

ALTERNATIVAS SILVÍCOLAS PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR LA EMPRESA AGRO-FORESTAL LAS TUNAS

SYLVICULTURAL ALTERNATIVES FOR THE MITIGATION OF THE CLIMATICCHANGE BY THE AGROFORESTRY COMPANY LAS TUNAS

M.Sc. YUNIOR ÁLVAREZ-GÓNGORA¹, DR. ARNALDO ÁLVAREZ-BRITO², DRA. ALICIA MERCADET-PORTILLO² E ING. ISRAEL DOMÍNGUEZ-LEYVA³

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Agro-Forestal Guisa. Carretera vía Victorino, Km 11/2, La Soledad, Guisa, Granma, Cuba, investigacion@guisa.inaf.co.cu, teléf.: (023) 39 1387

² Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, archie@forestales.co.cu, mercadet@forestales.co.cu, teléf.: (07) 208 4767

³ Empresa Agro-Forestal Las Tunas. Carretera Central Km 699, salida Holguín, Las Tunas, dpto.ordenacion@efilt.co.cu, teléf.: (0131) 34 2136

RESUMEN

A partir de las características del patrimonio forestal de la Empresa Agro-Forestal Las Tunas y de la gestión técnica con que este es manejado, fue empleado el sistema automatizado SUMFOR v. 2.19 para definir alternativas silvícolas de mitigación del cambio climático. Los resultados justifican la capacidad sumidero de carbono que tienen estos bosques, teniendo en cuenta que retienen actualmente 15,8 millones de toneladas de carbono, con un promedio general de 151,7 t/ha, aportado mayoritariamente por los bosques naturales con algo más de 10,6 millones de toneladas; en cambio por unidad de superficie resultan las áreas inforestales las más importantes con 353,1 t/ha. Del análisis de alternativas resultaron las más prometedoras para que la empresa aumente la retención de carbono, el aumento del incremento medio anual de los bosques naturales en 1 m³/ha/año, lo cual permitiría alcanzar en 2025 una acumulación extra de 2,7 millones de toneladas, seguido de la elevación del logro promedio de las plantaciones hasta el 90 % y la duplicación del área de plantación anual.

Palabras claves: Mitigación, retención, clima.

INTRODUCCIÓN

Los árboles y bosques juegan un rol crucial en la regulación del clima. Los árboles remueven el CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis y almacenan el carbono en carbohidratos,

ABSTRACT

As from the characteristics of the forested patrimony of the Agroforestry Company Las Tunas and of the technical step this is with driven, that SUMFOR was used the automated system with v. 2.19 to define alternatives residing in the forest of mitigation of the change. The obtained results justify the capability carbon drain that these forests have, considering that 15.8 million tons of carbon retain at present, with 151.7 t/ha general average, contributed by majority for the natural forests with some more 10.6 million tons, on the other hand inforestales prove to be the areas for unit of surface the most important with 353.1 t/ha. They proved to be of the analysis of alternatives the most promising in order that the company increase the retention of carbon, the increase of the half yearly increment of the natural forests in 1 m³/ha/año, which would enable catching up with an extra accumulation of 2.7 million tons in 2025, followed of the elevation of the average achievement of the plantations to 90 % and the duplication the area of yearly plantation.

Key words: Mitigation, retention, climate.

lignina y celulosa. El carbono es retenido en la biomasa (troncos, ramas, follaje, raíces, etc.) y como carbono orgánico en el suelo (Rollinson, 2007).

La posibilidad de reducir las emisiones de gases con efecto invernadero mediante la actividad forestal y el potencial para aumentar el secuestro de carbono aumenta la importancia del Sector Forestal y su participación en las medidas orientadas a mitigar los efectos del cambio climático, según lo estipulado en el Protocolo de Kyoto (Makundi *et al.*, 1998), pues la fijación de carbono mediante la actividad forestal está en función de la acumulación y almacenamiento en la biomasa; por lo tanto, cualquier actividad práctica de ordenación que modifique la cuantía de la biomasa existente en una zona influye en su capacidad de almacenar o fijar carbono (Moura, 2001).

El Sector Forestal cubano constituye el único sumidero de carbono identificado en el país (Centella, Llanes y Paz, 2001), razón por la cual la determinación de la capacidad actual y futura de retención de carbono por las empresas forestales (año y línea base de carbono), así como la evaluación de alternativas que les permitan aumentarla (estrategia de mitigación), constituyen un objetivo de importancia para el sector, dado que estas empresas administran el 60 % del patrimonio forestal nacional, y los resultados que se alcancen en tal sentido contribuyen al cumplimiento de las obligaciones contraídas por Cuba como parte de la Convención Marco

de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Como objetivo de esta investigación se planteó definir alternativas silvícolas de mitigación del cambio climático para el patrimonio forestal de la Empresa Agro-Forestal Las Tunas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Empresa Agro-Forestal (EAF) seleccionada para la determinación del año y de la línea base de carbono, así como para la evaluación de alternativas para su respectiva estrategia de mitigación fue Las Tunas, empleándose como fuente de información los datos suministrados por su dirección de silvicultura correspondientes a 2015.

Dicha empresa está ubicada en la provincia Las Tunas, y esta a su vez en el noroeste de la región oriental de la isla de Cuba, limitando al norte con el Océano Atlántico, al sur con la provincia de Granma y el golfo de Guacanayabo, al este con la provincia de Holguín y al oeste con la provincia de Camagüey (*Fig. 1*).

Para lograr una planificación y administración adecuadas, la empresa está dividida en ocho unidades empresariales de base silvícolas, de las cuales seis están presentes en la zona costera, donde predomina un relieve llano.



Figura 1. Ubicación de la provincia de Las Tunas y del patrimonio forestal costero de la EAF.

Los datos solicitados a la empresa comprenden una caracterización general de su patrimonio y de su actividad forestal anual; una descripción de sus plantaciones por especie, incluyendo superficie y volumen para las establecidas, y solo superficie para las que están en desarrollo, y una descripción de sus bosques naturales por formación y categoría, indicando la superficie y el volumen existentes en ellas.

La información suministrada por la empresa fue procesada mediante el sistema automatizado SUMFOR versión 2,19 (Álvarez y Mercadet, 2008), que emplea un método de cálculo basado en la variación de las existencias (estima las variaciones del carbono basándose en las diferencias en las existencias de biomasa entre dos inventarios periódicos, siendo la biomasa, en cada uno de esos momentos, el producto de

las existencias en formación, la densidad de la madera, el factor de expansión de la biomasa, la relación entre raíces y brotes y la fracción de carbono

de la biomasa), elaborado sobre un libro Excel que estima el carbono retenido por los siguientes componentes del patrimonio forestal:



A la par, deduce el carbono correspondiente a las pérdidas de biomasa aérea reportadas en la reforestación (logro), a la biomasa aérea removida por tratamientos silvícolas y por aprovechamientos, y a la pérdida de biomasa aérea ocurrida como resultado de los incendios.

El sistema permitió la estimación del carbono retenido en el año base por las áreas inforestales y por reforestar, por las plantaciones en desarrollo y por las ya establecidas, así como por los bosques naturales y, asumiendo que las condiciones de la empresa para el año base se mantienen constantes, proyecta una evolución temporal para la retención de carbono por un período de 10 años, lo que constituye la línea base de carbono de la empresa.

Posteriormente el sistema fue utilizado para realizar simulaciones sobre los posibles efectos, que en la retención de carbono original podían originar siete alternativas silvícolas de mitigación, consistentes en:

- A-1 Duplicar el área de plantación anual.
- A-2 Elevar el logro promedio de las plantaciones hasta un 90 %.
- A-3 Eliminar las áreas afectadas por incendios.
- A-4 Reducir en un 50 % los aprovechamientos por tala rasa.
- A-5 Reducir en un 50 % los aprovechamientos por otros tipos de tala.
- A-6 Aumentar el incremento medio anual de los bosques naturales en 1 m³/ha/año.
- A-7 Aumentar el incremento medio anual de las plantaciones en 1 m³/ha/año.

Los valores alcanzados por cada alternativa fueron comparados anualmente con los de la línea base, acumulándose los resultados durante los 10 años, seleccionándose como las alternativas

técnicamente mejores las que mayores acumulados alcanzaron, convirtiéndose así en la estrategia de mitigación a recomendar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación de carbono por las plantaciones de la EAF Las Tunas

Entre las 31 especies que la empresa maneja en sus plantaciones, las de *Cedrela odorata* L. (cedro) son las de menor retención promedio de carbono (149 t/ha), en tanto que las de *Albizia procera* (Roxb.) Benth (algarrobo indio) y las de *Calophyllum antillanum* Britton (ocuje) son las de mayores retenciones, alcanzando 197,7 y 196,8 t/ha, respectivamente; no obstante, otras 28 especies presentan valores superiores a las 152,0 t/ha, resultados altamente influenciados por el efecto de la edad y del volumen en pie existente, aunque según Díaz y Romero (2000), el hábito de crecimiento, las densidades de las maderas de las especies integrantes de cada ecosistema en particular y las condiciones edáficas también influyen en la capacidad de retención de carbono de la vegetación.

Acumulación de carbono por los bosques naturales de la EAF Las Tunas

a) Por formación natural.

De las cinco formaciones forestales reportadas por la empresa, corresponden a los bosques semicaducifolios sobre suelo calizo los mayores niveles de retención de carbono, con un total de 6500,2 kt, influenciado entre otros aspectos por la extensión superficial con que estos se presentan, abarcando unas 35 510,7 ha. A estos les continúan por orden los bosques de manglares y

los bosques semicaducifolios sobre suelo de mal drenaje con 2089 y 1958,1 kt, respectivamente (*Tabla 1*). En el caso específico de los manglares, es de esperar que existan valores superiores a los mostrados, teniendo en cuenta que se desestima el contenido de carbono existente en el suelo por no existir aún una metodología que permita su evaluación.

El análisis de estos resultados por unidad de superficie ubica a los manglares como

la formación que menos carbono retiene con un valor de 81,1 t/ha, contenido solamente en su biomasa y necromasa, aspecto por el cual fue exenta de comparación con las demás formaciones, que muestran a los uverales, entre el resto, con los menores niveles de retención de carbono (157,1 t/ha), mientras que los bosques semicaducifolios sobre suelo calizo y sobre mal drenaje alcanzaron las mayores retenciones, con 183,0 y 182,6 t/ha, respectivamente (*Tabla 1*).

Tabla 1. Acumulación de carbono por las formaciones naturales de la EAF Las Tunas para el año base

No.	Formación	Biomasa	Necromasa	Suelo	Total	Prom. (t/ha)
		(kt)				
1	Manglar	1869,1	219,9	0,0	2089,0	81,1
2	Scf. ácido	1,5	0,3	4,6	6,4	172,6
3	Scf. calizo	1829,4	303,0	4367,8	6500,2	183,0
4	Scf. mal dren.	547,9	91,5	1318,7	1958,1	182,6
5	Uveral	9,5	3,2	45,7	58,3	157,1

kt: kilotonelada = 1000 t

b) Por categoría de bosque.

Como parte de los bosques naturales de la empresa se presentan cinco categorías, entre las cuales los bosques protectores del litoral son los que menor promedio de retención de carbono alcanzan con 130,0 t/ha, en gran medida debido a que es precisamente en ellas donde se concentran los manglares, y por tanto donde se desestima el carbono retenido por una parte importante de sus suelos, mientras que las áreas de bosques destinados a la protección de agua y suelos, caracterizados por la presencia de especies de gran

porte con un volumen total que asciende a los 181 578,2 m³ de madera, son los que mayores promedios alcanzaron, con 175,2 t/ha, aunque el resto de los bosques retienen valores aproximados (*Tabla 2*).

Sin embargo los acumulados totales a nivel de empresa muestran a los bosques protectores del litoral con los mayores niveles de retención de carbono, acumulando 5018,7 kt, seguidos por los productores con 3492,1 kt (*Tabla 2*), cifras altamente influenciadas por su extensión superficial, que asciende a 38 593 y 20 672 ha, respectivamente.

Tabla 2. Acumulación de carbono por categoría de bosques en la EAF Las Tunas para el año base

No.	Categoría	Biomasa	Necromasa	Suelo	Total	Prom. (t/ha)
		(kt)				
1	Productor	1123,5	176,4	2192,2	3492,1	168,9
2	Prot. Ag./Suelos	199,6	32,5	436,2	668,4	175,2
3	Prot. Litoral	2407,2	329,3	2282,2	5018,7	130,0
4	Prot. Flor/Fauna	526,7	79,6	824,9	1431,1	153,5
5	Recreativo	0,3	0,1	1,3	1,7	161,8

Acumulación general de carbono en la EAF Las Tunas para el año base

Como se muestra en la *Tabla 3*, de modo general la empresa retiene en 2015 algo más de 15,8 MtC (megatoneladas de carbono = 1000 000

toneladas de carbono), con un promedio general de 151,7 tC/ha (toneladas de carbono por hectárea). Los componentes principales de estas cifras son, en primer lugar, los bosques naturales que, fundamentalmente por su extensión, aportan algo más de 10,6 MtC, y en segundo

lugar el área inforestal que, por sus características cenagosas con altos valores de carbono, principalmente en sus suelos, aporta casi tanto como los bosques naturales (3,4 MtC), con la diferencia de que en estos existe la posibilidad del aumento futuro de la retención total, mientras que en el caso del área inforestal su nivel se mantendrá constante en el tiempo.

El análisis de estos resultados por unidad de superficie muestra al área inforestal como la que mayores cantidades de carbono retiene con 353,1 t/ha, estando en correspondencia con lo planteado por Álvarez y Mercadet (2011) en un estudio integral realizado a siete empresas forestales del país.

Tabla 3. Acumulación general de carbono en la EAF Las Tunas para el año base

Tipo de bosque	Total por depósito de C (kt)			Empresa (t)	Prom. (t/ha)
	Biomasa	Necromasa	Suelo		
Plant. establecidas	335,1	62,9	912,8	1 310 755,6	176,6
Plant. en desarrollo	68,8	-----	-----	68 789,7	8,6
Bosques naturales	4257,4	617,8	5736,8	10 612 013,0	146,5
Área por (re) forestar	206,0	-----	266,2	472 150,5	67,4
Área inforestal	211,1	-----	3162,0	3 373 137,2	353,1
Empresa	5078,4	680,7	10077,7	15 836 846,0	151,7

Variación temporal 2016-2025 del carbono retenido por cada componente de la línea base de la EAF Las Tunas

Los resultados, a partir de que se asumió que la empresa mantendrá un patrimonio y una gestión técnica similares a las del año base y de considerar el desarrollo futuro de sus plantaciones y bosques naturales, evidencian que en un plazo de 10 años la empresa duplicará su retención total de carbono respecto al año base, aumentando en algo más de 15 873,7 kt, con una media anual de unas 1587,37 kt, en tanto que el componente que

mayor aporte proporcionará a ese aumento serán los bosques naturales, que en 2025 representarán el 69 % del carbono total a retener, coincidiendo con los resultados de Ajete *et al.* (2014) en la Empresa Forestal Integral Baracoa, donde los bosques naturales para igual periodo retendrán el 72,67 % del carbono total.

Referente a las áreas inforestales representadas mayoritariamente por ciénagas, mantendrán constantes sus niveles de retención con 3373,1 kt, debido a que su superficie también se mantendrá invariable (Fig. 2 y Anexo 1).

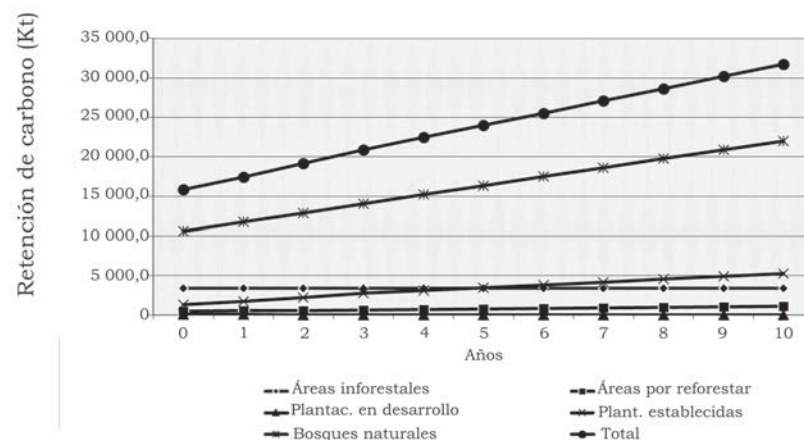


Figura 2. Representación gráfica de la línea base de retención de carbono para la EAF Las Tunas y de sus componentes.

Simulación de las alternativas de mitigación

Los resultados de las alternativas de mitigación evaluadas se presentan en la *Fig. 3* y *Anexo 2*, mostrando que al cabo de 10 años todas alcanzarán niveles de retención de carbono por encima de la línea base, aunque en algunos casos con diferencias poco marcadas, resultando como opciones más prometedoras para que la empresa aumente la retención de carbono el desarrollo de un programa de manejo silvícola de sus bosques naturales, con vistas a elevar en 1 m³/ha/año el rendimiento que presentaron en

2015, lo que si se cumpliera a partir de 2016 le permitiría alcanzar en 2025 una acumulación extra de 2671,89 kt, seguido de la elevación del logro promedio de las plantaciones hasta el 90 %, y en tercera instancia duplicando el área de plantación anual, a pesar de que la implementación de esta alternativa conllevará a la obtención de resultados desfavorables durante los primeros cuatro años, situación que a partir del quinto año de aplicación se revertirá en un aumento significativo, hasta ubicarse finalmente en tercer lugar con una retención total de 16 832,2 kt.

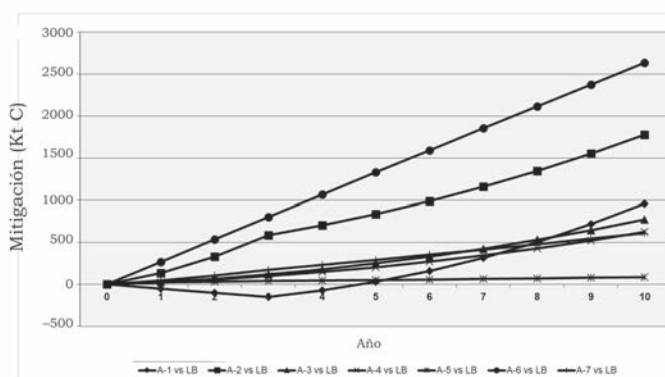


Figura 3. Efecto mitigador generado por cada alternativa respecto a la línea base.

CONCLUSIONES

- La cuantía de carbono que retiene actualmente el patrimonio forestal de la Empresa Agro-Forestal Las Tunas con aproximadamente 15,8 Mt justifica la capacidad sumidero de carbono que tienen sus bosques y su aporte significativo en la mitigación del cambio climático por el sector forestal del país.
- La alternativa de mitigación más promisoría para la empresa consiste en aumentar el incremento medio anual de sus bosques naturales en 1 m³/ha/año.
- Las características del patrimonio forestal de la empresa y la gestión técnica con que estos son manejados contribuirán de manera ascendente a la retención de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajete Hernández, A., Álvarez, A., Toirac, W. 2014. Retención de carbono por la Empresa Forestal Integral Baracoa y su evaluación futura. *Revista Forestal Baracoa* (CU) 33 (1): 83-90.
- Álvarez, A. y Mercadet, A. 2008. Puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR v-2.0. Inf. Final Subproyecto: La mitigación del cambio climático por los bosques cubanos; Pro-

yecto: Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático: Subsector Forestal; PRCT: Preservación de los Recursos Naturales. Inst. Inv. Forestales. 8 p.

Álvarez, A., Mercadet, A. y col. 2011. El sector forestal cubano y el cambio climático. La Habana. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. 248 p.

Centella, A., Llanes, J. y Paz, L. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático [En línea] 2001. Disponible en: <http://ncsp.undp.org/sites/default/files/198.pdf> [Consulta: octubre, 7 2015].

Díaz, F., Romero, E. 2000. Cuantificación y valoración económica de la captura de CO₂ por plantaciones del género Eucalyptus establecido por el precio de las cuencas carboníferas del CESAR, IUFRO-RIFALC. Taller internacional sobre secuestro de carbono, 16-20 julio, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

Makundi, W., Rozali, W., Justin J., D. y Cyril, P. 1998. Los bosques tropicales en el Protocolo de Kyoto. *Actualidad Forestal Tropical* (JP) 6 (4): 5.

Moura, C.P. 2001. La Convención sobre el clima y el mercado de las contrapartes de las emisiones de carbono basadas en las actividades forestales. *Unasylva* (IT) 52(206): 34-40, marzo.

Rollinson, T. 2007. Forest and climate change: conclusions and the way forward. In: *Forestry and climate change*. CAB International. ISBN-139781845932947. Edit por: PH Freer, MSJ Broadmeadow, JM Lynch. UK/USA/London: 233-240.

Anexo 1. Variación general del carbono retenido (kt) por cada componente de la línea base

Variables	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Áreas inforestales	3373,1	3373,1	3373,1	3373,1	3373,1	3373,1	3373,1	3373,1	3373,1	3373,1	3373,1
Áreas por reforestar	472,2	535,4	598,6	661,8	725,0	788,2	851,4	914,6	977,8	1041,0	1104,2
Plantac. en desarrollo	68,8	53,1	37,4	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7
Plantac. establecidas	1310,8	1737,6	2227,6	2781,4	3113,5	3450,2	3791,4	4137,1	4487,4	4842,2	5201,6
Bosques naturales	10 612,0	11 737,8	12 896,9	14 051,6	15 201,8	16 347,6	17 488,9	18 625,8	19 758,2	20 886,2	22 009,8
Total	15 836,8	17 437,0	19 133,7	20 889,6	22 435,2	23 980,9	25 526,6	27 072,4	28 618,4	30 164,4	31 710,5

Anexo 2. Estimación de la retención de carbono por las alternativas de mitigación en la EAF Las Tunas

Alternativas de mitigación	Años											Acumulado
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
(kt)												
LB	15 836,8	17 437,0	19 133,7	20 889,6	22 435,2	23 980,9	25 526,6	27 072,4	28 618,4	30 164,4	31 710,5	15 873,65
A-1	15 836,8	17 387,6	19 035,0	20 741,5	22 362,4	24 010,8	25 686,9	27 390,7	29 122,3	30 881,7	32 669,0	16 832,16
A-2	15 836,8	17 572,7	19 464,8	21 476,5	23 136,9	24 815,8	26 513,3	28 229,2	29 963,6	31 716,7	33 488,2	17 651,40
A-3	15 836,8	17 465,0	19 201,9	21 010,5	22 615,4	24 231,6	25 859,2	27 498,0	29 148,2	30 809,7	32 482,6	16 645,75
A-4	15 836,8	17 460,6	19 190,9	20 990,3	22 583,9	24 186,5	25 798,0	27 418,5	29 048,0	30 686,5	32 334,0	16 497,11
A-5	15 836,8	17 461,6	19 165,7	20 930,5	22 481,2	24 032,5	25 584,4	27 136,8	28 689,8	30 243,4	31 797,6	15 960,76
A-6	15 836,8	17 704,6	19 668,7	21 692,6	23 501,4	25 309,7	27 117,7	28 925,3	30 732,4	32 539,2	34 345,5	18 508,69
A-7	15 836,8	17 483,3	19 238,7	21 065,6	22 669,3	24 274,3	25 880,8	27 488,7	29 098,0	30 708,7	32 320,7	16 483,90

LB: línea base, A: alternativa, kt: kilotonelada = 1000 t.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Yunior Álvarez Góngora

Ingeniero Forestal, Máster en Gestión Ambiental, Investigador Auxiliar del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales forma parte del equipo institucional del Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático para el sector forestal cubano. Es autor de varios artículos científicos. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

Asesorías

- Organización y manejo de fincas forestales integrales.
- Agroforestería.
- Aprovechamiento de productos forestales madereros y no madereros.
- Propagación y manejo de bambú y ratán.
- Tratamientos silvícolas y manejo de bosques.
- Semillas forestales.
- Conservación física de la madera e industria del aserrado y carpintería.
- Propuesta de equipamiento y organización del flujo tecnológico.
- Conservación de especies en peligro de extinción.
- Determinación de manejo de frutos y semillas de especies forestales con especial énfasis en las especies amenazadas.
- Clasificación de fuentes semilleras sobre la base de su genética y la calidad de sus productos.