

## EVALUACIÓN DE LA INTRUSIÓN SALINA Y ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN PARA LA EMPRESA AGROFORESTAL COSTA SUR

### SALT INTRUSION EVALUATION AND ADAPTATION STRATEGY FOR THE COSTA SUR AGROFORESTAL COMPANY

M.Sc. YOLANIS RODRÍGUEZ-GIL<sup>1</sup>, DRA. ALICIA MERCADET-PORTILLO<sup>1</sup>, DR. ARNALDO ÁLVAREZ-BRITO<sup>1</sup> E ING. JOSÉ L. LÓPEZ-PÉREZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF). Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, teléf.: 7208 4767.

<sup>2</sup> Departamento de Ordenación Empresa Agro-Forestal Costa Sur.

#### RESUMEN

A consecuencia del aumento del nivel medio del mar se reducen las áreas de bosques salados, se incrementa la salinidad de las zonas costeras y las áreas ubicadas tierras adentro. Con el objetivo de determinar la afectación del patrimonio forestal de la Empresa Agro-Forestal Costa Sur, provincia de Artemisa, se realizó la evaluación del impacto producido por la intrusión salina, el cual se determinó a partir de los escenarios de variación de penetración. Se indica una afectación de 16 148,99 ha de bosques naturales y plantaciones, encontrándose la mayor incidencia de este impacto en las Unidades de Base Silvícolas con formaciones ubicadas en la costa sur, lo que implica que la cobertura forestal presente en estas áreas no se han podido adaptar para poder enfrentar los altos tenores salinos presentes.

Palabras claves: *impacto, adaptación, cambio climático, estrategia.*

#### INTRODUCCIÓN

Muchos de los Pequeños Estados Insulares (PEI) ya están sufriendo los efectos de las actuales variaciones interanuales en las condiciones oceánicas y atmosféricas. Como resultado de ello las consecuencias más importantes e inmediatas para estos estados probablemente guardarán relación con los cambios en los regímenes de lluvias, los vientos dominantes, las variaciones a corto plazo en los niveles regionales y locales del mar y la acción de las olas (IPCC, 2008). Además, se plantea que estos cambios son manifiestos en las tendencias pasadas y presentes del clima y de la variabilidad del clima, con una

#### ABSTRACT

Due to sea level increasing and salinity in coastal line forests area is reduced involving at the same time adjacent terrain. With the objective of determinate the forest heritage affected at the Agroforestry Costa Sur Enterprise, the evaluation of the impact for saline intrusion were made. The impacts according to sea level penetration were determined. Affectation of 16 148, 99 ha of plantation and natural forest is indicated, been more significant the impacts at the Silviculture Units with forest formation situates near the coastal line, which involve that forest cover present in this areas has not yet been adaptable for face up high saline level present.

*Key words: impact, adaptation, climate change, strategy.*

elevación del nivel medio del mar (ANMM) de 2 mm por año en las regiones de los océanos tropicales, que es donde están situados la mayoría de los PEI.

El ANMM produce tres efectos: desplazamiento de la línea de costa al interior de la plataforma continental o insular, la erosión costera y la salinización de terrenos o intrusión salina que puede afectar la calidad de los suelos, la calidad del agua de acuíferos costeros y la cuña salina en zonas deltaicas (Minambiente, 2017). De igual forma, la posible tendencia del incremento del nivel medio del mar traería como consecuencia

una reducción del bosque salado, a la vez que sería de esperar un incremento en la salinidad de la zona costera, con la consecuente reducción de la productividad y la pérdida de importantes hábitats para algunas de sus especies marinas y terrestres (Monterrosa de Tobar, 1998).

Constanza *et al.* (1997); Padma (2004); UNEP (2005); Chong (2005), citados por Cruz *et al.* (2013), plantean que la formación boscosa de manglares desempeña un importante papel en la protección ante fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Según López-Geta *et al.* (2007), los acuíferos subterráneos se pueden considerar como el último eslabón en el ciclo natural del agua, en su variante subterránea, puesto que reciben agua de otros acuíferos, de aguas superficiales o de lluvia directamente, para devolverla finalmente al mar. Por otro lado, el INRH (2000) plantea que el aumento de la salinidad de las aguas es un efecto habitual en las cuencas sometidas al proceso de intrusión marina, las que afectan la calidad del abasto de agua de la población, el riego de los cultivos agrícolas y a otros usos; bajo este efecto natural se le suma el aumento del nivel medio del mar producto del cambio climático, proceso el cual se acelera provocando mayores afectaciones. Además, plantean que un incremento del nivel medio del mar (NMM) de aproximadamente 30 cm para 2100 produciría un ascenso de la cuña salina menor de 10 m, situación que sería más compleja si se produjera una reducción de las precipitaciones.

La evaluación de la vulnerabilidad e impactos de la variabilidad climática y del cambio climático en la zona costera cubana se sustenta, fundamentalmente, en estimaciones del ascenso del nivel medio del mar y la dinámica de las corrientes marinas. El incremento de la temperatura del aire, la disminución de la precipitación, el acrecentamiento de la salinidad del mar resultante de la disminución del escurrimiento de agua dulce hacia la plataforma y el retroceso de la línea de costa gravitarán negativamente sobre diversas especies de la flora y la fauna, reportándose los bosques en categoría de vulnerabilidad muy alta (PNUD, 2015).

El objetivo del trabajo consiste en evaluar la intrusión salina en el patrimonio de la Empresa Agro-Forestal Costa Sur, provincia de Artemisa, como consecuencia del aumento del nivel medio del mar debido al cambio climático.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La Empresa Agro-Forestal Costa Sur está ubicada en la provincia de Artemisa, en el municipio de San Cristóbal. La provincia limita geográficamente al norte con el Golfo de México, al sur con el Mar Caribe, al noreste con la provincia de La Habana, al sureste con la provincia de Mayabeque y al oeste con la provincia de Pinar del Río (*Fig. 1*). La misma está constituida por cinco Unidades de Base Silvícolas: Artemisa (municipios de Artemisa, Mariel, Alquizar y Guanajay), San Antonio (municipios de San Antonio, Güira de Melena, Bauta y Caimito), Bahía Honda, Candelaria y San Cristóbal (Jiménez, 2012).



Figura 1. Ubicación de la EAF Costa Sur, en la provincia de Artemisa.

Según el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH, 2012), la precipitación media anual de la provincia es de 138 mm, con un valor promedio anual de la mínima de 0,55 mm y una máxima de 590,3 mm, mientras que el Instituto de Meteorología (INSMET, 2010) ha reportado que la temperatura media anual de la provincia es de 25,2 °C, la media máxima anual es de 29,9 °C, variando entre 34,0 °C (Güira de Melena) y 33,1 °C (Bahía Honda), mientras que la temperatura media mínima anual es de 20,5 °C, variando entre 14,1 °C (Bahía Honda) y 10,4 °C (Güira de Melena).

La provincia cuenta con 38 cuencas hídricas superficiales, las cuales drenan directamente al mar, situadas en las vertientes tanto al norte como al sur de la divisoria central (Cenhica, 2001), de las cuales seis son compartidas con la provincia de Pinar del Río, dos con la provincia de La Habana y una con la provincia de Mayabeque, siendo de interés provincial San Cristóbal



Figura 2. Cuencas hídricas superficiales.

A partir de la nueva estructura político-administrativa, la provincia de Artemisa adquiere una mayor dimensión en el patrimonio forestal. Al término de 2013 comprendía 81 Mha



(mayor río), Capellanía y Bongo-Florido (Buján, 2000) (Fig. 2).

En cuanto a las cuencas hídricas subterráneas o endorreicas, se cuenta con una cuenca compartida con la provincia de Pinar del Río, la otra con la provincia de Mayabeque y se encuentra además la cuenca Ariguanabo, siendo esta de interés nacional, con una extensión de 82 km<sup>2</sup> (Ecured, 2017), cubriendo la mayor parte del municipio de San Antonio de los Baños, parte sureste del municipio de Caimito y al sur del municipio de Bauta (Fig. 3). No se tuvo en cuenta la afectación por este efecto en la cuenca, pero es importante conocer que la región donde se encuentra ubicada presenta gran desarrollo cársico, suelo Ferralítico muy permeable y pobre drenaje superficial, y el mecanismo de alimentación fundamental de las aguas subterráneas viene dado por la infiltración directa de las precipitaciones, por lo que este está condicionada por el régimen de lluvia (INRH, 2010).

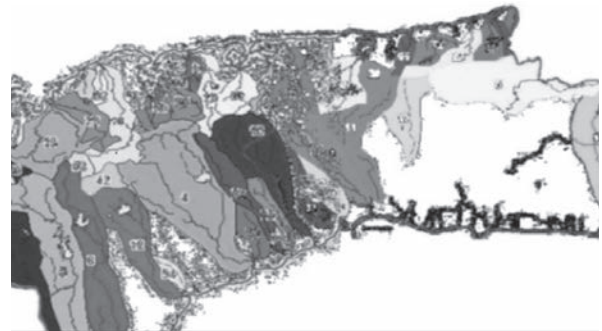


Figura 3. Cuenca subterránea Ariguanabo.

(ONEI, 2014). En estos momentos cuenta con 16 148,99 ha de bosques naturales y plantaciones establecidas, cubriendo los litorales con un volumen de 137 3168,08 m<sup>3</sup> (Fig. 4).

Figura 4. Distribución espacial del patrimonio forestal de la provincia de Artemisa.

Fuente: Dirección Forestal (MINAG. 2012).

Dentro de su composición (bosques naturales mayoritarios) ocupan 15 706,61 ha, con las formaciones manglar, semideciduo sobre suelos calizos, semideciduo sobre suelos de mal drenaje y semideciduos sobre suelos ácidos. Las plantaciones establecidas cubren 442,38 ha. Dentro de las categorías de bosques naturales se cuenta con bosques protectores de agua y suelo, bosques protectores del litoral y bosques protectores de flora y fauna (Comunicación personal. Departamento Técnico. Empresa Agro-Forestal Costa Sur 2015).

Para la evaluación de los impactos del aumento del nivel medio del mar (NMM) y del avance de

la intrusión salina en los acuíferos subterráneos, se evaluaron las cinco Unidades de Bases Silvícolas y los municipios costeros, excepto Guanajay y San Antonio por no tener incidencias en las costas.

El análisis de la penetración horizontal de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos como consecuencia del aumento del NMM fue realizado a partir de lo reportado por el INRH (2011), al señalar que los escenarios de variación de la penetración actual indicaban avances de 3 y 5 km para 2050 y 2100, respectivamente (Fig. 5).

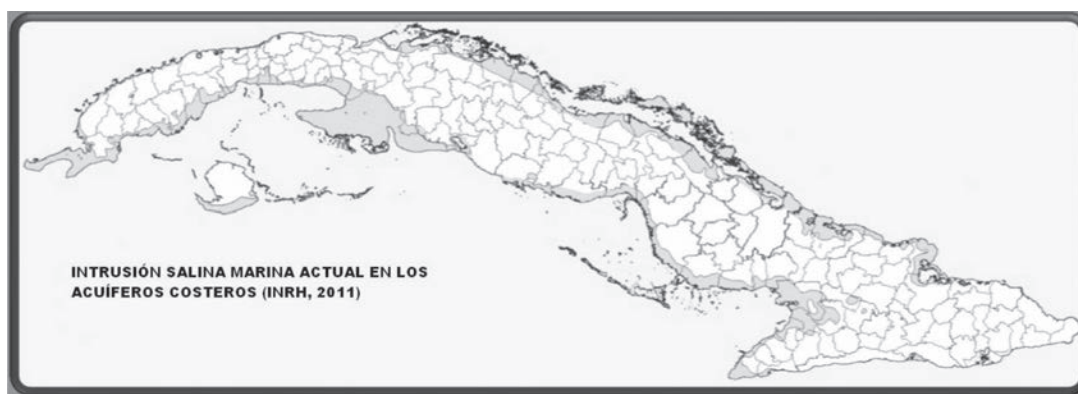


Figura 5. Penetración actual de la intrusión salina 2050 y 2100 (AMA, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Evaluación de los impactos

#### **a) Impacto por el aumento de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos**

Las afectaciones por la intrusión salina en la provincia de Artemisa en la actualidad están incidiendo en ambas costas, fundamentalmente en los cinco municipios de la costa sur (San Cristóbal, Candelaria, Artemisa, Alquizar y Güira de Melena) (Figs. 6 y 7), donde se encuentra la mayor cobertura boscosa costera. Según reportes de INRH (2000), los acuíferos más afectados (al sur) en el país son los de las provincias de Pinar del Río, Artemisa, Mayabeque y Sancti Spiritus, siendo los acuíferos de Artemisa y Mayabeque los que están involucrados en el suministro de agua potable a la provincia de La Habana, capital del país, la cual cuenta con una población cercana a los 2,2 millones de habitantes. Tal impacto se acentúa con la escasa ocurrencia de precipitaciones (0,55 mm) como promedio en el período seco. INRH (2012)

plantea que un incremento del NMM de aproximadamente 30 cm para 2100 produciría un ascenso vertical de la cuña salina menor de 10 m, situación que sería más compleja si se produjera una reducción de las precipitaciones.

En la actualidad todos los lotes de las diferentes unidades silvícolas de la provincia se encuentran afectados por la intrusión salina (Figs. 7 y 8). El aumento futuro del NMM producirá un progresivo incremento de la intrusión salina actual en los acuíferos subterráneos, horizontalmente, con un avance de hasta 5 km en profundidad (INRH, 2011). Los lotes existentes tanto en la costa norte como la sur de la provincia son afectados por tal efecto, tanto de forma vertical como horizontal, lo que provocará a su vez la elevación de la concentración de sales en las zonas donde está situado el patrimonio forestal costero de la empresa y las áreas agrícolas existentes ubicadas detrás de esa cobertura vegetal. Situación semejante ocurre en las EFI Las Tunas y EFI Matanzas (Álvarez, 2015 y Álvarez et al., 2016).



Figura 6. Distribución de los lotes de las diferentes Unidades Silvícolas de la EAF Costa Sur.



Figura 7. Afectación por la intrusión salina en ambas costas de la provincia de Artemisa.



Figura 8. Áreas afectadas del patrimonio forestal de la EAF Costa Sur.

En el patrimonio de la EAF Costa Sur, que se encuentra en las costas de la provincia, actualmente afectados por el avance de la intrusión salina, están reportadas 16 148,99 ha de bosques naturales y plantaciones, representando 137 3168,08 m<sup>3</sup> de madera en pie, lo que implica que estos no tendrán tiempo para poder adaptarse y enfrentar los altos tenores salinos, unido a lo cual estará la pérdida de territorio que origine el aumento del nivel del mar, por lo que cabe esperar que en una parte considerable del patrimonio de la empresa ocurra un cambio en la composición de especies de los lotes como consecuencia, por una parte, de la migración de los manglares tierra adentro, y por otra parte, por la pérdida de las especies menos adaptadas a la salinidad en las formaciones existentes. Refieren Hernández *et al.* (2005) que las predicciones en los escenarios del manglar, a partir de las afectaciones por el aumento del NMM, son muy controvertidas, ya

que la capacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes que generalmente presentan las costas es una evidencia de la resiliencia que caracteriza al ecosistema de manglar. De igual forma, Boudet (2015) plantea que los manglares pueden incluir algunas pérdidas; pero la migración hacia tierra adentro, cambios en la dominancia e incremento de área a corto plazo dependerán de las características del lugar. Como se puede notar en la Fig. 8, el avance de la intrusión salina tiene mayor afectación en la costa sur de la provincia, y las unidades silvícolas más afectadas son la de Artemisa, San Cristóbal, Candelaria y San Antonio de los Baños, a las que debe prestárseles especial interés, ya que la intrusión salina en el municipio de Güira de Melena abarca en gran medida el territorio, alcanzando la parte sur del municipio de San Antonio de los Baños, en el cual se encuentra la cuenca Ariguanabo y parte del patrimonio no costero de la empresa.

Por otra parte, se plantea que el área superficial más estrecha de la isla, y por ende de la provincia (31 km) (Fig. 9), se encuentra entre la bahía de Mariel y la ensenada de Majana (Ecured, 2017), lo que implica que al aumentar el NMM y continuar el progresivo avance de la intrusión salina ya presente en el territorio, acompañado de las pocas precipitaciones, también se

verían implicados las plantaciones de frutales y agrícolas ubicados tierras adentro; incluso Boudet (2015) refiere que las zonas arroceras se encuentran ubicadas en el territorio sur de la provincia, en zonas bajas, de muy poca pendiente y próximas a la región costera, y al incrementarse el peligro de intrusión salina aumenta su nivel de afectación.

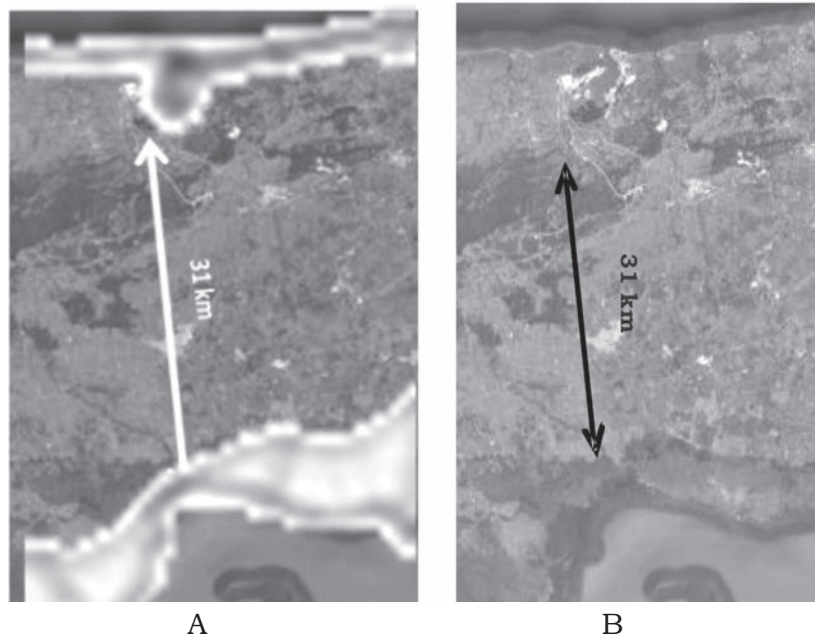


Fig 9. Área más estrecha de la provincia de Artemisa. A: Imagen satelital de la provincia; B: Imagen satelital de la provincia superpuesta con escenario de intrusión salina.

La UNFCCC (2017) plantea que la elevación del nivel del mar ya está contaminando las fuentes subterráneas de agua dulce en Israel y Tailandia, en los pequeños atolones dispersos a través del Pacífico y el Océano Índico y el Mar Caribe. Por otra parte, Moreno *et al.*, citado en la Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) (PNUD, 2015), señalan que las surgencias más significativas del país se observan en el tramo comprendido entre Estero de los Caimanes (sur del municipio de Consolación del Sur, en la provincia de Pinar del Río) hasta Punta Gorda, en la Península de Zapata, Matanzas. En la costa sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque se han realizado observaciones sobre el retroceso de la línea de su costa baja, con localidades donde se registra una entrada del mar a un ritmo de 3 m/año.

De acuerdo a los diversos criterios, queda claro que los manglares, por ser la primera barrera natural con que cuentan los Estados insulares, deben tener su máxima atención por los decisores, ya que por ser un ecosistema natural hay que estar sujeto a su adaptabilidad o no a las condiciones imperantes, por lo que es de suma importancia que la EAF Costa Sur accione de forma inmediata en su patrimonio para atenuar el progresivo avance de la intrusión salina, hoy tan evidente en las zonas costeras y tierras adentro de la provincia, y así proteger el objeto social de la empresa y la economía del país.

#### **b) Estrategia de adaptación**

Debido a que los bosques destinados a la protección del litoral y la única barrera terrestre natural con que cuentan los pequeños Estados insulares para atenuar en magnitud y dilatar en tiempo los efectos negativos del aumento

del NMM y sus consecuencias en la intrusión salina, se impone la necesidad como primera acción de adaptación:

1. Suspensión del aprovechamiento de los recursos maderables presentes en el ecosistema de manglar. Esta formación tiene la finalidad de proteger la costa contra la erosión marina, atenuar el aumento de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos y velar por la calidad y disponibilidad de las aguas subterráneas.
2. Realizar la reforestación por parte de la empresa en las zonas protectoras del litoral en la mayor brevedad posible, en especial el litoral sur de la provincia y las zonas bajas de la costa norte, tomando en consideración las especies que toleren altos tenores salinos ya existentes en los acuíferos subterráneos.
3. A su vez, las acciones anteriores demandará que la empresa disponga de un proyecto de ordenación forestal con la flexibilidad suficiente para poder incluir en él, a partir de la actualización de su dinámica y de conjunto con las instituciones científicas de la provincia, las modificaciones que ocurran sobre la situación costera, con vistas a la inclusión de las decisiones oportunas en el plan productivo que la entidad prepare para el año próximo.
4. Jerarquizar las acciones relativas a la protección de los manglares.

## CONCLUSIONES

- Las Unidades Silvícolas y los municipios más afectados por tal efecto son las ubicadas en la costa sur de la provincia.
- El patrimonio de la EAF Costa Sur en la actualidad tiene afectada 16 148,99 ha de bosques naturales y plantaciones por el avance de la intrusión salina.

## BIBLIOGRAFÍA

AMA. 2010. Resultados del macro-proyecto Peligros y Vulnerabilidad Costera (2050-2100) al término del año 2009. CITMA, Cuba.

Álvarez, Y. 2015. Evaluación de los impactos asociados al cambio climático y estrategia de adaptación para la EFI Las Tunas. Informe Técnico. La Habana. Cuba. 13 p.

Álvarez, A., Mercadet, A. 2016. Evaluación de los impactos asociados al cambio climático y estrategia de adaptación para la EFI Matanzas. Informe Técnico. La Habana. Cuba. 13 p.

Boudet, D. 2015. Impactos del Cambio Climático en Cuba. Taller regional sobre adaptación al cambio climático a nivel local. Centro de Formación de la Cooperación Española en Cartagena de Indias, Colombia. INSMET, presentación 25 diapositivas.

Buján, C. M. 2000. Ríos de Cuba. Caracterización y Clasificación. La Habana. 20 p.

Cenhica. 2001. Regionalización Hidrológica y del Balance Hídrico para las Condiciones de Cuba. La Habana, Cuba. (Inédito)

Cruz, Y., Mesa, L., Pérez, J. 2013. Valoración del papel del ecosistema manglar como franja protectora en el ecosistema Bahía tras el paso del Huracán Sandy. La Habana. Cuba. 8 p.

Ecured. 2017. Geografía de Cuba. Consultado en: [https://www.ecured.cu/Geografía\\_de\\_Cuba](https://www.ecured.cu/Geografía_de_Cuba), el 31 enero 2017.

Hernández, M., et al. 2005. Estimación de la tasa de incremento del nivel medio del mar a partir de mediciones directas y evaluación de su impacto en el Golfo de Batabanó y en la Península de Zapata". Primera Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias: 1-24. CD-ROM.

IPCC. 2008. Reporte Especial sobre las Vulnerabilidades de los Pequeños Estados Insulares. IPCC WGII. 80 p.

INRH. 2000. Reporte Nacional: Cuba. Manejo integrado de las cuencas hidrográficas y las zonas costeras en los estados insulares en desarrollo del Caribe. La Habana. 96-p. Consultado en: <http://www.oas.org/reia/IWCAM/pdf/cuba/Section%201.PDF>, el 17 noviembre 2015.

INRH. 2010. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Dirección de Cuencas Hidrográficas, Delegación provincial de La Habana. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones unidas sobre Cambio Climático. Línea Base de Recursos Hídricos para el ejercicio de integración sur de La Habana. La Habana. 25 p.

INRH. 2011. Penetración actual de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos cubanos. La Habana. Dirección de Cuencas Hidrográficas.

INRH. 2012. Boletín Hidrológico enero-diciembre. Dirección de Cuencas Hidrográficas. Lluvias mensuales y acumuladas de los municipios de Bahía Honda, Güira de Melena y La Palma para el período 1970-2010.

INSMET. 2010. Base de datos meteorológicos para el período 1980-2008. Estaciones de Bahía Honda, Güira de Melena, Bauta y La Palma.

Jiménez, F. 2012. Distribución de los lotes costeros de la EAF Costa Sur. Dpto. Ordenación Forestal, Dirección Nacional Forestal.

López-Geta, J. A., Gómez Gómez, J. de Dios. 2007. La Intrusión Marina y su Incidencia en los Acuíferos Españoles. Consultado en: <http://www.raco.cat/index.php/ECT/article/download/121417/167867>, el 31 enero 2017.

Minambiente. 2017. Anexo 2. Eventos hidrometeorológicos extremos, sus impactos y medidas de adaptación sugeridas.

- Ministerio de Ambiente Venezuela. Consultado en: [http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Inclusion\\_variable\\_de\\_cambio\\_clim%C3%A1tico\\_/ANEXO\\_2\\_Hoja\\_Ruta.xls](http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Inclusion_variable_de_cambio_clim%C3%A1tico_/ANEXO_2_Hoja_Ruta.xls), el 31 enero 2017.
- Monterrosa de Tobar, M. 1998. Evaluación de los impactos del cambio climático en El sector agropecuario de la zona costera de El Salvador. Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático de El Salvador. 138 p.
- Oficina Nacional de Estadística e Información. 2014. Boletín sobre superficie de bosques por provincias. La Habana. p. 21.
- PNUD. 2015. Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). República de Cuba. p. 43, 48, 118 y 120. Consultado en: <http://www.latinamerica.undp.org/content/rblac/es/home/ourwork/SIDS.html>, el 31 enero 2017.
- UNFCCC. 2017. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Secretaría sobre el Cambio Climático. Niveles del mar, océanos y zonas costeras. Consultado en: <http://www.cambioclimatico.org/content/niveles-del-mar-ocenos-y-zonas-costeras>, el 31 enero 2017.

## RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Yolanis Rodríguez Gil

Ingeniera Agrónoma, Máster en Geografía, Medio Ambiente, Ordenación Territorial en la mención de Hidroclimatología y Manejo de Cuencas, e investiga temas relacionados al Manejo de cuencas, Hidrología forestal, Estudios de impactos y emisiones de cambio climático, de Medio Ambiente. Ha impartido conferencias y asesoramientos a personal técnico, especialistas en la agricultura urbana y al sistema empresarial agroforestal y personal del INAF. Tiene la responsabilidad de la actividad de Gestión Ambiental del INAF. Obtuvo Premios Organismos en 2010, 2012, 2013 y 2014. Premio Academia del CITMA, 2013. Como colaboradora de un resultado obtuvo el Premio Gaspar Jorge García Galló, 2013, perteneciente a la Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.