NN	NN	3	57	60	12.88

NN: agrupa especies de difícil identificación, inusuales en este tipo de plantaciones y que se inventariaron en pocas UM.

Lista de especies leñosas (diámetro de tronco > 2cm) en plantaciones de coco, República Dominicana (2018)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Abundancia BAM	Abundancia UMP	Abundancia TOTAL	Abundancia Relativa
GRAYUMBO	<i>Cecropia peltata</i> L.	<i>Cecropiaceae</i>	0	8	8	19.51
GUARANA	<i>Cupania americana</i> L	<i>Sapindaceae</i>	0	7	7	17.07
PALMA REAL	<i>Roystonea hispaniolana</i> H.B.K.	<i>Arecaceae</i>	0	5	5	12.20
GUAMA	<i>Inga sp.</i>	<i>Fabaceae</i>	0	3	3	7.32
BUEN PAN	<i>Artocarpus altilis</i>	<i>Moraceae</i>	0	2	2	4.88
NARANJA	<i>Citrus aurantium</i>	<i>Rutaceae</i>	0	1	1	2.44
HIGUERO	<i>Crescentia cujete</i> L	<i>Bignoniaceae</i>	0	1	1	2.44
AMAPOLA	<i>Erythrina poeppigiana</i>	<i>Fabaceae</i>	0	1	1	2.44
GUÁSIMA	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Sterculiaceae</i>	0	2	2	4.88
PALO BLANCO	<i>Ilex sp</i>	<i>Aquifoliaceae</i>	0	1	1	2.44
MANGO	<i>Mangifera indica</i> L	<i>Anacardiaceae</i>	0	1	1	2.44
CIGUA BLANCA	<i>Ocotea coriacea</i> (Sw) Griseb	<i>Lauraceae</i>	0	1	1	2.44
GUAPALMO	<i>Paullinia cupana</i>	<i>Sapindaceae</i>	0	1	1	2.44
AGUACATE	<i>Persea americana</i> Mill	<i>Lauraceae</i>	0	1	1	2.44
PALO DE LECHE	<i>Rhigospira quadrangularis</i>	<i>Apocynaceae</i>	0	1	1	2.44
JUAN PRIMERO	<i>Simarouba glauca</i> DC	<i>Simaroubaceae</i>	0	1	1	2.44
NN	NN	NN	0	4	4	9.76

NN: agrupa especies de difícil identificación, inusuales en este tipo de plantaciones y que se inventariaron en pocas UM.

Lista de especies leñosas (diámetro de tronco > 2cm) en matorrales secos, República Dominicana (2018)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Abundancia BAM	Abundancia UMP	Abundancia TOTAL	Abundancia Relativa
CAMBRON	<i>Prosopis juliflora</i>	<i>Fabaceae</i>	102	118	220	36.79
BAITOA	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (Poisson) Taub	<i>Ulmaceae</i>	17	40	57	9.53
PALMA GUANO	<i>Coccothrinax argentea</i> Lodd	<i>Arecaceae</i>	0	56	56	9.36
ALMACIGO	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	<i>Burseraceae</i>	12	37	49	8.19
PALO AMARGO	<i>Trichilia pallida</i> Swartz	<i>Meliaceae</i>	36	1	37	6.19
GUAYACAN	<i>Guaiacum officinale</i> L	<i>Zygophyllaceae</i>	12	2	14	2.34
CANDELON	<i>Acacia skleroxyla</i> Tuss	<i>Fabaceae</i>	9	4	13	2.17
PALO DE BURRO	<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	<i>Fabaceae</i>	10	2	12	2.01
PIÑI PIÑI	<i>Exostema caribaeum</i> Jacq	<i>Rubiaceae</i>	11	0	11	1.84
CIGUA BLANCA	<i>Ocotea coriacea</i> (Sw) Griseb	<i>Lauraceae</i>	9	2	11	1.84
PALO DE CHIVO	<i>Zanthoxylum fagara</i>	<i>Rutaceae</i>	10	1	11	1.84
SAHONA	<i>Ziziphus rignoni</i> Delp.	<i>Rhamnaceae</i>	1	10	11	1.84
CAIMITO	<i>Chrysophyllum cainito</i> L	<i>Sapotaceae</i>	8	0	8	1.34
CUCHARITA	<i>Thouinia trifoliata</i>	<i>Sapindaceae</i>	2	6	8	1.34
ESCOBON	<i>Eugenia</i> sp	<i>Myrtaceae</i>	5	2	7	1.17
PALO DE LECHE	<i>Rhigospira quadrangularis</i>	<i>Apocynaceae</i>	6	0	6	1.00
COTINILLA	<i>Metopium toxiferum</i> L	<i>Anacardiaceae</i>	0	5	5	0.84
CAYUCO	<i>Lamaireocereus hystrix</i>	<i>Combretaceae</i>	4	0	4	0.67
GUACONEJO	<i>Amyris</i> spp.	<i>Rutaceae</i>	3	0	3	0.50
GUAO	<i>Comocladia</i> spp.	<i>Anacardiaceae</i>	3	0	3	0.50
CAOBA HONDUREÑA	<i>Swietenia macrophylla</i> King	<i>Meliaceae</i>	1	2	3	0.50
OREGANILLO	<i>Calliandra haematomma</i> (Berth.) Benth	<i>Fabaceae</i>	2	0	2	0.33
LINO	<i>Leucaena glauca</i> L	<i>Fabaceae</i>	2	0	2	0.33
OLIVO	<i>Olea europaea</i> L	<i>Oleaceae</i>	0	2	2	0.33
OLIVO ACEITUNO	<i>Simarouba berteriana</i> Krug & Urb	<i>Simaroubaceae</i>	0	2	2	0.33
ACACIA MANGIUM	<i>Acacia mangium</i> Willd	<i>Fabaceae</i>	1	0	1	0.17
GUATAPANAL	<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq) Willd	<i>Fabaceae</i>	1	0	1	0.17
CARGA AGUA	<i>Cassia crista</i> Jacq	<i>Fabaceae</i>	1	0	1	0.17
GUÁSIMA	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Sterculiaceae</i>	0	1	1	0.17
CAMPECHE	<i>Haematoxylon campechianum</i> L	<i>Fabaceae</i>	1	0	1	0.17
GUATAPANA	<i>Libidibia coriaria</i>	<i>Fabaceae</i>	0	1	1	0.17
PALO MUÑECO	<i>Quassia amara</i> L	<i>Simaroubaceae</i>	0	1	1	0.17
NN	NN	NN	24	10	34	5.69

NN: agrupa especies de difícil identificación, inusuales en este tipo de plantaciones y que se inventariaron en pocas UM.

Lista de especies leñosas (diámetro de tronco > 2cm) en pastos, República Dominicana (2018)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Abundancia BAM	Abundancia UMP	Abundancia TOTAL	Abundancia Relativa
PINO CARIBE	<i>Pinus caribaea</i>	<i>Pinaceae</i>	0	22	22	17.32
PINO CRIOLLO	<i>Pinus occidentalis</i> Sw	<i>Pinaceae</i>	0	10	10	7.87
JABILLA	<i>Hura crepitans</i> L	<i>Euphorbiaceae</i>	0	8	8	6.30
MANGO	<i>Mangifera indica</i> L	<i>Anacardiaceae</i>	0	4	4	3.15
AGUACATE	<i>Persea americana</i> Mill	<i>Lauraceae</i>	0	4	4	3.15
CAMBRON	<i>Prosopis juliflora</i>	<i>Fabaceae</i>	0	4	4	3.15
PIÑON	<i>Gliricidia sepium</i> Jacq	<i>Fabaceae</i>	0	3	3	2.36
BAITOA	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (Poisson) Taub	<i>Ulmaceae</i>	0	3	3	2.36
PINO	<i>Pinus sp</i>	<i>Pinaceae</i>	0	3	3	2.36
PALMA REAL	<i>Roystonea hispaniolana</i> H.B.K.	<i>Arecaceae</i>	0	3	3	2.36
CAIMITO	<i>Chrysophyllum cainito</i> L	<i>Sapotaceae</i>	0	2	2	1.57
NARANJA	<i>Citrus aurantium</i>	<i>Rutaceae</i>	0	2	2	1.57
PALMA CANA	<i>Sabal umbraculifera</i> Becc	<i>Arecaceae</i>	0	2	2	1.57
SAMAN	<i>Samanea saman</i> Willd	<i>Fabaceae</i>	0	2	2	1.57
COCO	<i>Cocos nucifera</i>	<i>Arecaceae</i>	0	1	1	0.79
CIGUA PRIETA	<i>Licaria triandra</i> Sw	<i>Lauraceae</i>	0	1	1	0.79
PINILLO	<i>Podocarpus guatemalensis</i>	<i>Podocarpaceae</i>	0	1	1	0.79
CANDONGO	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq) Baill	<i>Annonaceae</i>	0	1	1	0.79
JOBO	<i>Spondias purpurea</i> L	<i>Anacardiaceae</i>	0	1	1	0.79
POMO	<i>Syzygium jambos</i> L	<i>Myrtaceae</i>	0	1	1	0.79
NN	NN	NN	0	49	49	38.58

NN: agrupa especies de difícil identificación, inusuales en este tipo de plantaciones y que se inventariaron en pocas UM.

ANEXO 5. Estado general de la vegetación leñosa de coberturas de No Bosque

Estado general de los cultivos

Cobertura	% árboles con el agente					% árboles con el síntoma			
	Hongos	Parásitos	Insectos	Otros	Ninguno	Daño en hojas	Daño en corteza	Daño en brotes	Ninguno
AGUACATE	0	0	23.68	0	76.32	2.63	21.05	0	76.31
CACAO	20.56	14.72	9.09	0.65	54.98	18.44	31.45	0.43	49.67
CAFÉ	31.22	7.13	4.30	1.47	55.88	44.24	20.09	3.27	33.02
COCO	20.59	29.41	11.76	2.94	35.29	17.65	41.18	2.94	38.24
MANGO	0	0	21.74	0	78.26	0	17.39	0	82.61

Estado general de otras especies arbóreas (diferentes al cultivo principal) en coberturas de No Bosque

Cobertura	% árboles con el agente					% árboles con el síntoma			
	Hongos	Parásitos	Insectos	Otros	Ninguno	Daño en hojas	Daño en corteza	Daño en brotes	Ninguno
AGUACATE	0	0	0	0	100	0	0	0	100
CACAO	23.68	11.28	7.74	0.73	56.58	21.15	23.09	2.74	53.01
CAFÉ	12.95	2.08	2.44	0.83	81.7	3.64	18.09	0.2	78.07
COCO	14.81	1.85	18.45	0	64.88	31.35	6.48	0	62.17
MANGO	0	0	0	0	100	0	0	0	100
MATORRAL SECO	5.86	0.07	5.19	0.62	88.25	0.43	10.84	0	88.73
PASTO	21.93	13.6	17.11	0	47.37	7.89	52.13	0	39.98

Calidad de troncos de especies arbóreas (diferentes al cultivo principal) en coberturas de No Bosque

Cobertura	Rectitud			Forma		Fuste	
	Recto	Torcido	Inclinado	Cilíndrico	No cilíndrico	Uno	Bifurcado
AGUACATE	100	0	0	100	0	100	0
CACAO	68.38	26.86	4.77	78.88	21.12	69.33	30.67
CAFÉ	61.63	24.71	13.66	78.64	21.36	66.37	33.63
COCO	63.03	36.97	0	80.16	19.84	74.6	25.4
MANGO	68.75	31.25	0	93.75	6.25	50	50
MATORRAL SECO	85.77	11.57	2.65	90.86	9.14	61.88	38.53
PASTO	61.24	36.11	2.64	86.98	13.02	55.37	31.12

ANEXO 6. Datos de la regeneración arbórea natural, vegetación herbácea, y arbustos, lianas y bambú en las coberturas de No Bosque

Datos de la regeneración arbórea natural (RAN) en las coberturas de coco, matorral seco y pasto, República Dominicana (2018)

Cobertura	% de UM con datos de RAN	Densidades (ind/ha)			Altura (cm)			Altura máxima (cm)			Riqueza promedio de especies	Especie más común
		Prom.	D.E.	C.V.	Prom.	D.E.	C.V.	Prom.	D.E.	C.V.		
COCO	75%	7604.07	9035.31	118.82	45.31	22.21	49.03	70.00	36.93	52.76	1.83	GUAMA
MATORRAL	24%	1145.92	2597.55	226.68	80.49	33.84	42.04	90.39	33.03	36.54	1.19	CAMBRON
PASTO	27%	1796.50	4620.15	257.17	56.10	28.65	51.08	74.71	27.17	36.37	2.86	CAMBRON

Datos de la vegetación herbácea (UVH) en las coberturas de coco, matorral seco y pasto, República Dominicana (2018)

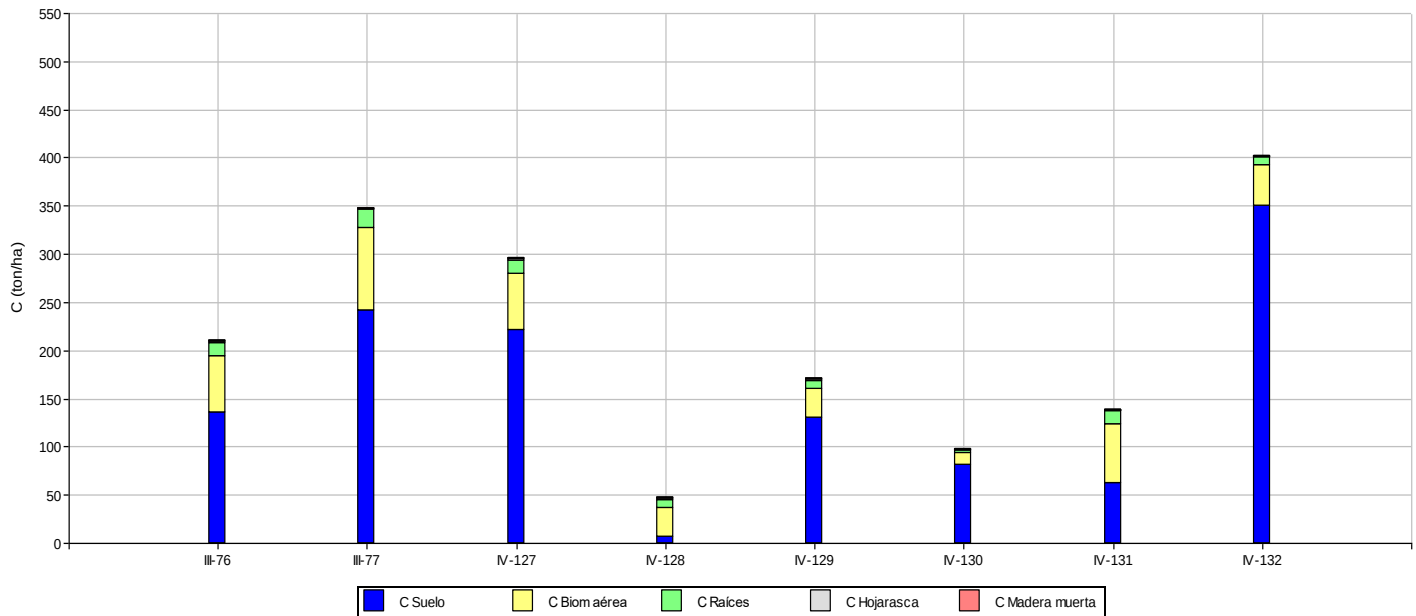
Cobertura	% parcelas con datos de UVH	Riqueza promedio de especies	Especie más común
COCO	100%	3.17	JUNQUILLO
MATORRAL SECO	56%	1.57	PAJON
PASTO	89%	1.96	HIERBA DE GUINEA

Datos de la vegetación de arbustos, lianas y bambú (ALB) en las coberturas de coco y matorral seco, República Dominicana (2018)

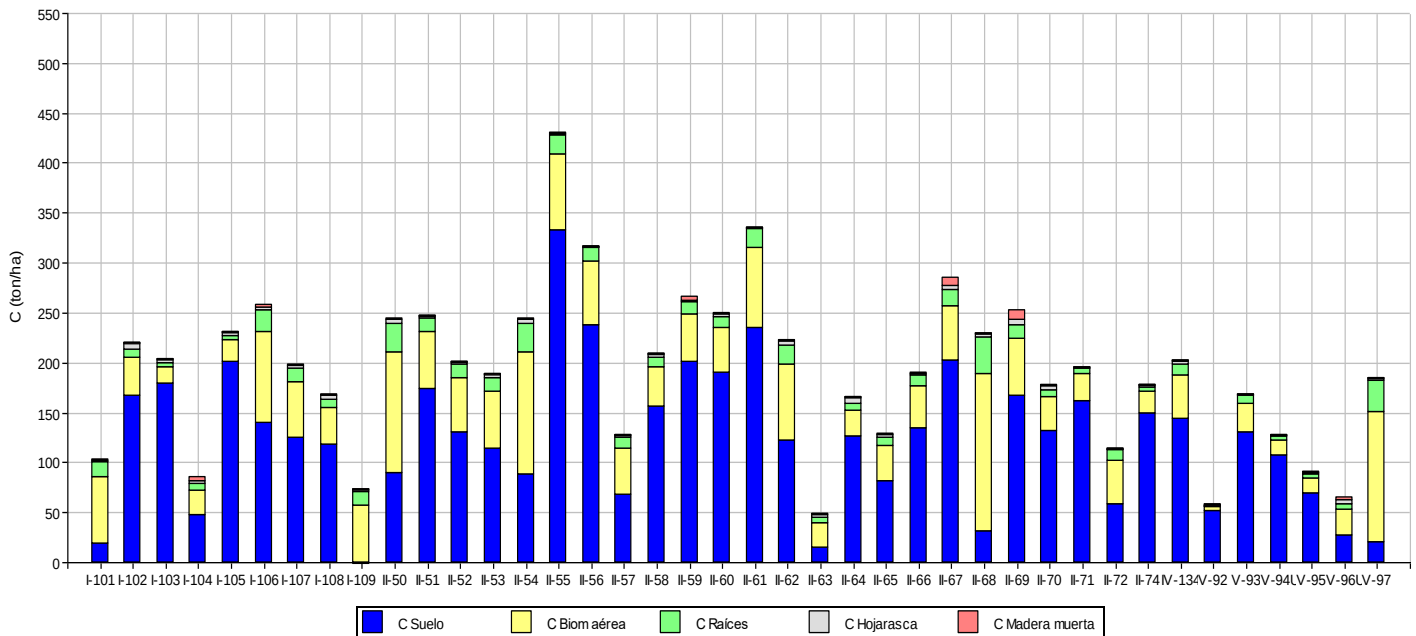
Cobertura	% parcelas con datos de UVH	Riqueza promedio de especies	Especie más común
COCO	100%	3.42	GUAYABA
MATORRAL SECO	36%	2.11	BAMBU

ANEXO 7. Contenido de carbono en los componentes de cada parcela (unidad de muestreo) de coberturas No Bosque

Estrato = AGUACATE

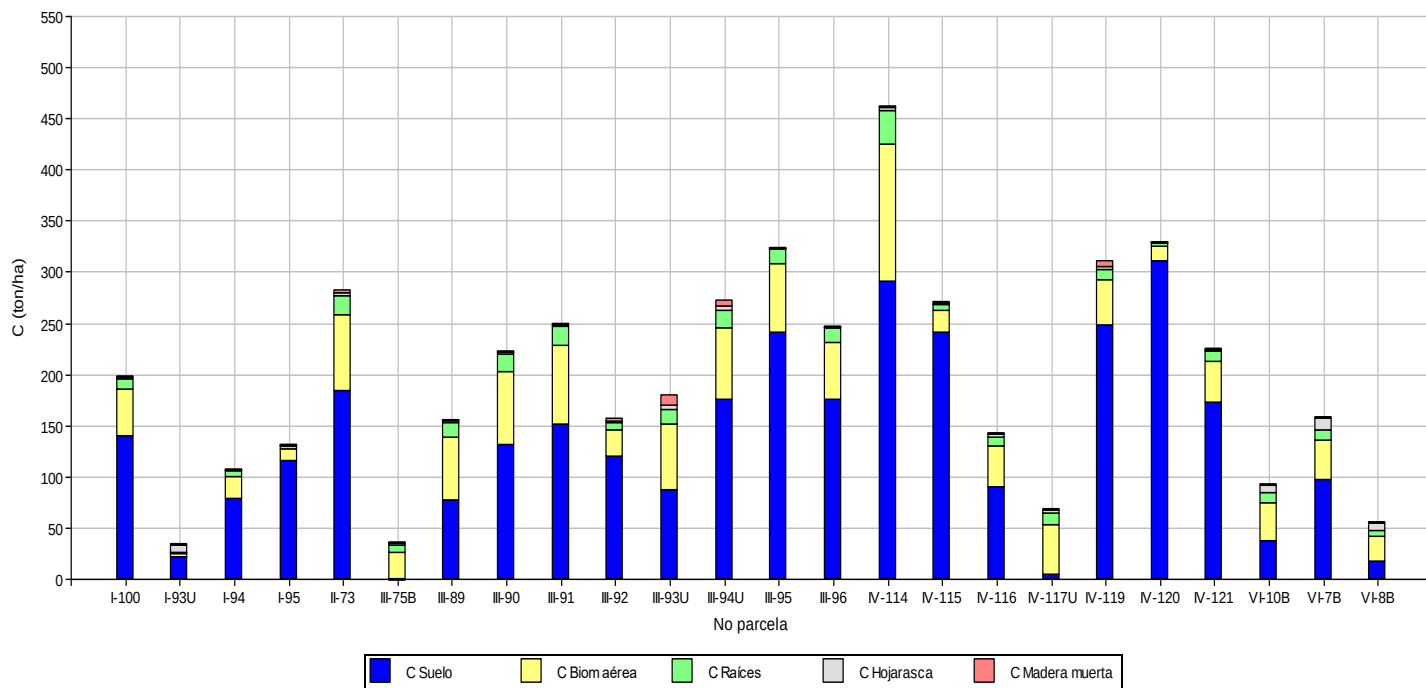


Estrato = CACAO

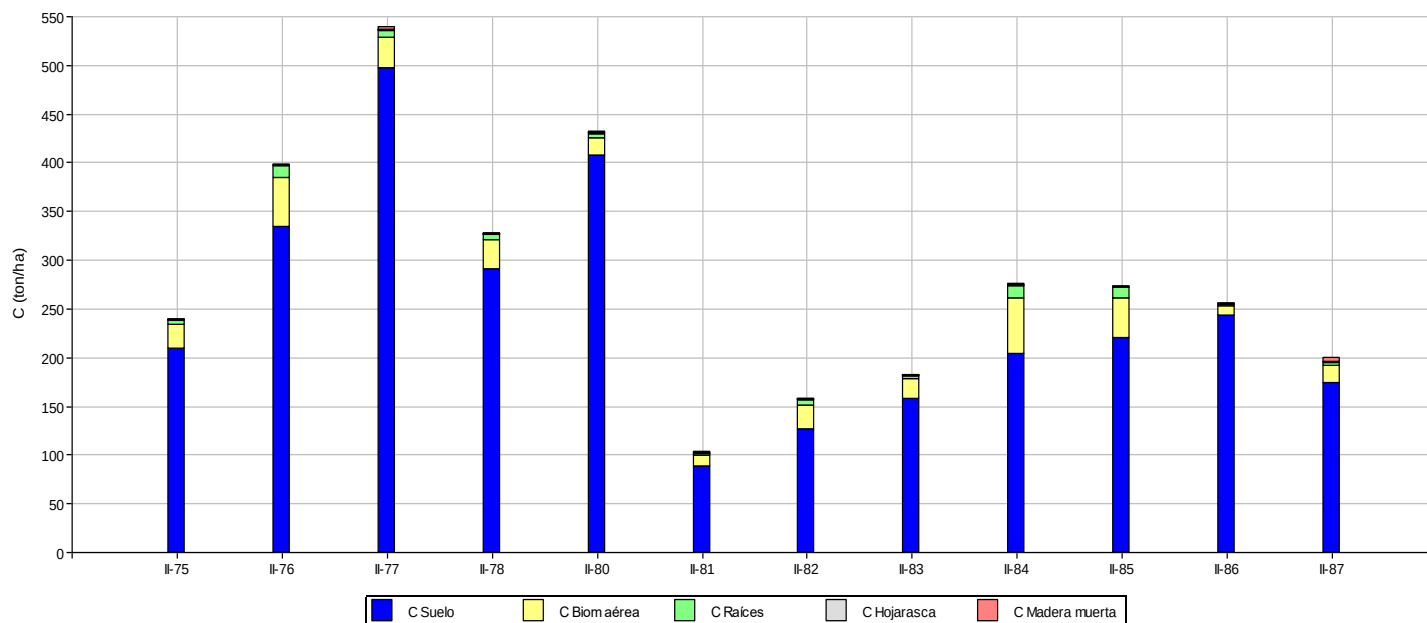


[Handwritten signature]

Estrato = CAFÉ

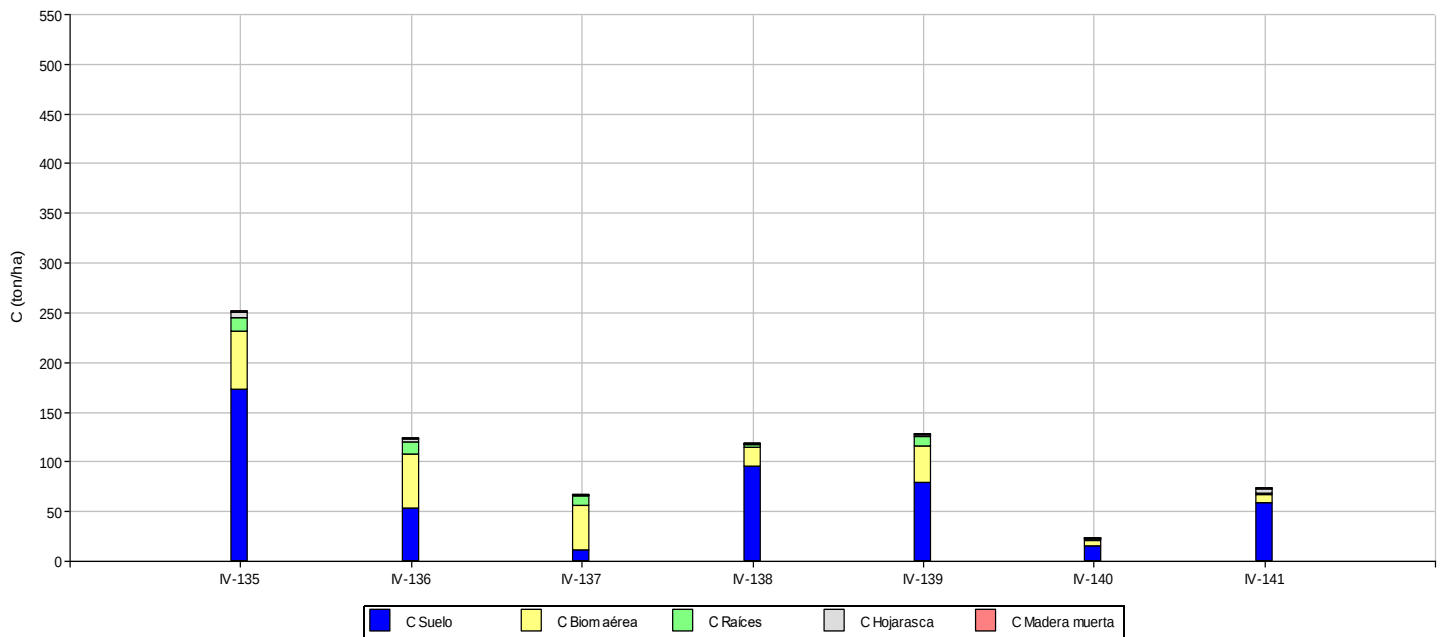


Estrato = COCO

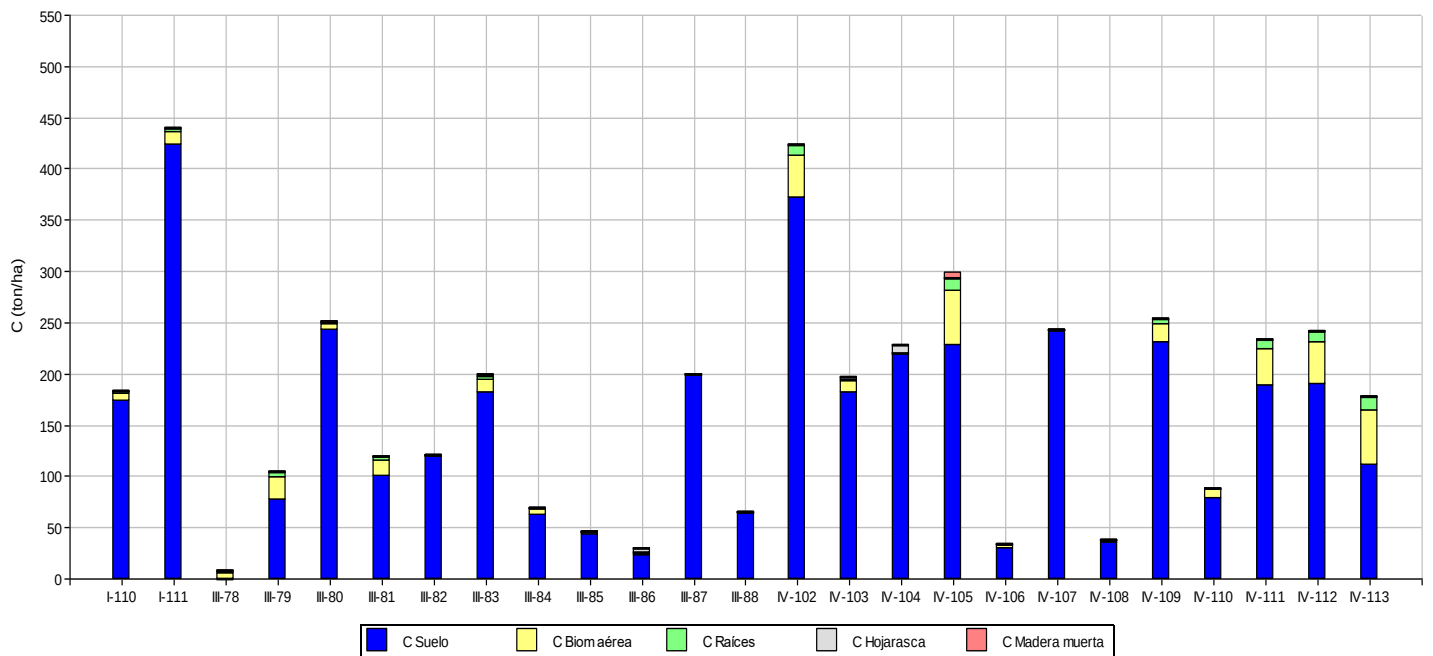


[Handwritten signature]

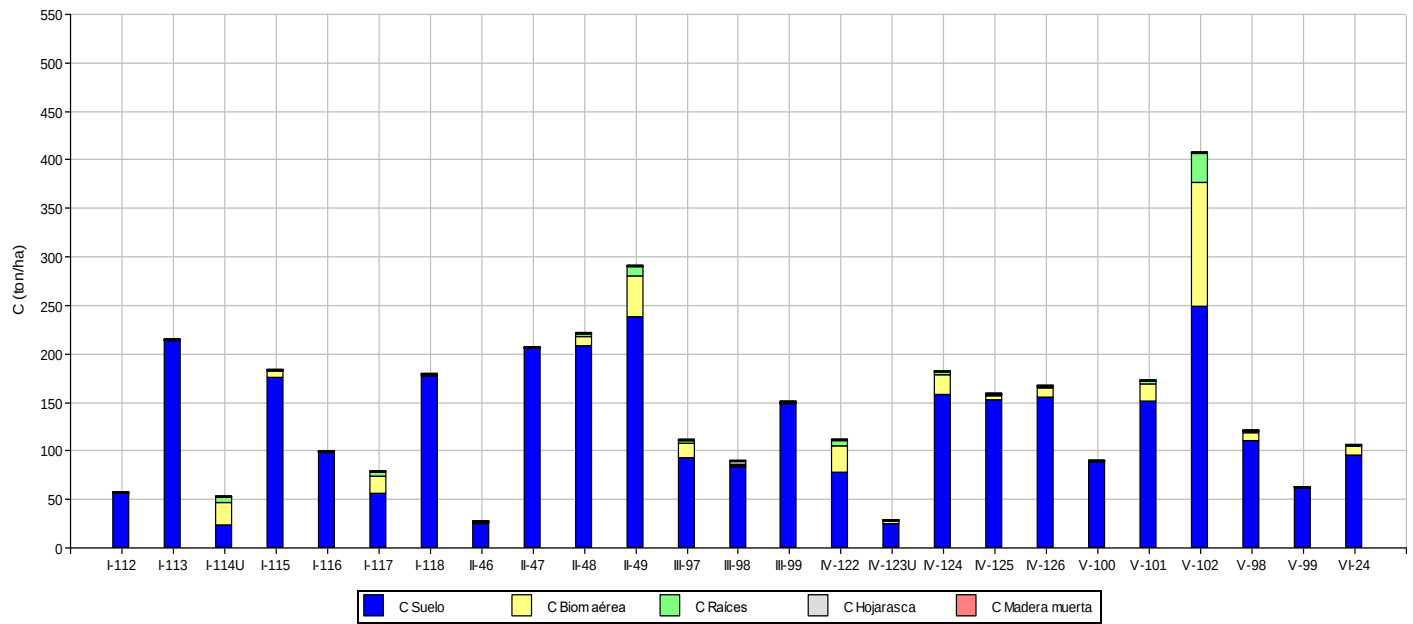
Estrato = MANGO



Estrato = MATORRAL SECO



Estrato = PASTO



[Signature]