



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Romagosa-Monier, Willian; Carracedo González, Claudio
**Acciones de mitigación al cambio climático en sistemas
agroforestales cafetaleros de Tercer Frente, Santiago de Cuba**
Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 1, 2021, Enero-Marzo, pp. 111-128
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181368034008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Acciones de mitigación al cambio climático en sistemas agroforestales cafetaleros de Tercer Frente, Santiago de Cuba

Climate change mitigation actions in coffee agroforestry systems of Tercer Frente, Santiago de Cuba

Autores:

Willian Romagosa-Monier, williamr@uo.edu.cu¹

Gualvis Machado-Carcases, gualvis@uo.edu.cu¹

Claudio Carracedo González, (claudio@megacen.ciges.inf.cu). Centro de Información y Gestión Tecnológica (Megacen). Santiago de Cuba, Cuba.

¹Universidad de Oriente, Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Departamento de Agronomía. Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

El estudio se realizó en el municipio Tercer Frente de Santiago de Cuba con el objetivo de diseñar acciones de mitigación al cambio climático en el sistema agroforestal cafetalero. Para la recolección de las muestras de campo se efectuó el inventario en 25 parcelas mediante un muestreo aleatorio simple. En cada unidad de muestreo se establecieron subparcelas para determinar del carbono retenido por los diferentes depósitos existentes y valorar la densidad de carbono por hectárea, el contenido total de carbono en maleza y hojarasca. Se integraron diferentes metodologías para diseñar el plan de acciones. El sistema agroforestal presentó una estructura y composición florística con bajos niveles de biodiversidad. Los depósitos de carbono poseen altas concentraciones de t C/ha, tanto en el estrato arbóreo como en el arbustivo, fortalecidos por elevados niveles de hojarasca en más del 95 % del agroecosistema.

Palabras clave: mitigación, carbono, sistema agroforestal cafetalero.

ABSTRACT

The study was carried out in the Tercer Frente Municipality of Santiago de Cuba with the aim of designing Climate Change Mitigation actions in the coffee agroforestry system. To collect the field samples, the inventory was carried out in 25 plots by means of a simple random sampling. In each sampling unit, subplots were established to determine the carbon retained by the different existing deposits and to assess the carbon density per hectare, the total carbon content in weeds and litter. Different methodologies were integrated to design the action plan. The agroforestry system presented a floristic structure and composition with low levels of biodiversity. Carbon deposits have high concentrations of t C / ha, both in the arboreal and shrub strata, which are strengthened by high levels of litter in more than 95% of the agroecosystem.

Keywords: mitigation, carbon, coffee agroforestry system.

INTRODUCCIÓN

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (2007), la reducción de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es una necesidad prioritaria para mitigar los impactos del calentamiento global. Una opción es conservar los recursos naturales, ya que las plantas retienen y almacenan CO₂ en su biomasa mediante la fotosíntesis. De ahí que se presente como alternativa la instauración de sistemas agroforestales (SAF) en los que se establecen cultivos con árboles y/o ganadería, con plantas perennes de alto potencial de almacenamiento de biomasa y carbono (C) (Ramachandran y Nair, 2014).

Según Canal y Andrade (2019), los SAF son una forma de uso de la tierra que satisface como mínimo tres condiciones básicas, relacionadas con la existencia de dos especies de plantas que interactúan biológicamente, donde al menos uno de los componentes es una leñosa perenne y el otro una planta manejada con fines agrícolas. También Andrade et al. (2018) plantean que los SAF son un medio eficiente para capturar carbono atmosférico en biomasa y suelos.

Para determinar la capacidad de almacenamiento de C de estos sistemas es necesario realizar estudios de biomasa, debido a que se encuentra en función de factores físicos y ambientales (Soto-Pinto et al., 2006). Se estima que entre el 40 y el 50 % de la biomasa corresponde a carbono (IPCC, 2007), lo que permite ingresar a los mecanismos de desarrollo limpio mediante bonos de carbono.

Las prácticas de la agricultura climática inteligente tienen un enfoque que permite satisfacer las necesidades alimentarias de la población, de modo que se adapten y sean resilientes a los cambios climáticos y que al mismo tiempo ayuden a mitigar sus efectos. En este sentido, los SAF favorecen la conservación de la diversidad y adicionalmente traen beneficios socioeconómicos para los productores (Herrera et al., 2016 y Machado y Ríos, 2016).

En Cuba el 25 de abril de 2017 fue aprobada por el Consejo de Ministros la *Tarea Vida: Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático* (Pell y Herrera, 2018), la cual constituye una propuesta integral de 5 acciones estratégicas y 11 tareas en función de la adaptación y mitigación de los ecosistemas nacionales.

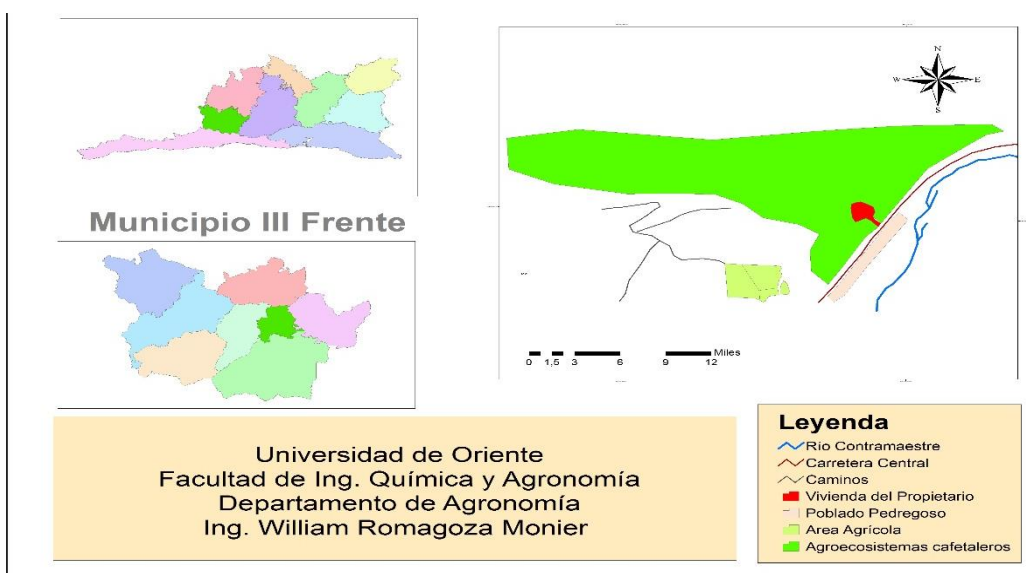
Las prácticas productivas tradicionales, influenciadas por los efectos del cambio climático en sistemas agroforestales cafetaleros de la Finca Pedregosos, han generado la disminución de la producción de biomasa vegetal, lo cual ha impactado negativamente en la fijación de carbono por parte de estos ecosistemas productivos.

El objetivo de la investigación fue diseñar acciones de mitigación al cambio climático en la Finca Pedregosos del municipio Tercer Frente, teniendo en cuenta indicadores de restauración y biodiversidad de los agroecosistemas cafetaleros.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Finca Pedregosos, caracterizada por ser un sistema agroforestal cafetalero de 25 años con una superficie total de 28 ha dedicadas al cultivo del café. La finca pertenece a la Cooperativa Jesús Menéndez en el Municipio Tercer Frente de la provincia de Santiago de Cuba y se encuentra ubicada en las coordenadas 20° 18' de latitud y 76° 15' de longitud (Figura 1).

Figura 1. Ubicación del área de estudio



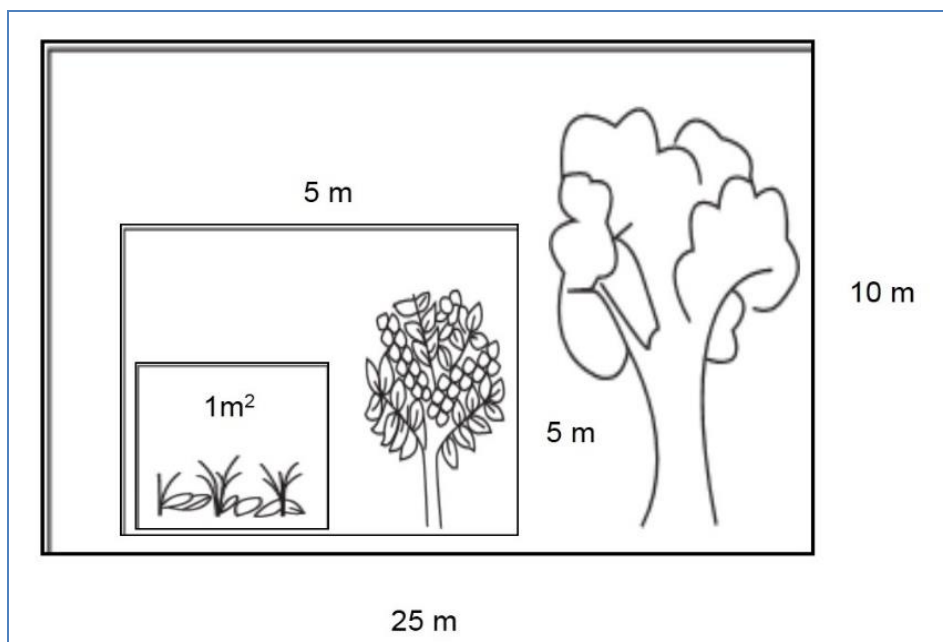
Fuente: autores.

Actualmente no consta una metodología que integre elementos para evaluar las estimaciones de carbono de los diferentes depósitos presentes en sistemas agroforestales

cafetaleros cubanos o en condiciones edafoclimáticas similares; por tal motivo, se propone la integración de las metodologías establecidas por Schlegel (2001), Cuenca et al. (2014) y Segura et al. (2006).

Mediante un muestreo aleatorio simple, disponiendo unidades de muestreo permanentes, se establecieron 25 parcelas de 10 m x 25 m (250 m²) en un sistema agroforestal cafetalero de 8 ha de superficie total. En cada unidad de muestreo se instauraron dos subparcelas de 1 y 5 m², en función de la determinación del carbono retenido por los diferentes depósitos existentes en el área de estudio (Figura 2).

Figura 2. Parcela rectangular de muestreo para la medición de carbono



Fuente: autores

El contenido total de carbono en maleza y hojarasca se determinó teniendo el peso húmedo y seco de las muestras vegetales, según la siguiente ecuación:

$MS = PS/PH$, Donde: MS = porcentaje de materia seca de la muestra (%), PS = Peso seco de la muestra (g) y PH = Peso húmedo de la muestra (g).

Para la conversión del peso húmedo de campo a biomasa seca se utilizó la ecuación:

$BT = PHc \times MS$, Donde: BT = Biomasa total seca (Kg) de la hojarasca, maleza, arbustos o árboles jóvenes; PHc = Peso húmedo total registrado en campo (Kg) y MS = materia seca de la muestra.

En la conversión de biomasa seca a carbono fue utilizado el factor de conversión estándar de 0,5 (IPCC, 2007). El uso de este factor es ampliamente encontrado en la literatura. Según nuestra experiencia el contenido de biomasa del material vegetal medido oscila entre 0,45 y 0,48. El error que resulta de utilizar el 0,5 es insignificante al compararlo con el error que surge del uso de las ecuaciones genéricas de biomasa y la variabilidad natural de los bosques.

Para la maleza y hojarasca medidas en la parcela pequeña, el contenido de carbono es convertido a toneladas para luego dividirlo en hectáreas dentro del área de muestreo, mediante la siguiente ecuación:

$$T\ C/ha = (BT \times 0,5/1000) / \text{área parcela (ha)}$$

El resultado obtenido se conoce como Densidad de carbono (T C/ha), la cual se promedia con los resultados de las otras parcelas. Este promedio es utilizado para calcular el contenido de carbono total en estos componentes, multiplicándolo por el área total del bosque, tal como se observa a continuación:

$$CT\ m-h = \text{Densidad de carbono} \times \text{área total del bosque}$$

El Índice de valor de importancia ecológica (IVIE) se determinó a través de la sumatoria de los parámetros de la estructura horizontal (Curtis y McIntosh, 1951).

$$IVIE = AR (\%) + DR (\%) + FR (\%)$$

Donde: AR= Abundancia relativa, DR= Dominancia relativa y FR= Frecuencia relativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por parte de sumideros naturales depende en gran medida del equilibrio y la fortaleza de los agroecosistemas, los cuales deben mostrar valores representativos de almacenamiento de carbono a partir de altas producciones de biomasa vegetal biodiversificada y con bajos índices de perturbación y degradación.

Las acciones de mitigación están encaminadas a la restauración del sistema agroforestal cafetalero estudiado, teniendo en cuenta los criterios definidos por Vargas (2007), quien sugiere 12 pasos o elementos a considerar en la elaboración del plan. Estos son:

1. Evaluar el estado actual del ecosistema o comunidad

2. Definir las escalas o niveles de organización del ecosistema
3. Establecer las escalas y jerarquías de disturbio
4. Lograr la participación comunitaria
5. Evaluar el potencial de regeneración del ecosistema
6. Establecer las barreras de restauración a diferentes escalas
7. Seleccionar las especies adecuadas para la restauración
8. Propagar y manejar las especies
9. Seleccionar los sitios
10. Diseñar estrategias para superar las barreras a la restauración
11. Monitorear los procesos de restauración
12. Consolidar el proceso de restauración

Caracterización del estrato arbóreo del agroecosistema

La composición florística está dada por la heterogeneidad de las plantas que se logran identificar en una determinada categoría de vegetación. En el sistema agroforestal cafetalero estudiado se identificó un total de 192 individuos distribuidos en 16 familias, 17 géneros y 19 especies leñosas, de las cuales 11 son especies de frutales.

Las familias *Meliaceae* y *Fabaceae* constituyen las más representadas con dos especies, cada una agrupando un total de 102 individuos, lo que representa el 53,12 % de las plantas inventariadas. Se destaca la presencia de especies de alto valor económico, ecológico y cultural, como el *Cedreria odorata* L. (cedro), *Samanea saman* Jacq. (algarrobo de olor) y *Roystonea regia*. Kunt. (palma real).

Índice de valor de importancia ecológica (IVIE)

En la tabla 1 se muestran los resultados del Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE). Las especies con los valores más altos fueron *Cedreria odorata* L, *Samanea saman* Jacq., *Roystonea regia* Kunth. Se evidencia la abundancia, dominancia y frecuencia no recomendada del cedro sobre el resto de las especies. En nuestro país se recomiendan 30 cedros por hectárea debido a la característica semicaducifolia de la especie.

Los valores menos representativos fueron encontrados por las especies *Citrus sinensis* Osbeck, *Cordia alliodora* Ruiz & Pav., *Gauzuma ulmifolia* Lam., *Sweitenia mahagoni* L.,

Acca selloriana O. Berg. Osorio (2013) planteó que la baja presencia de estas especies se debe a las pocas atenciones silviculturales que, de forma general, se desarrollan en estos agroecosistemas.

Tabla 1. Especies de mayor y menor índice de valor de importancia ecológica			
Especies	IVIE %	Especies	IVIE %
<i>Cedreia odorata</i> L.	144,7	<i>Musa paradisiaca</i> L.	9,65
<i>Samanea saman</i> Jacq.	112,7	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	9,26
<i>Roystonea regia</i> . Kunth O.F.Cook	105,8	<i>Sweitenia macrophylla</i> King.	5,30
<i>Anona muricata</i> L.	25,6	<i>Pouteria sapota</i> Jacq.	5,20
<i>Manguífera indica</i> L.	23,1	<i>Crescentia cujete</i> L.	5,07
<i>Gliricidia sepium</i> Jacq. Steud.	19,8	<i>Citrus sinensis</i> Osbeck.	4,96
<i>Persea Americana</i> Mill.	19,4	<i>Cordia alliodora</i> Ruiz & Pav.	4,90
<i>Bursera simaruba</i> L. Sargent	15,3	<i>Gauzuma ulmifolia</i> Lam.	4,82
<i>Melicoccus bujigatus</i> L.	10,3	<i>Sweitenia mahagoni</i> L.	4,80
<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	9,9	<i>Acca selloriana</i> O. Berg.	4,80

Fuente: autores

Entre las acciones propuestas para la mitigación se encuentra la combinación de cultivos y árboles en SAF; además, como plantean Vallejo *et al.* (2016), la asociación de árboles maderables en SAF de café y cacao hacen aportes claros en mitigación y adaptación por la variedad de servicios ecosistémicos ofertados.

Densidad de carbono por hectárea del estrato arbóreo

Los resultados más significativos fueron encontrados en las unidades de muestreo número 1 y 16 con valores de 60,1 y 31,3 t C/ha respectivamente. La alta concentración de carbono encontrada en el arbolado de la parcela 1 se debe a la presencia de dos individuos de *Bursera simaruba* L. Sargent., con dimensiones de 60,9 cm de diámetros, 10 m de altura total y 8 m de altura comercial, lo cual evidencia la necesidad de incorporar especies con características dasométricas representativas dentro del agroecosistema.

Las concentraciones menos representativas fueron encontradas en las parcelas 10, 21 y 24, las cuales presentan valores de 5 y 6 t C/ha. Esto se debe a la baja densidad poblacional existente en estas unidades de muestreo, caracterizadas por un solo individuo de *Samanea saman* Jacq., acompañado de otras especies frutales y forestales de pequeñas dimensiones.

Densidad de carbono por hectáreas del estrato arbustivo (plantas de café)

Los resultados más significativos fueron encontrados en las unidades de muestreo número 8 y 20 con valores de 11,716 y 10,189 t C/ha respectivamente. La alta concentración de carbono encontrada en las plantas de café de la parcela ocho se debe a las dimensiones de 7,02 centímetros de diámetro y 3,2 metros de altura, a lo que se suma, además, una alta densidad poblacional de plantas de café en la parcela. Lo antes planteado se corrobora con lo señalado por Ramírez et al. (2018) cuando exponen, a partir de una prueba de independencia, la alta relación ($p < 0.0001$) entre las categorías de diámetro y altura de las plantas de café con respecto a las densidades de población y de carbono por hectáreas.

Los valores menos representativos fueron encontrados en las parcelas 9, 5 y 1, donde se observaron actividades de renovación de plantas viejas por jóvenes, por lo que se registraron valores promedios de 1,5 metros de altura y 2,08 centímetro de diámetro.

Densidad de carbono por hectáreas en la hojarasca del agroecosistema

Los resultados del análisis de las muestras de hojarasca dieron los valores más representativos en las parcelas 15 y 7 con 1,35 y 1,34 t C/ha respectivamente. Los más discretos se obtuvieron en las unidades 5 y 8 con densidades de 0,28 y 0,38 t C/ha.

Propuesta de acciones de mitigación al cambio climático en el sistema agroforestal cafetalero de la Finca Pedregosos

Los 12 pasos se desarrollaron en cuatro grandes categorías, divididas de igual manera en cuatro fases fundamentales de acuerdo con Jiménez y Gómez (2013). Dichas categorías se encuentran estrechamente relacionadas entre sí, con lo que se crea un proceso cíclico en el cual se retroalimentan mutuamente (Tabla 2).

Tabla 2. Categorías en que se agrupan los 12 pasos con que cuenta la propuesta de acciones orientadas	
1. Fases	• Diagnóstico (Pasos 1, 2, 3, 4, 5, 6) • Experimental (Pasos 4, 5, 6, 7, 8,9, 10) • Monitoreo (Paso 11) • Consolidación (Paso 12)
2. Escalas	A. Regional B. Local C. Parcela
3. Niveles	a. Paisaje b. Comunidad c. Población-organismo
4. Barreras a la mitigación	• Barreras a la dispersión espontánea de las plantas • Barreras al establecimiento • Barreras a la persistencia • Barreras sociales

Fuente: autores

Resultados esperados de la aplicación de cada paso de la propuesta de herramientas

Paso 1. Evaluación del estado actual del ecosistema

Para concretar este paso se tendrá en cuenta la evaluación previa del ecosistema, se caracterizarán sus condiciones actuales en términos de su integridad ecológica: composición de especies, estructura y función.

Para hacer esta evaluación serán considerados:

1. Los resultados de los inventarios florísticos realizados en el sistema agroforestal cafetalero en estudio.
2. Los impactos provocados por el manejo inadecuado de las especies leñosas.
3. Conversatorio con los pobladores más cercanos al área de estudio.
4. Entrevistas y reuniones con trabajadores y directivos del área de estudio y del municipio de Tercer Frente.

5. Recomendaciones de especialistas y directivos de la Estación Experimental Agroforestal de Café y Cacao del municipio de Tercer Frente.
6. Directrices sobre el cambio climático para los gestores forestales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2013).

Paso 2. Definición de las escalas y niveles de organización

Escalas:

Regional: municipio de Tercer Frente

Local: Consejo Popular Cruce de los Baños

Niveles de organización:

Comunidad (biológica) Sistema agroforestal cafetalero de la Finca Pedregosos

Paso 3. Establecer las escalas de afectación

Escalas de afectación. Escala (1 a 3)

- Inadecuadas actividades silviculturales (1)
 - Extracción de leña y productos forestales no maderables (PFNM) (2)
- Claros por efecto del viento y caída de árboles (3)

Fase diagnóstico y experimental (Pasos 4, 5 y 6)

Paso 4. Lograr la participación comunitaria

La mitigación es una actividad con diferentes escalas espaciales y temporales, en las cuales los disturbios antrópicos tienen un papel importante en cualquier escala que se elija (Vargas, 2007).

La pérdida de los servicios ambientales de los ecosistemas debe ser también una preocupación de los pobladores en cualquier región, por lo que se debe trabajar por establecer alianzas entre los diferentes actores involucrados para lograr respaldo político, institucional y económico para la puesta en marcha de las acciones concertadas.

Es necesario desarrollar un trabajo eficiente con las comunidades para poder lograr la concientización. Para lograrla la capacitación debe asegurar que los individuos de las comunidades incrementen sus conocimientos, fortalezcan habilidades y desarrollen destrezas en los temas de su interés.

Paso 5. Evaluación del potencial de regeneración

Como resultado de la investigación se tiene información sobre el potencial de la regeneración natural, ya que se evaluó el estrato herbáceo, donde se valoró la existencia de las especies más importantes desde el punto de vista ecológico y económico. Este elemento es importante a la hora de tener en cuenta el manejo de la regeneración natural para la restauración y conservación de las principales especies.

El área de estudio presenta valores muy bajos de regeneración natural debido a las actividades agropecuarias desarrolladas dentro del sistema agroforestal, las cuales responden directamente al control de malezas y plantas arvenses dentro del área.

Por lo que se recomienda que el proceso de regeneración debe ser protagonizado directamente por el hombre, mediante la aplicación de medidas de protección que no obstaculicen la actividad agrícola y la ubicación consciente de las nuevas especies en las áreas externas de las parcelas. De esta manera la regeneración natural garantizaría la consolidación ecológica de las respectivas áreas en el futuro.

Paso 6. Barreras a la mitigación

Para la definición de las diferentes barreras a la restauración, tanto ecológica como social, es muy importante el conocimiento del estado de la región. Las barreras se pueden definir teniendo en cuenta las diferentes etapas de las plantas en la fase de dispersión, establecimiento y persistencia; así como las barreras sociales que impiden la regeneración de los ecosistemas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante el inventario, tanto cuantitativo como cualitativo, se definen como barreras naturales:

1. Poca dominancia y abundancia de especies de alto valor económico y ecológico.
2. Baja cantidad de individuos en la regeneración natural de las especies más importantes dentro de este tipo de formación boscosa.
3. Irregularidades en la forma de la distribución por clases diamétricas en especies de alto valor comercial.

Las barreras sociales están representadas por:

1. Desconocimiento por parte de las comunidades de los principales elementos naturales que se protegen dentro del área.
2. Tala selectiva de algunas especies de alto valor económico.
3. No incorporación de frutales.

Fase experimental (Pasos 7, 8, 9 y 10)

Paso 7. Selección de las especies adecuadas

La selección de especies para el desarrollo de la mitigación es un paso muy importante, puesto que el éxito del proyecto depende de esta selección, por cuanto se incursiona en el restablecimiento de las principales especies de altos valores ecológicos y económicos del área para devolver al entorno aquellos atributos naturales y de conservación prevalecientes.

Se propone la adopción de técnicas de la llamada silvicultura moderna, según los criterios de Vargas (2007), tales como la reforestación pasiva (regeneración natural), enriquecimiento del bosque natural y reforestación con especies nativas.

Paso 8. Propagación y manejo de algunas de las especies

Los bajos niveles de biodiversidad en el estrato arbóreo evidencian la necesidad que presenta el sistema de nuevas especies, priorizando los frutales y árboles de alto valor económico. Estas especies pudieran desarrollarse en los límites exteriores del agroecosistema sin obstaculizar el desarrollo óptimo de la actividad fundamental de la finca.

Hay que tener en cuenta que la existencia de vegetación boscosa constituye un elemento que protege de los cambios bruscos de temperatura, dado que la interacción planta-atmósfera modula el clima regional y la cobertura vegetal constituye un reservorio de carbono que atenúa el efecto invernadero (Lawton et al., 2001 y Pielke et al., 2007).

Paso 9. Selección de los sitios

La selección de los sitios que se restauren, o donde se realicen experimentos, se hace cuidadosamente, a partir del conocimiento de lo que sucede a diferentes escalas, principalmente el comportamiento de los disturbios naturales y antrópicos.

En este paso se evalúa principalmente el estado del suelo a escalas locales y de parcela, según los siguientes criterios:

1. Ubicar en sitios que serán restaurados.
2. Definir el área y su grado de afectación.
3. Evaluar el estado del suelo y su hidrología.
4. Tener en cuenta las recomendaciones de las comunidades locales en cuanto a fenómenos estacionales, como los huracanes.

Paso 11. Monitorear los procesos de restauración

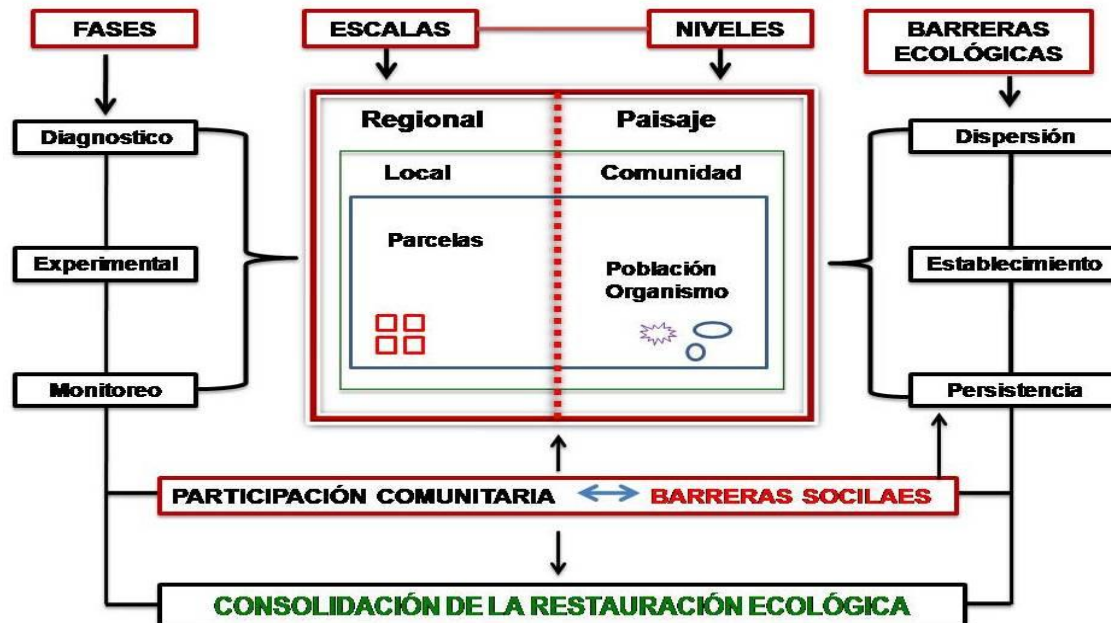
Este paso proporciona una línea base de información para entender el comportamiento de los ecosistemas de la reserva a través del tiempo, predecir y/o prevenir cambios no deseados, evaluar si los objetivos se cumplen o se deben hacer las modificaciones pertinentes.

Paso 12. Consolidación del proceso de restauración

La consolidación de un proyecto de mitigación implica que se han superado casi todas las barreras a la restauración y que el ecosistema marcha de acuerdo con los objetivos planteados. Las labores de mantenimiento y monitoreo deben indicar que el proceso marcha satisfactoriamente y el ecosistema empieza a mostrar variables de autosostenimiento, como el enriquecimiento de especies, la recuperación de la fauna, el establecimiento de servicios ambientales relacionados con la calidad del agua y el suelo.

Este último paso es el resultado de la interrelación cíclica que debe existir entre los diferentes componentes y categorías (Figura 3), lo cual evidencia un proceso fortalecido que garantiza niveles sostenibles de fijación y retención de carbono y consolida de esta forma la mitigación del agroecosistema cafetalero estudiado.

Figura 3. Relación entre las cuatro grandes categorías en las que se agrupan los pasos para la restauración y sus divisiones



Fuente: Jiménez, 2013

Para la consolidación de la restauración ecológica del agroecosistema cafetalero en estudio hay que tener en cuenta las acciones estratégicas y tareas nacionalmente aprobadas en la Tarea Vida (Pell y Herrera, 2018), cuyo propósito primordial es la reducción de GEI; aunque también se espera obtener beneficios adicionales en adaptación mediante la mejora de los medios de vida de los productores, con participación comunitaria.

Como plantean Canal y Andrade (2019), hay que tener claras las posibles sinergias entre la mitigación y la adaptación, ya que aumentaría la eficiencia y eficacia de la respuesta de las comunidades y ecosistemas al cambio climático.

En este proceso hay que implicar acciones de gran importancia para la conservación de la biodiversidad a diferentes escalas y niveles, ya que existen relaciones estrechas entre la riqueza de especies y las reservas de carbono presentes en un determinado ecosistema o sistema de producción (Pramova et al., 2015).

Además, los estudios realizados por Goodall et al. (2014) sugieren que la conservación de sistemas tradicionales de cultivo de café con sombra de árboles debe ser una estrategia para almacenar carbono atmosférico y conservar la diversidad en sistemas de producción amigables con el medioambiente en términos de mitigación al cambio climático.

CONCLUSIONES

1. El sistema agroforestal cafetalero en estudio presenta una estructura y composición florística con bajos niveles de biodiversidad y alta densidad, no recomendada, de *Cedreia odorata* L.
2. Las especies de frutales presentan bajos indicadores en cuanto a calidad y cantidad, lo cual evidencia la necesidad de restauración del agroecosistema.
3. Los depósitos de carbono evaluados muestran altas concentraciones de t C/ha debido a la presencia de individuos con altos valores de diámetros y alturas, tanto en el estrato arbóreo como en el arbustivo, fortalecidos por los altos niveles de hojarasca en más del 95 % del agroecosistema.
4. Las acciones propuestas resultan una herramienta en función del fortalecimiento y adaptación del sistema agroforestal, lo que contribuye a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera como un aporte sostenible a la mitigación del cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, H., Segura, M., Feria, M. & Suárez, W. (2018). Above-ground biomass models for coffee bushes (*Coffea arabica* L.) in Líbano, Tolima, Colombia. *Agroforestry Systems*, 92, 775-784. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-016-0047-4>
- Canal, D. y Andrade, H. (2019). Sinergias mitigación - adaptación al cambio climático en sistemas de producción de café (*Coffea arabica*), de Tolima, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 36-46. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i1.32537>
- Cuenca, M., Jadán, O., Cueva, K. y Aguirre, C. (2014). Carbono y ecuaciones alométricas para grupos de especies y bosque de tierras bajas. *CEDAMAZ*, 4(1), 21-31.

<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/download/226/207>

Curtis, J.T. & McIntosh, R. (1951). An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32, 476-496. <http://www.jstor.org/stable/1931725>

Goodall, K., Bacon, C. & Méndez, V. (2014). Shade tree diversity, carbon sequestration, and epiphyte presence in coffee agroecosystems: A decade of smallholder management in San Ramón, Nicaragua. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 199, 200-206. http://canunite.org/wp-content/uploads/ShortpixelBackups/2016/02/3_GoodallKEtAl_ShadeCEpiphytesSmallCoffeeNica_15.pdf

Herrera, B., Piedrahita, C., Chacón, O. y Canet, L. (2016). *Priorización de paisajes para fomentar sinergias entre adaptación y mitigación al cambio climático en áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad. Programa Regional de Cambio Climático*. Turrialba, Costa Rica: CATIE-USAID. https://www.researchgate.net/publication/309373066_Priorizacion_de_paisajes_para_fomentar_sinergias_entre_adaptacion_y_mitigacion_al_cambio_climatico_en_areas_funcionales_para_la_conservacion_de_la_biodiversidad

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). (2007). Informe de síntesis. En *Cambio climático: Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg2-sum-vol-sp.pdf>.

Jiménez F. y Gómez Pompa, A. (eds.). (2013). *Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetero*. México: Editorial Continental. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000003488>

Lawton, O., Nair, S., Pielke, R.A. & Welch, R. (2001). Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane cloud forests. *Science*, 294, 584-587. <https://science.sciencemag.org/content/294/5542/584.abstract>

Machado, M. y Ríos, L. (2016). Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores: Revisión sistemática. *IDESIA*, 34(2), 15-23. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016005000002>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013). *Directrices sobre el cambio climático para los gestores forestales. Estudio FAO Montes 172*. Roma.

https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/68098/mod_resource/content/1/FAO%202013.%20Directrices%20sobre%20Cambio%20climatico%20y%20los%20bosques.pdf

Osorio, Y. (2013). *Estructura y diversidad de la flora leñosa en un bosque pluvisilva submontano, Sector Cupeyal del Norte, Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH)* (Tesis de Maestría). Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Pinar del Río, Cuba. <https://rc.upr.edu.cu/jspui/handle/DICT/2158>

Pielke, R.J., Adegoke, A., Beltrán, A., Hiemstra, J., Lin, S., Nair, D., Niyogi R. & Nobis, T. (2007). An overview of regional land-use and land-cover impacts on rainfall. *Tellus*, 59, 587- 601. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0889.2007.00251.x>

Pell del Río, S.M. y Herrera Cruz, J.N. (2018). *Tarea vida: Plan del Estado para el enfrentamiento al cambio climático*. <https://www.seapcuba.cult.cu/wp-content/uploads/2018/04/TAREA-VIDA-PLAN-DEL-ESTADO-PARA-EL-ENFRENTAMIENTO-AL-CAMBIO-CLIM%3%81TICO.pdf>

Pramova, E., Di Gregorio, M. y Locatelli, B. (2015). *Integración de la adaptación y la mitigación en las políticas sobre cambio climático y uso de la tierra en Perú*. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). <https://agritrop.cirad.fr/577186/1/Pramova%202015%20Integracion%20adaptacion%20mitigacion%20politicas%20cambio%20climatico%20Peru.pdf>

Ramachandran, P.K. & Nair, D. (2014). Solid-uid-gas: The state of knowledge on carbon sequestration potential of agroforestry systems in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.014>

Ramírez M., Rodríguez, G., Valle, R. & Velasco, A. (2018). Aerial biomass and allometric equations in a coffee plantation in the Sierra Norte de Oaxaca. *Rev. Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(14), 217-226. https://www.researchgate.net/publication/328093625_Aerial_biomass_and_allometric_equations_in_a_coffee_plantation_in_the_Sierra_Norte_de_Oaxaca

Schlegel, B. (18 al 20 de octubre, 2001). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. En *Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales*. Valdivia, Chile. https://www.researchgate.net/publication/255632322_ESTIMACION_DE_LA_BIOMASA_Y_CAR_BONO_EN_BOSQUES_DEL_TIPO_FORESTAL_SIEMPREVERDE_1

Segura, M., Kanninen, M. & Suárez, D. (2006). Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coee bushes grown together. *Agroforestry Systems*, 68, 143-50. <http://www.sidalc.net/repdoc/A7705i/A7705i.pdf>

Soto-Pinto, L., de Jong, B., Esquivel, E. y Quechulpa, S. (2006). Potencial Ecológico y Económico de Captura de Carbono en Cafetales. En H. Jürgen Pohlen, L. Soto Pinto, J.F. Barrera (eds.) *El cafetal del futuro: Realidades y visiones* (pp. 373-380). Germany: Shaker Verlag. http://www.shaker.eu/Online-Gesamtkatalog-Download/2021.06.22-18.20.37-152.207.216.32-radCE4FF.tmp/3-8322-5052-2_INH.PDF

Vallejo, C., Chacón, M. y Cifuentes, M. (2016). *Sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático (SAM) en los sectores agrícola y forestal. Concepto y propuesta de acción*. Turrialba, Costa Rica: CATIE-USAID. <http://hal.cirad.fr/cirad-01426726/document>

Vargas, O. (ed.) y Grupo de Restauración Ecológica. (2007). *Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del Bosque Alto Andino*. Universidad Nacional de Colombia. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/06/guia-metodologica-restauracion-ecologica.pdf>

Recibido: 10 de junio de 2020

Aprobado: 25 de noviembre de 2020