

## Resultados de retención de carbono en parcelas permanentes en Sierra del Infierno, Parque Nacional Viñales

### Carbon sequestration results in permanent plots in Sierra del Infierno, Viñales National Park

Ricardo Romero Miranda  <https://orcid.org/0000-0002-4914-9354>

Yusbel Martínez Serrano  <https://orcid.org/0000-0003-3802-174X>

Mario A Sánchez Carrillo  <https://orcid.org/0000-0002-2726-5258>

Margarita Hernández Rivera  <https://orcid.org/0000-0002-2782-1488>

Yamira Valdés Valdés  <https://orcid.org/0000-0003-3205-6749>

Parque Nacional Viñales. Km 23 carretera a Viñales. Pinar del Río. E-mails:  
[richard@pvnvinales.vega.inf.cu](mailto:richard@pvnvinales.vega.inf.cu), [mario@pvnvinales.vega.inf.cu](mailto:mario@pvnvinales.vega.inf.cu)

Fecha de recepción: 17 de enero de 2022      Fecha de aceptación: 23 de marzo de 2022

**RESUMEN.** El presente estudio se desarrolló con el objetivo de evaluar las retenciones de carbono en parcelas de muestreo permanentes en el área de trabajo de Sierra del Infierno, así como las causas de la degradación del bosque semicaducifolio sobre calizas permitiendo el establecimiento de planes de manejo para incrementar los niveles de captura de CO<sub>2</sub>, en una extensión de 500 ha en el sitio de intervención. Se establecieron diez parcelas de muestreo permanentes con dimensión de 20x25 m (500 m<sup>2</sup>) debidamente georreferenciadas, evaluando la cantidad de árboles, especies, altura, diámetro a altura del pecho y grosor de la corteza, registrándose las causas de degradación a partir de las que se proyectó el manejo correspondiente. Se calcularon los volúmenes totales de madera como base para el cálculo de las retenciones de carbono con el sistema SUMFOR v-4.01, arrojando que el suelo con el 55.51% y la biomasa con el 40.63% retienen la mayor cantidad. Finalmente los datos se evaluaron con el sistema EX-ACT v-8.6.3, con tres posibles alternativas para el incremento de la mitigación formadas por la combinación de tres periodos de implementación (5, 4 y 3 años) y un nivel de reducción de la degradación existente a ninguna, demostrando que si se realiza el manejo según lo previsto reduciendo a tres años el período de implementación la mitigación alcanzable sería de 47 924 tCO<sub>2</sub>, 0,8 % superior al valor previsto por la metodología establecida para el proyecto ECOVALOR.

**Palabras clave:** Bosque semicaducifolio, degradación, manejo, mitigación.

**ABSTRACT.** The present study was developed with the objective of evaluating carbon retention in permanent sampling plots in the Sierra del Infierno work area, as well as the causes of degradation of semi-deciduous forest on limestone, allowing the establishment of management plans to increase CO<sub>2</sub> capture levels, in an extension of 500 ha in the intervention site. Ten permanent sampling plots with a dimension of 20x25 m (500 m<sup>2</sup>) duly georeferenced were established, evaluating the number of trees, species, height, diameter at breast height and thickness of the bark, registering the causes of degradation from which the corresponding handling was projected. The total volumes of wood were calculated as the basis for calculating carbon retention with the SUMFOR v-4.01 system, showing that the soil with 55.51% and

biomass with 40.63% retain the highest amount. Finally, the data was evaluated with the EX-ACT v-8.6.3 system, with three possible alternatives for the increase in mitigation formed by the combination of three implementation periods (5, 4 and 3 years) and a reduction level of the existing degradation to none, demonstrating that if the management is carried out as planned, reducing the implementation period to three years, the achievable mitigation would be 47,924 tCO<sub>2</sub>, 0.8% higher than the value foreseen by the methodology established for the ECOVALOR project.

**Keywords:** Semi-deciduous forest, degradation, management, mitigation.

## INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) aumenta su concentración en la atmósfera por la actividad antrópica, principalmente por la quema de combustibles fósiles, el cambio de uso del suelo y la deforestación, por lo que se han implementado diferentes alternativas para reducir sus emisiones, Frías Tamayo *et al.* (2021).

Este gas es uno de los principales causantes del calentamiento global, fenómeno que afecta la vida de todos los seres vivos. Una forma de mitigarlo es a través del almacenamiento de carbono por las masas forestales, Dávalos *et al.* (2008).

Los países capitalistas desarrollados invierten en tecnologías para capturar el carbono, que producto en gran medida a la actividad humana se concentra en proporciones elevadas en la atmósfera y lo inyectan en las profundidades de la corteza oceánica o a centenares de metros de profundidad en las tierras emergidas.

Para Zabala *et al.* (2018) se deben implementar diferentes alternativas a nivel mundial que permitan su reducción, fundamentalmente capturándolo y manteniéndolo el mayor tiempo posible en la biomasa vegetal, también puede incorporarse al suelo por descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Por ello es necesario potenciar y favorecer el papel de los ecosistemas en la retención de carbono, uno de los elementos causantes del cambio climático, de cuyas manifestaciones no escapa país alguno y que en el ámbito local se manifiesta en los cada vez más prolongados períodos de sequías, el aumento de la temperatura media anual y el impacto más frecuente de intensos ciclones tropicales.

Los ecosistemas forestales contienen grandes cantidades de Carbono almacenado en biomasa viva, muerta y en el suelo (Post *et al.* 1982; Ordóñez y Masera, 2001), por ello es necesario el

monitoreo de las coberturas forestales a corto y largo plazo para registrar información sobre el comportamiento del carbono en los mismos, Retana Chinchilla *et al* (2019).

Datos del Servicio Estatal Forestal del municipio de Viñales, en la provincia de Pinar del Río declaran un patrimonio forestal de 49 219.0 ha y de ellas 32 936.5 ha son de bosque natural que actúan como sumidero de grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. El presente trabajo se desarrolló en el marco del proyecto Soluciones Económico Ambientales (ECOVALOR), en el cual se comprometieron 500 ha de bosques naturales previstas por el Sitio de Intervención (SI), todas correspondientes al Área de Trabajo (AT) Sierra del Infierno, compuesta por bosques semicaducifolios sobre calizas, categorizados como Conservación de Flora y Fauna, dentro del área protegida Parque Nacional Viñales (PNV).

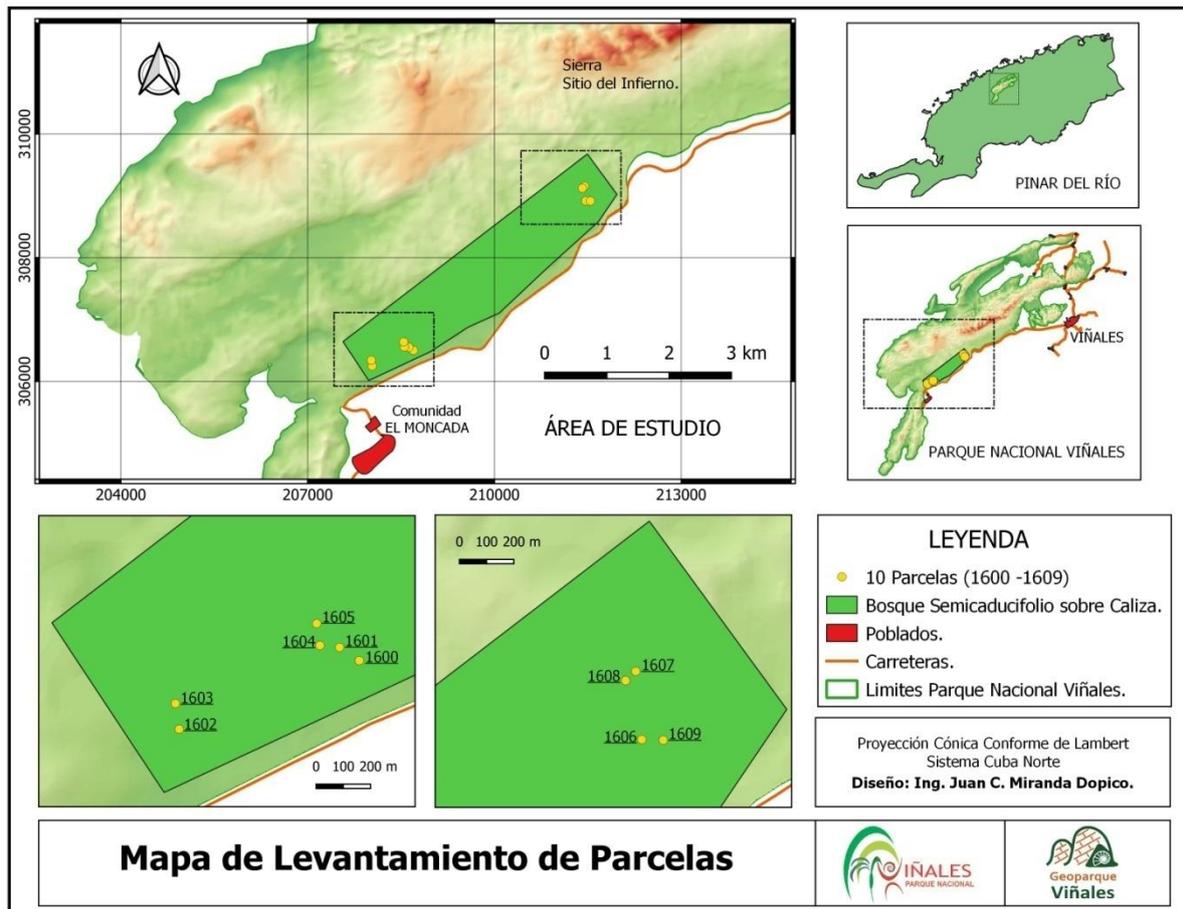
En el plan de manejo (2021-2026) del PNV se describe que la estructura de este bosque está conformada por dos estratos arbóreos, el superior alcanza entre 12-18 m, compuesto principalmente por árboles deciduos y el inferior oscila entre 6-10m compuesto fundamentalmente por especies siempreverdes, parte de ellos esclerófilos. La sinusia la forman epífitas, que se presentan fragmentadas, ocupando predominantemente árboles emergentes; además son abundantes las lianas. Se desarrolla sobre litología carbonatada, mayormente estratificada, aunque pueden existir sobre calizas masivas o de estrato grueso, en relieve de taludes y laderas bajas de serranías y mogotes aislados. Se pueden encontrar además, en alternancia de alturas, grietas y dolinas de carso en ruinas. La temperatura media anual es de 24,6°C, con una suma promedio de precipitaciones anuales de 1500-1600 mm y un período seco que oscila alrededor de los 6 meses. La humedad relativa es mayor al 80% y su aumento con la altura, permite que a altitudes entre 110-280 msnm exista agua adicional. Los suelos son esqueléticos sobre rocas calizas (proto y rendzinas rojas húmicas), pardos con y sin carbonatos y ferralíticos rojos, en escalones horizontales y subhorizontales.

El **objetivo** planteado fue evaluar las retenciones de carbono en parcelas de muestreo permanentes (PMP) en el AT Sierra del Infierno, así como las causas de la degradación del bosque semicaducifolio sobre calizas permitiendo el establecimiento de planes de manejo para incrementar los niveles de captura de CO<sub>2</sub>.

Al potenciar los niveles de remoción de carbono del bosque semicaducifolio sobre calizas se contribuye a evitar el cambio climático y por ende a elevar la calidad de vida y la salud de los organismos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Parque Nacional Viñales, Pinar del Río, en el sector de Sierra del Infierno comprendiendo 500 ha de bosque semicaducifolio sobre calizas que constituye uno de los más representativos del área protegida (Fig. 1).



**Figura 1.** Mapa del área de estudio y del Sitio de Intervención, con la ubicación de las Parcelas de Muestreo Permanente. Elaborado por Ing. Juan Carlos Miranda Dopico.

Desarrollado por un grupo de especialistas y guardaparques del PNV (ver Fig. 2), asesorados por el Instituto de Investigaciones Agroforestales (INAF), y con la colaboración de participantes y asesores de ECOVALOR. La metodología utilizada, propuesta por Mercadet, *et al.* (2020), se aplicó ajustada a las condiciones de bosque natural del área protegida y las características del SI.



**Figura 2.** Parte del equipo de trabajo del Parque Nacional Viñales, durante el establecimiento de las PMP en Sierra del Infierno. Foto de Yusbel Martínez Serrano.

Para determinar o seleccionar una u otra metodología a la hora de realizar el muestreo y análisis de los datos, es vital la importancia del propósito del estudio o acción de monitoreo a efectuar y las características particulares del sitio (Ferro, 2015). Crear una base de información para la investigación y educación que pueda contribuir a la conservación y manejo de Reservas de Biosfera y otras áreas protegidas de todo el planeta se reconocen entre los propósitos básicos del establecimiento de PMP (Dallmeier 1992; Ferro 2015), aspecto a lo cual nuestra área otorga prioridad.

Con respecto a la dimensión de las parcelas para el desarrollo del muestreo Synnott (1979), menciona que el tamaño más eficiente de las PMP en una situación particular dependerá de los objetivos, la precisión requerida, la variabilidad del bosque y los costos presentes y futuros. En este caso las evaluaciones fueron realizadas empleando técnicas de muestreo que utilizan PMP de 20 x 25 m (500 m<sup>2</sup>), distribuidas en cantidad de 10, suficientes para representar adecuadamente toda la variación natural existente en el SI Sierra del Infierno y estimar a partir de ellas, los valores correspondientes a toda el área forestal existente.

Se realizó un trabajo de gabinete mediante el cual se estableció la ubicación de cada una de las PMP en el área de trabajo, asignándole secuencialmente un número que mantendrán durante la

duración del proyecto. Empleando las coordenadas correspondientes al centro de cada PMP y un GPS, se ubicaron en el AT (Fig. 2).

Se procedió a marcar a 1,30 m sobre el suelo, el árbol en uno de los vértices de la parcela (árbol guía), donde se coloca el número de la parcela, a partir del cual siguiendo una recta de 25 m se marcaron a igual altura todos los árboles que están en o por fuera de la línea que forma ese lado de la parcela; luego, siguiendo una recta de 20 m a partir del árbol inicial, pero en sentido perpendicular a la anterior, se marcaron a igual altura todos los árboles que están en o por fuera de la línea que forma el segundo lado de la parcela.

El trazado de los dos lados restantes se hizo tentativamente primero, hasta asegurar que en el extremo superior derecho de la parcela ambos lados coincidieran, cerrando el área de la parcela; entonces se procedió a marcar con pintura (o cintas), a igual altura, todos los árboles de ambos lados para dejar establecida la parcela. Para la medición de las PMP se trabajó con los modelos proporcionados por el INAF.

En el inventario realizado en cada PMP se precisó las causas que provocan la degradación (tabla 1) y cuán severa es (tabla 2), de manera que a partir de ellas se pueda trazar el plan de manejo para disminuirla (tabla 3), de manera tal que esa reducción produzca un aumento de la remoción de carbono (C) atmosférico.

Ferro (2015) considera que los parámetros a medir tampoco tienen que ser fijos, estos dependerán de los objetivos del inventario y de la estructura forestal de que se trate, en nuestro caso para cada árbol numerado con diámetro  $\geq$  a 6 cm a 1,30 m sobre el suelo se tomó la especie, el grosor de la corteza a 1,30 m sobre el suelo (en mm, en números enteros), el diámetro a 1,30 m sobre el suelo (en cm, con un decimal) y la altura total (en m, con un decimal).

Las acciones orientadas a la disminución de la degradación son planificadas para el AT, incluyendo ocho (8) PMP establecidas en ella, dos (2) de las PMP se dejan sin intervenir para establecer comparaciones.

A partir de la ejecución del plan de manejo se comparará el efecto en la disminución de la degradación de 8 PMP con las 2 PMP sin intervención. Estas dos PMP deben tener una evaluación de degradación lo más próxima posible a la que le correspondió al AT en la primera evaluación.

Finalmente se compararán los resultados de la evaluación inicial y sistemáticas para el cálculo de las retenciones de carbono al año (tabla 5) y las remociones de CO<sub>2</sub> con el sistema Ex-Act y SUMFOR desarrollado por el INAF, validando la efectividad del plan de manejo diseñado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el área fueron establecidas 10 PMP (una cada 50 ha), registrándose en cada una la situación de 12 posibles causas de degradación del bosque, con los siguientes resultados:

**Tabla 1.** Levantamiento de las causas de degradación del bosque semicaducifolio sobre calizas del AT de Sierra del Infierno.

**Table 1.** Survey of the causes of degradation of the semi-deciduous forest on limestone of AT of Sierra del Infierno.

Parcelas	Causas de la degradación												Degradación General	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<b>1600</b>	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
<b>1601</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>1602</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<b>1603</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>1604</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>1605</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>1606</b>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<b>1607</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>1608</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<b>1609</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Total</b>	10	11	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	1
<b>%</b>	<b>37.04</b>	<b>40.74</b>	<b>7.41</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3.70</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>11.11</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Leyenda:**

1-Plagas  
 2-Daños mecánicos  
 3-Especies espinosas  
 4-Erosión  
 5-Incendios  
 6-Densidad producción

7-Árboles de valor económico  
 8-Densidad de protección  
 9-Especies exóticas  
 10-Tala  
 11-Especies dañinas  
 12-Tala ilícita

Fuente: INAF

Source: INAF

El valor de degradación del bosque natural semicaducifolio sobre calizas situado en el área protegida PNV, será el promedio de los valores de degradación alcanzados por las diez PMP establecidas en el área de trabajo.

**Tabla 2.** Criterios para evaluar los valores de degradación alcanzados por las 10 PMP.

**Table 2.** Criteria to evaluate the degradation values reached by the 10 PMP

Valor	Degradación
0	Sin degradación
<b>1</b>	<b>Degradación muy baja</b>
2	Degradación baja
3	Degradación moderada
4	Degradación alta
5	Degradación extrema

Entonces, a partir de estos datos el sistema automatizado de evaluación definiría para el AT la degradación inicial en 1, (Muy baja) y las principales causas de la degradación son:

- Daños mecánicos.
- Plagas.
- Tala ilícita.

No obstante, existen otras como la cría extensiva de cerdos en el AT y la existencia de especies exóticas invasoras que deben ser consideradas y prever las acciones de manejos correspondiente.

En correspondencia con lo anterior, el plan de manejo a desarrollar en el área prevé ejecutar las siguientes acciones:

**Tabla 3.** Plan de manejo para reducir la degradación del bosque en el AT.

**Table 3.** Management plan to reduce forest degradation in AT.

Plan de manejo. Sitio de intervención: Sierra del Infierno. Bosque semicaducifolio sobre calizas			
No	Causas de degradación	Acciones	Fecha
1	Daños mecánicos	Desarrollo de acciones de podas, cortas de salvamentos y sanitarias.	Año 1
2	Plagas	Desarrollo de acciones de control de las plagas con medios biológicos.	Año 1 y 2

3	Tala ilícita	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Acciones de control de acceso al AT en función de la preservación del área, favoreciendo la regeneración natural y la plantación.</li> <li>– Reforzamiento del sistema de vigilancia, en coordinación con el CGB.</li> <li>– Enriquecimiento del bosque empleando especies nativas propias de la formación.</li> <li>– Construir infraestructura mínima en los puntos de vigilancia.</li> <li>– Realizar operativos preventivos conjuntos CGB-PNV para el enfrentamiento a las ilegalidades.</li> </ul>	Los tres años
4	Especies exóticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tala y extracción de las especies exóticas invasoras.</li> <li>– Monitoreo del comportamiento de las especies exóticas invasoras en el AT.</li> </ul>	Los tres años
5	De carácter general	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Promoción de la Conservación y la Educación Ambiental en pobladores y visitantes, usuarios del AT de la comunidad El Moncada y Sitio del Infierno.</li> <li>– Elaboración de señaléticas y desarrollo de acciones de divulgación, como contribución a la preservación del patrimonio natural en el AT.</li> <li>– Realizar estudios de regeneración y plantación en el SI.</li> <li>– Monitorear resultados del manejo ejecutado en el AT.</li> </ul>	Los tres años

Como parte de la evaluación realizada se determinaron los volúmenes totales de madera para cada PMP (tabla 4), los cuáles fueron procesados en el INAF comportándose de la siguiente manera:

**Tabla 4.** Volúmenes totales de madera para cada PMP. Procesados en el INAF.

**Table 4.** Total volumes of Wood for each PMP processed at INAF

Parcela	Vol. (m <sup>3</sup> )
1600	43, 382. 95
1601	39, 544. 21
1602	53, 412. 85
1603	78, 134. 02
1604	43, 147. 66
1605	57, 651. 75
1606	55, 421. 73
1607	85, 654. 94
1608	61, 434. 25
1609	28, 760. 11
Total	51. 043, 40
Rendim. (m <sup>3</sup> /ha)	102, 09

Una vez determinados los volúmenes totales de madera fueron calculadas las retenciones de carbono hasta el año actual en el INAF con el sistema SUMFOR v-4.01, con los siguientes resultados:

**Tabla 5.** Retenciones de carbono hasta el año actual en el SI. Calculado en el INAF con el sistema SUMFOR v-4.01.

**Table 5.** Carbon retentions up to the current year in the SI calculated in the INAF with the SUMFOR v-4.01 system

Parcelas	SUMFOR 4.01			
	Retención Total (tC)	Retención Biomasa (%)	Retención Necromasa (%)	Retención Suelo (%)
1600	94.218	30,19	4,54	65,27
1601	107.644	38,89	3,97	57,13
1602	131.741	50,07	3,25	46,68
1603	123.753	46,85	3,46	49,70
1604	92.905	29,20	4,60	66,20
1605	126.602	48,04	3,38	48,58
1606	119.151	44,80	3,59	51,62
1607	113.933	42,27	3,75	53,98
1608	103.916	36,70	4,11	59,18
1609	93.976	30,01	4,55	65,44
<b>Promedio</b>	<b>110.784</b>	<b>40,63</b>	<b>3,86</b>	<b>55,51</b>

Los mayores niveles de retención de carbono corresponden al suelo con el 55.51% y la biomasa con el 40.63%, por ello en el plan de manejo proyectado se centran las acciones a desarrollar en la biomasa, fundamentalmente en la biomasa área a la vez que favorece el desarrollo integral del ecosistema.

A partir de la retención total calculada por PMP, fue determinado el error de estimación correspondiente a esa variable, cuyo valor fue 9,31 % para una probabilidad de 95 %, el que se encuentra dentro del rango aceptado internacionalmente, indicando que la cantidad de parcelas establecidas fue adecuada.

Finalmente, los datos fueron evaluados en el INAF con el sistema EX-ACT v-8.6.3, considerando un tiempo total de 20 años para el proyecto, con tres alternativas de mitigación (tabla 6) formadas por la combinación de tres periodos de implementación (5, 4 y 3 años) y un

nivel de reducción de la degradación existente (de Muy bajo a Ninguno, de 1 a 0), con los siguientes resultados:

**Tabla 6.** Alternativas para la implementación del plan de manejo en función de la mitigación de CO<sub>2</sub> en el SI.

**Table 6.** Alternatives for the implementation of the management plan based on the mitigation of CO<sub>2</sub> in the SI.

Alternativa	Tiempo (años)			Degradación	Mitigación (t CO <sub>2</sub> e)		
	Implementación	Capitalización	Total		Sin proyecto	Con proyecto	Balance
1	5	15	20	De 1 a 0	22.778	-24.780	-47.558
2	4	16	20	De 1 a 0	22.866	-24.876	-47.741
3	3	17	20	De 1 a 0	22.953	-24.971	-47.924

Fuente: INAF.

Source: INAF

La tabla anterior demuestra que si el SI lleva a cabo el proyecto de manejo del AT según lo previsto por el proyecto ECOVALOR (5 años de implementación y 15 de capitalización, disminuyendo la degradación un nivel), la mitigación alcanzable al término de los 20 años sería de 47 558 tCO<sub>2</sub>e; sin embargo, si el período de implementación se redujera a 3 años y la degradación fuese reducida de igual forma, la mitigación alcanzable sería de 47 924 t CO<sub>2</sub>e (0,8 % superior al valor previsto por ECOVALOR).

En consecuencia con la complejidad de las acciones a realizar en el plan de manejo, con la disponibilidad de recursos materiales y equipamiento, se implementará una alternativa para en tres años reducir la degradación y lograr la máxima mitigación posible.

## CONCLUSIONES

La evaluación de la retención de carbono en PMP, realizada en el bosque semicaducifolio sobre calizas con la metodología elaborada por el INAF es pertinente y efectiva, pudiendo ser aplicada en otras áreas protegidas y a otras categorías de bosques. En el AT de Sierra del Infierno la retención hasta el año actual, calculado con el sistema SUMFOR v-4.01 fue de 110.784 tC, el suelo almacena el 55.51% seguido de la biomasa con el 40.63 % y la necromasa con el 9%.

A partir de determinar la degradación como muy baja e identificar dentro de las causas que la generan los daños mecánicos, el ataque de plagas y la tala ilícita se proyecta el plan de manejo para el AT decidiendo implementar la alternativa de tres años, para reducir la degradación un

nivel y lograr la mitigación de 47.924 tCO<sub>2</sub>e superando el valor previsto por el proyecto ECOVALOR. Los resultados alcanzados y los previstos, posterior a la intervención, se corresponden con las particularidades para bosques de conservación por lo que se prevé que las acciones contempladas puedan integrarse al plan de manejo del área protegida Parque Nacional Viñales.

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean agradecer al Instituto de Investigaciones Agroforestales (INAF) y especialmente a los Dr. C. Arnaldo Álvarez Brito, asesor forestal de ECOVALOR y la Dr. C. Alicia Mercadet Portillo, coordinadora ECOVALOR INAF, por la asesoría y la atención brindada para la implementación del proyecto y el procesamiento de los datos recolectados en las PMP. A ellos nuestro eterno agradecimiento.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Colectivo de autores. Plan de Manejo del Parque Nacional Viñales para el período 2021-2026.
- Dallmeier, F.1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas. Methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB Digest 11. UNESCO, París 72 pp.
- Dávalos Sotelo, R., Rodríguez Morato, M.I. y Martínez Pinillos-Cueto, E. Almacenamiento de carbono. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz, 2008.
- FerroDíaz, J. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. 2015. Revista ECOVIDA Vol.5 No.1.
- Frías Tamayo, M., Bonilla Vichot, M., & Rivero Pérez, A. (2021). Captura de carbono por especies arbóreas en la finca La Carmelina. Avances, 23(2), 152-162. <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/611/1768>
- Mercadet, A., Álvarez, A.F. y Ajete, A. La mitigación del cambio climático y el sector forestal cubano. Instituto de investigaciones agroforestales. 2020. En prensa. La Habana, Cuba. 187pp
- Ordóñez D., J. A. B. y O. Maser. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. Madera y Bosques 7 (1): 3-12.

Post, W. M., Emmanuel, W. R., Zinke, P. S. y Stangenberger, A. G. Soilcarbon pools and worldlifezones.1982. Nature 298: 156-159.

Retana Chinchilla, L., Méndez Cartín, A.L., Sánchez Toruño, H., Montero Flores, W., Barquero Elizondo, A.I. y Hernández Sánchez, L.G. Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un bosque primario intervenido de la zona protectora "El Rodeo", Costa Rica. Revista Cubana de Ciencias Forestales, vol.7, no.8, Pinar del Río, 2019.

Synnott TJ. 1979. Manual de procedimiento de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Documento técnico 12. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Zavala, W., Merino, E., & Peláez, P. (2018). Influencia de tres sistemas agroforestales del cultivo de cacao en la captura y almacenamiento de carbono. Scientia Agropecuaria, 9(4), 493-501. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.04>.

-----

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

**Contribución de los autores:**

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.