

EL SECTOR FORESTAL CUBANO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Autores principales: Arnaldo Álvarez Brito¹ y Alicia Mercadet Portillo²

Otros autores: Osiris Ortiz, Elsa Cordero, Orlidia Hechavarría, Teresa Suárez, Antonio Escarré, René López, Liliana Caballero, Yolanis Rodríguez, José L. Rodríguez, Andrés Hernández, Arlety Ajete, Leufrido Yero, Yunior Álvarez y Arsenio Renda

Colaboradores: 27

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 No. 1723 e/ 17 B y 17 C, Siboney. Playa. La Habana. Teléf. 208 4935. FAX. 208 2189

¹ Autor de correspondencia. Correo electrónico archie@forestales.co.cu

² Autor de correspondencia. Correo electrónico mercadet@forestales.co.cu.

Otras entidades participantes: Universidad de Alicante, España y la Universidad de Granma

Arnaldo Álvarez Brito (8%). Líder del Proyecto 11.69 (Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Subsector Forestal, Programa Ramal Recursos Naturales), el cual se ejecutó del 2007 al 2011 y fue aprobado el informe final en el Comité de Expertos correspondiente. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Es autor principal de varias publicaciones y autor principal del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. Autor de dos resultados para la investigación y coautor de otro. Autor de tres Introducciones directa y coautor de otras tres. Ha impartido cursos de post-grado sobre la temática. Tutor de dos Tesis de Doctorado.

Alicia Mercadet Portillo (8%). Líder del proyecto 013.09 192 (El cambio climático y el Sector Forestal Cubano: Tercera Aproximación, del Programa Nacional de CITMA “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano”), el cual se ejecutó del 2007 al 2010 y fue aprobado el informe final por el Comité de Expertos correspondiente. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Es autor principal de varias publicaciones y autor principal del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. Autor de un resultado para la investigación y coautor de dos. Coautora de cinco introducciones directa. Ha impartido cursos de post-grado sobre la temática, así como talleres con finqueros y en dos Empresas Forestales Integrales. Tutora de dos Tesis de Maestría y una Tesis de Doctorado.

Osiris Ortiz (6%). La Tesis de Doctorado constituyó uno de los resultados del Proyecto 11.69, referido a la evaluación del impacto por aumento del nivel del mar en el patrimonio forestal de la EFI Victoria de Girón en Ciénaga de Zapata, el

Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba. Vol.4, No.2, Año 2014 1

incremento de CO₂ en la fotosíntesis en 14 especies, y la estimación del carbono retenido por los bosques de la EFI. Además participó en la ejecución de los Subproyectos “Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies” y “Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono y recomendaciones para su aplicación en el país” en el marco del Proyecto 013.09192. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautora de dos resultados para la investigación. Autora de una introducción directa. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. Ha impartido talleres con finqueros y en la Empresa Forestal Integral “Victoria de Girón”.

Elsa Cordero (6%). Fue responsable del Subproyecto “Definición las vulnerabilidades de los bosques de la EFI Mayabe que al cambio climático” en el marco del proyecto 013.09192. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Autora de una introducción directa. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Orlidia Hechavarría (6%). La Tesis de Doctorado estuvo referida a la evaluación del impacto de la variación de la temperatura ambiental en la fenología de tres especies arbóreas en Tope de Collantes, constituyó uno de los resultados del Proyecto 11.69. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Teresa Suárez (6%). La Tesis de Doctorado incluyó una parte referida a la retención de carbono en la subcuenca evaluada. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Antonio Escarré (6%). Facilitó la realización de los análisis de contenido de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de 64 especies en la Universidad de Alicante, así como el estudio de la respuesta del incremento de CO₂ en la fotosíntesis en 14 especies en las condiciones de Cuba. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

René López (6%). Fue responsable del subproyecto “Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de las principales plagas forestales cubanas” en el marco del Proyecto 013.09192. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Liliana Caballero (6%). Realizó la evaluación del impacto por aumento del nivel medio del mar y la estimación de la retención de carbono en la Empresa Forestal Integral “Villa Clara” en el marco del proyecto 11.69. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Yolanis Rodríguez (6%). Participó en la ejecución del subproyecto “Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono y recomendaciones para su aplicación en el país” en el marco del proyecto 013.09192 y dentro de este tema se le asignó además la determinación del contenido de carbono en los suelos forestales, partiendo de los estudios de suelo realizados anteriormente por el INAF. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

José L. Rodríguez (6%). La Tesis de Maestría estuvo referida a la evaluación de la retención de carbono por el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral “La Palma”, formando parte de uno de los resultados del proyecto 11.69. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Andrés Hernández (6%). Participó en la evaluación del impacto por aumento del nivel medio del mar y la estimación de la retención de carbono en la Empresa Forestal Integral “Villa Clara” en el marco del proyecto 11.69. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Arlety Ajete (6%). Fue responsable del subproyecto “Definición de las vulnerabilidades al cambio climático y del potencial de retención de carbono por los bosques de las EFl_s Baracoa y Guantánamo” en el marco del Proyecto 013-09192. Uno de los resultados es la Tesis de Doctorado, la cual está en fase de defensa en la Universidad de Pinar del Río. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Leufrido Yero (6%). Participó en la ejecución de los subproyectos “Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono y recomendaciones para su aplicación en el país” y “Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies” en el marco del Proyecto 013.09192. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Yunior Álvarez (6%). Realizó la evaluación del impacto por aumento del nivel medio del mar en el Delta del Cauto, siendo uno de los resultados del proyecto 11.69. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Arsenio Renda (6%). Participó en la ejecución del subproyecto “Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono y recomendaciones para su aplicación en el país” en el marco del proyecto 013.09192 y dentro de este tema se le asignó además la determinación del contenido de carbono en los suelos forestales, partiendo de los estudios de suelo

realiza dos anteriormente por el INAF. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

RESUMEN

Partiendo de la situación ambiental global generada por el cambio climático y de la incidencia en particular que tienen los impactos en los pequeños estados insulares, se inician en el año 2000 los estudios mediante proyectos de investigación-desarrollo, referidos a la evaluación del impacto de la variación de la temperatura ambiental, del régimen de precipitaciones y del aumento del nivel medio del mar en el sector forestal cubano, así como la valoración del potencial de retención de carbono por los bosques. Se reportan los resultados alcanzados, entre otros, por los Proyectos 11.69 “Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Subsector Forestal”, del Programa Ramal “Recursos Naturales” (2007-2010) y “El cambio climático y el Sector Forestal Cubano: Tercera Aproximación”, del Programa Nacional de CITMA “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano” (2007-2011). Se obtuvieron 14 resultados, de ellos nueve constituyen aportes al conocimiento científico; 19 publicaciones en revistas científicas, se publicó un libro y se participó en la publicación de otros seis libros relacionados con el cambio climático, en todo lo cual se reportan los siguientes resultados: evaluación de impactos y formulación de las estrategias de adaptación para nueve empresas forestales y un área protegida por aumento del nivel medio del mar y de la temperatura; impactos esperables sobre los bosques naturales debidos al aumento de la concentración atmosférica de CO₂; ampliación de la base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de 64 especies forestales arbóreas cubanas; estimación de la capacidad sumidero de los bosques cubanos en los años 1990-2002; reanálisis de la vulnerabilidad de los bosques naturales del país al cambio climático; definición de una metodología para la estimación del carbono retenido por las empresas forestales y puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR; modelación de las variaciones del ciclo de retención de carbono en plantaciones de pino macho con diferentes objetivos productivos; organización del sistema nacional de planificación, monitoreo y evaluación de la retención de carbono por las empresas forestales del MINAG; estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies; evaluación de las vulnerabilidades de los bosques a las principales plagas forestales cubanas bajo los efectos del cambio climático; valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono; identificación del contenido de carbono en cuatro tipos de suelos existentes en el patrimonio forestal nacional. Se concluye que los elementos presentados sientan las bases científico-técnicas necesarias para que el Sector Forestal del Minag acometa, en el marco del Programa Forestal hasta el 2020, la formulación e implementación del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático, en cumplimiento de las indicaciones emitidas al respecto por el Consejo de Ministros.

COMUNICACIÓN CORTA

Se espera que el cambio climático afecte el funcionamiento, la estructura y la distribución de ecosistemas forestales, de las especies constituyentes y los recursos genéticos y ya se han observado cambios en poblaciones, en rangos de distribución, en composición, estructura y funcionamiento de ecosistemas debidos a cambios en el clima. Teniendo en cuenta esta situación global, es que se inician los estudios para evaluar los impactos del cambio climático y el potencial de retención de carbono en el sector forestal de Cuba, mediante proyectos de investigación-desarrollo a partir del año 2000.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

a) Estimación de la capacidad sumidero de los bosques cubanos en el período 1990-2002.

Las estimaciones fueron realizadas y presentadas a la dirección del Equipo Nacional de Emisiones de GEI, en el INSMET. En todo el período el sector forestal mantiene su condición de único sumidero neto de carbono del país, fundamentado por el crecimiento anual del área cubierta de bosques.

b) Ampliación de la base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de especies forestales arbóreas cubanas.

Como resultado de la colaboración con la Universidad de Alicante, España, la base de datos sobre el contenido de carbono y nitrógeno en la madera y la corteza fue ampliada hasta 64 especies. Las cuatro especies de pino nativas del país cuentan con valores específicos. La evaluación comparativa del balance de emisiones de GEI del sector forestal, usando los coeficientes por defecto del IPCC (0,45 y 0,50) y los obtenidos nacionalmente indicó, que el sector subestima de forma creciente su capacidad sumidero, por lo que fue recomendada la utilización de los coeficientes nacionales y que fueron aplicados a partir del inventario 2004.

c) Reanálisis de la vulnerabilidad de los bosques naturales del país al cambio climático.

La quinta versión de la evaluación de los impactos esperables sobre los bosques del país como consecuencia del cambio climático abordó la evaluación de los impactos relacionados con el aumento de la temperatura ambiental; sus efectos conjuntos con la disminución de las lluvias; el aumento del nivel del mar; la interacción entre plagas y bosques bajo la acción del cambio climático y el aumento de la concentración atmosférica de CO₂. Se concluyó con una valoración general sobre el grado de certeza que se atribuye a los diferentes impactos expuestos y las razones que respaldan tales consideraciones.

d) Evaluación de impactos y formulación de las estrategias de adaptación para empresas forestales y áreas protegidas.

- Pérdidas de bosques costeros por aumento del nivel medio del mar: EFI Guanahacabibes, Pinar del Río (11 123,60 ha); EFI Mayabeque, La Habana (15

608,45 ha); EFI *Victoria de Girón*, Matanzas (27 205,00 ha); EFI Villa Clara, en esa provincia (14 412,92 ha); EFI Baracoa, Guantánamo (3,28 ha) y en el área protegida Delta del Cauto, Granma (12 561,00 ha).

- Impactos sobre los bosques de pino por variaciones de la temperatura y las lluvias: EFI Viñales, en Pinar del Río. Se demuestra que se produce la inversión del patrón anual de los rendimientos mensuales de resina de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret&Golfari.

- Impactos sobre los bosques húmedos por variaciones de la temperatura y las lluvias: Los resultados indican que los riesgos de muerte regresiva del bosque (MRB) se concentran en la región centro-oriental del país y en especial, en las provincias de Guantánamo, Granma, Las Tunas, Santiago de Cuba, Holguín, Ciego de Ávila y Camagüey, en orden decreciente de importancia, lo que constituye un primer indicador para orientar el monitoreo futuro de esta situación.

- Impactos sobre los bosques de montaña por variación de la temperatura: en la EFI Sancti Spíritus se determinó que las especies *Magnolia cubensis* Urb. subsp. *acunae* Imkhan. (mantequero), especie endémica del Escambray; *Juglans jamaicensis* C. DC. subsp. *jamaicensis* (nogal del país), especie protegida por la Ley Forestal y amenazada en peligro crítico y *Prunus occidentalis* (Sw.) Roem. (cuajani) protegida por la Ley Forestal, presentan alteraciones en las fenofases vegetativa y reproductiva. Por otra parte, se valoró el posible desplazamiento altitudinal de las especies que se ubican en las montañas de Baracoa y en la EFI Sierra Maestra, en Santiago de Cuba.

e) Impactos esperables sobre los bosques naturales debido al aumento de la concentración atmosférica de CO₂.

Con la colaboración de la Universidad de Alicante, España, se realizó la evaluación de las respuestas esperables en la fotosíntesis de 14 especies presentes en bosques naturales. Ante el aumento sostenido de la concentración atmosférica de CO₂.

f) Metodología para la estimación del carbono retenido por las empresas forestales y puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR.

La metodología de cálculo, una vez elaborada y aprobada, se implementó mediante un sistema automatizado cuya primera versión fue validada en siete empresas forestales del país: La Palma; Mayabeque; *Victoria de Girón*; Villa Clara; Ciego de Ávila; Gran Piedra-Baconao y Baracoa; mientras que su segunda versión fue validada en seis empresas forestales: La Palma; Mayabeque; *Victoria de Girón*; Las Tunas; Gran Piedra-Baconao y Baracoa, lo que facilitó su ajuste continuado hasta la versión 2.15 actualmente disponible. Además, a cada una de las últimas seis empresas les fueron evaluadas siete alternativas de mitigación diferentes, identificando en cada caso la de mejores perspectivas técnicas.

g) Modelación de las variaciones del ciclo de retención de carbono en plantaciones de pino macho con diferentes objetivos productivos.

Se acometió una primera aproximación al empleo de métodos de simulación que permitan incluir entre las alternativas de mitigación del cambio climático que se

ofrezcan a los tenentes forestales, opciones basadas en la valoración de los objetivos productivos de sus plantaciones y de los manejos silvícolas que se empleen para alcanzarlos; analizar críticamente las fortalezas y limitaciones de los métodos utilizados y proyectar la posible línea de trabajo a seguir en tal empeño. Para ello y a modo de estudio de caso, se empleó el sistema CO2-FIX v-1.2, aplicado sobre una plantación pura y coetánea de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret&Golfari, manejada silvícolamente para alcanzar diferentes objetivos finales: producción de pulpa, de envases, de madera para aserrío y para la conservación de recursos genéticos.

h) Organización del sistema nacional de planificación, monitoreo y evaluación de la retención de carbono por las empresas forestales del MINAG.

A partir de la experiencia acumulada durante los últimos 15 años de trabajo, se propuso una primera metodología a emplear nacionalmente para la planificación, certificación, bonificación, pago y comercialización del carbono retenido por el patrimonio forestal nacional, basada en la sustitución de la bonificación de las actividades silvícolas realizadas en plantaciones y bosques naturales, por la bonificación de la retención de carbono producida por su ejecución, a la par que permita la emisión de créditos VERs, exportables al Mercado de Reducciones OTC.

i) Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies.

Los resultados obtenidos a partir de las evaluaciones y mediciones efectuadas en *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret&Golfari, *Pinus tropicalis* Morelet, *Pinus maestrensis* Bisse, *Pinus cubensis* Griseb, *Eucalyptus* sp., *Tectona grandis* L. F. y *Acacia mangium* Willd., permiten la sustitución paulatina de los valores por defecto ofrecidos por el IPCC y representan una disminución del nivel de incertidumbre asociado a las estimaciones de carbono.

j) Evaluación de las vulnerabilidades de los bosques a las principales plagas forestales cubanas bajo los efectos del cambio climático.

La evaluación de la relación entre la abundancia de los insectos y la temperatura media del aire en el periodo 1980-2000, indica una menor abundancia de los enemigos naturales en los municipios de Minas de Matahambre y Viñales en los meses de mayores temperaturas. La evaluación de la relación entre la abundancia de los insectos y la lluvia total en el periodo 1980 al 2000, indica una mayor abundancia de los descortezadores en los municipios de la Palma y Camagüey en los meses de menores precipitaciones. Debido a estos impactos, se espera una mayor vulnerabilidad de las especies forestales hospedantes, en estas localidades durante el siglo XXI.

k) Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono.

Se evaluó la retención de carbono en los sistemas agroforestales siguientes: Estación Experimental Forestal de Guisa; cuenca del río Guisa, zona Victorino; cuenca del río Bayamo (subcuenca río Cupeinicú) y precordillera norte de la Sierra Maestra, El Corojito oeste. Se realizaron evaluaciones en cinco fincas forestales integrales y dos UBPC, para conocer el comportamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero y la retención de carbono, lo que permite definir medidas de mitigación.

l) Identificación del contenido de carbono en los suelos existentes en el patrimonio forestal nacional.

Se determinó el contenido de carbono en los suelos: Ferralítico Rojo Amarillento, Ferralítico Rojo Parduzco Ferromagnésico, Ferrítico y Pardo sin Carbonato, partiendo de los estudios de suelo realizados anteriormente por el Instituto de Investigaciones Forestales, lo que permite sustituir valores por defecto por estos valores nacionales y disminuir las incertidumbres en los cálculos del carbono retenido por los bosques.

m) Confección de un libro con los resultados obtenidos en la ejecución de los proyectos de investigación-desarrollo.

Se concluyó un libro titulado “El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático” (ISBN: 978-959-7215-00-4), el que con financiamiento de cinco proyectos del PNUD, financiados por el GEF, fue impreso en 2012 con 3 000 ejemplares; se realizó el lanzamiento en el mes de marzo de 2013 en el marco del Taller final del Capítulo Impactos y Adaptación de la Segunda Comunicación Nacional y ha sido distribuido a las diferentes instituciones del MINAG, CITMA, SNAP, MES y algunas organizaciones internacionales.

Conclusiones

Los elementos presentados sientan las bases científico-técnicas necesarias para que el Sector Forestal del MINAG acometa, en el marco del Programa Forestal hasta el 2020, la formulación e implementación del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático, en cumplimiento de los acuerdos e indicaciones emitidas al respecto por el Consejo de Ministros.

Impacto ambiental.

Los resultados obtenidos representan un aporte importante en el aspecto ambiental, ya que han constituido contribuciones a la Primera y a la Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, además de facilitar la definición e implementación de medidas de adaptación en el Sector Forestal, como parte del Programa Agrario de Enfrentamiento al Cambio Climático. Por otra parte, conociendo la cantidad de carbono retenida por el patrimonio forestal nacional y la de las empresas forestales en particular, se pueden definir medidas de mitigación basadas en un manejo silvícola que produzca un incremento de la biomasa, para así incrementar la capacidad sumidero del sector forestal.

Aporte científico.

- Ampliación de la base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de especies forestales arbóreas cubanas.
- Impactos esperables sobre 14 especies presentes en bosques naturales debido al aumento de la concentración atmosférica de CO₂.
- Definición de una metodología para la estimación del carbono retenido por las empresas forestales y puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR.
- Modelación de las variaciones del ciclo de retención de carbono en plantaciones de pino macho con diferentes objetivos productivos.
- Metodología para la organización del sistema nacional de planificación, monitoreo y evaluación de la retención de carbono por las empresas forestales del MINAG.
- Evaluación de las vulnerabilidades de los bosques a las principales plagas forestales cubanas bajo los efectos del cambio climático.
- Definición del contenido de carbono en cuatro tipos de suelos existentes en el patrimonio forestal nacional.
- Impactos sobre los bosques de *Pinus caribaea* var. *caribaea* por variaciones de la temperatura y las lluvias.
- Confección de un libro con los resultados obtenidos en la ejecución de los proyectos de investigación-desarrollo.

Referencias de las publicaciones

Revistas científicas:

1. El cambio climático y el sector forestal cubano: Segunda aproximación. 2004. Revista Forestal Baracoa 24(Nº Especial): 43-50.
2. Certificación del carbono retenido por las empresas forestales y bases para su reconocimiento ambiental. 2006. Revista Forestal Baracoa 25(1): 65-70.
3. Mitigación del cambio climático por concepto de fijación de CO₂ en los bosques de la EFI Baracoa, provincia Guantánamo: Segunda aproximación. 2006. Revista Forestal Baracoa 25(2): 43-50.
4. Respuesta fenológica de *Juglans jamaicensis* subsp. *jamaicensis* al aumento de la temperatura en bosque pluvial montano. 2008. Revista Forestal Baracoa 27(2): 81-90.
5. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Ferralítico Rojo Amarillento. 2011. Revista Forestal Baracoa 30(2): 61-66.
6. Impacto del cambio climático en la costa sur de La Habana. 2011. Revista Forestal Baracoa 30(2): 85-90.
7. Retención de carbono por el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral Villa Clara. Primera aproximación. 2012. Revista Forestal Baracoa 31(1): 41-50.
8. Alteraciones en la época de recolección de frutos de especies forestales por aumento de temperatura en la zona montañosa de Topes de Collantes. 2012. Revista Forestal Baracoa 31(1): 73-78.
9. Capacidad de los bosques para mitigar el cambio climático según indicador de manejo sostenible. 2012. Revista Forestal Baracoa 31(1): 85-89.

10. Estimación del contenido de carbono en los bosques de la EFI Guantánamo. 2012. Revista Baracoa 31(2): 3-8.
11. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Fersialítico Pardo Rojizo Ferromagnésico. 2012. Revista Baracoa 31(2): 9-14.
12. Impactos del cambio climático en el sector forestal de la península de Zapata, Matanzas, Cuba. 2013. Revista Forestal Baracoa 32(1): 11-19.
13. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Ferríticos. 2013. Revista Forestal Baracoa 32(1): 51-55.
14. Influencia del nitrógeno en la cantidad de carbono retenido por 13 especies forestales en el humedal Ciénaga de Zapata, Cuba. 2013. Revista Forestal Baracoa 32(1): 75-79.
15. Evaluación de impacto y estrategia de adaptación para la empresa forestal integral Baracoa, provincia Guantánamo, Cuba. 2009. Universidad Autónoma Indígena de México, Revista Ra Ximhai 5(3): 271-280 septiembre – diciembre.
16. La retención de carbono y su impacto en el calentamiento global, Estudio de caso: Empresa forestal Integral "La Palma". 2005. Revista Tatascán 17(1): 3-10.
17. Cambio climático: Estudios de impactos y mitigación en el sector forestal cubano. 2007. Agricultura Orgánica 13(1): 43-45.
18. Estudio de caso sobre la mitigación del cambio climático por los bosques: EFI Mayabeque de provincia Habana. II Aproximación. 2004. Revista electrónica Medio Ambiente y Desarrollo. No. 6. ISSN: 1683-8904.0
19. Coeficientes de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de especies forestales arbóreas cubanas. 2011. Disponible en:
http://bva.fao.cu/pub_doc/Reposit/cuf0337s.pdf

Libros:

- Bosques de Cuba: Partes 1 y 2. 2007. Universidad para Todos. Edit. Academia, La Habana. 16 p.
- Cambio Climático. Parte 2: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. 2008. Universidad para Todos. Ed. Academia, C. Habana. 16 p.
- Efecto de los cambios globales sobre el ciclo de carbono. 2009. (ISBN: 978-987-96413-7-8).
 - Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba, p. 107-118.
 - Respuesta adaptativa de tres especies forestales arbóreas tropicales de zonas montañosas, al efecto invernadero, p. 119-126.
 - Cambio climático y el Sector Forestal cubano: Segunda aproximación, p. 127-136.
- Energía y Cambio Climático. 2011. La Habana. Editorial Academia. (ISBN: 978-959-270-227-1).
- Innovación agroecológica, adaptación y mitigación al cambio climático. 2011. (ISBN: 978-959-7023-53-1).
 - Balance de gases de efecto invernadero en dos cooperativas matanceras, p: 145-157.
- El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. 2011. (ISBN: 978-959-7215-00-4).

- Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. 2012. (ISBN: 978-959-300-039-0).
 - Cap. 8: Bosques, p. 318-361.