

Biodiversidad EN LA PRÁCTICA

Documentos de trabajo del Instituto Humboldt

VOLUMEN 4 - NÚMERO 1 - 2019 - PP. 189-211

Recibido: 25 de diciembre de 2018 -

Aprobado: 09 de mayo de 2019.

Rodrigo Echeverri Restrepo
Independiente
roer42@gmail.com



REFLEXIÓN

Las ciencias forestales y la gestión de la biodiversidad: apuntes históricos para una reivindicación

Forest science and biodiversity management: historical notes of vindication

RESUMEN

En este artículo se hace un recuento de los aportes de la ingeniería forestal al conocimiento y conservación de la biodiversidad mediante el análisis de trabajos en temas forestales de manejo sostenible, suelos, fauna y flora, mejoramiento genético y dendrocronología, además de contribuciones al conocimiento y zonificación del territorio. La reseña se centra en los aportes de las universidades desde las ciencias forestales desde principios del siglo pasado, y evidencia los aportes al conocimiento y gestión de la biodiversidad desde su práctica. Los primeros profesionales forestales formados en Colombia son de los inicios de la década de los 60 y, desde ese entonces, han aportado algunos estudios tempranos de ecología y geografía botánica realizados en el país. En las últimas décadas el quehacer universitario aborda temas novedosos y complejos que arrojan información de alta calidad sobre el origen, dinámica y circunstancias biofísicas de los bosques naturales y plantaciones de árboles.

Palabras clave: Aprovechamiento forestal. Biodiversidad forestal. Ecología forestal. Gestión de biodiversidad forestal. Ingeniería forestal. Instituciones y políticas forestales.

RESUMEN **ABSTRACT**

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

In this essay, I present a historic overview of the contributions of forest engineering to the knowledge and management of biodiversity in Colombia, based on the analysis of publications related to sustainable forestry, forest soils, fauna and flora associated with forests, forest genetic improvement, dendrochronology, and land use planning and management. Focused on contributions from forest sciences at universities since the beginning of the last century, it was found that evidently the forest sector has done important contributions to the knowledge and management of biodiversity. The first professionals in the field educated in Colombia appeared in the early sixties, and since then have produced studies of botanical ecology and geography for Colombia. Currently, university work has approached novel and complex subjects that give high-quality information about the origin, dynamics, and biophysical circumstances of natural forests and tree plantations.

Keywords: Afforestation. Forest biodiversity management. Forest ecology. Forest engineering. Forest institutions and policies. Forest production. Forestry.

INTRODUCCIÓN

La situación de la ingeniería forestal en Colombia no deja de ser paradójica. Los ingenieros forestales, después de ser pioneros en la gestión de los recursos forestales en el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (Inderena), creado en 1968 y disuelto en 1993 con la creación del Ministerio del Medio Ambiente y del Sistema Nacional Ambiental (Sina), fueron desacreditados. Se afianzó la percepción que se trata de profesionales adictos a las especies exóticas, incluso se sugirió que eran profesionales con escasa preparación académica. Estos son prejuicios sin fundamento. Tal como se presenta en este trabajo, la ingeniería forestal ha jugado un papel importante en estudios ecológicos desde los años 50 y 60, y ha hecho significativos aportes al conocimiento y gestión de la biodiversidad. En el presente trabajo, presento los hitos de mi experiencia como ingeniero forestal, enfrentado a diversos contextos cambiantes, en una profesión que resulta importante reivindicar, entre otras razones, para reforzar la rezagada conservación a través del uso sostenible de los recursos biológicos.

DESARROLLO

Los estudios universitarios de la ciencia forestales

Las primeras carreras de ingeniería forestal se crearon en Colombia a principios de la década de los 50 en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia en Medellín (Unal-Medellín) y en la Universidad Distrital en Bogotá. En la Nacional, los estudiantes compartieron los dos primeros años lectivos con los de agronomía, en la Distrital de Bogotá, con los de Ingeniería Electrónica. Los

estudios universitarios de temas forestales ya se habían iniciado hacia 1916, cuando la Gobernación de Antioquia reglamentó la Escuela de Agricultura Tropical y Veterinaria, actualmente Facultad de Ciencias Agrarias de la Unal-Medellín, cuyo plan de estudios incluía la asignatura silvicultura, que se veía en el primero y segundo año, y estaba orientada a la reforestación, la conservación y el aprovechamiento de los bosques, además del estudio de las principales maderas industriales e industrias que se pueden desarrollar (Vásquez y Pérez, 2015).

En 1945, durante el Primer Congreso Forestal Nacional en Bogotá, se planteó la necesidad de darle a los estudios forestales su debida atención y se solicitó la creación de programas profesionales en ciencias forestales (Suescum y Peláez, 2009). En este contexto se decide crear la carrera de Ingeniería Forestal en la Facultad Nacional de Agronomía pues una facultad se identificaba con una carrera. Para la segunda carrera se optó por la figura de un instituto, que compartía el profesorado, los laboratorios, las aulas, la biblioteca y las áreas de prácticas, lo mismo que la dirección y administración (Vásquez y Pérez, 2015). Mas tarde se consolidó la Facultad de Ingeniería forestal como tal.

La carrera de Ingeniería Forestal en la Universidad Distrital se creó el 6 de agosto de 1950 en la entonces Universidad Municipal de Bogotá. El presbítero Daniel de Caicedo fue el primer rector y quien inició la formación tecnológica en carreras de tres años en radiotécnica, topografía y ciencias forestales. Se convocaron cerca de 30 bachilleres, que iniciaron sus estudios en 1951, de los cuales 23 terminaron en 1953. Entre ellos, siete obtuvieron el grado de licenciado en Ciencias Forestales y Botánicas, equivalentes a los actuales tecnólogos. A partir de 1960, esta universidad contó con una Facultad de Ingeniería Forestal, cuyo primer decano fue el ingeniero forestal austriaco Alfred Kotschwar que, basado en currículos europeos, dio inició un plan de estudios de cinco años para la formación de ingenieros forestales. Los Ferrocarriles Nacionales cedieron extensos bosques en el Cararé-Opón (Clavijo, 2009) donde se desarrollaron, con el apoyo del gobierno alemán, ensayos de manejo sostenible de bosques y reforestación con especies de la zona, principalmente caracolí (*Anacardium excelsum*), en los años 60 y 70.

La Universidad del Tolima creó una Facultad de Ingeniería Forestal en 1961 y en el siguiente año adoptó su plan de estudios, siguiendo las recomendaciones del “Primer Seminario de la Enseñanza de la Ingeniería Agronómica, la Medicina Veterinaria y Zootecnia y la Ingeniería Forestal”, realizado en Ibagué en 1962, cuyos estudios e investigaciones se orientaban al manejo de bosques y la conservación de suelos y aguas, de acuerdo con los problemas en materia forestal del Tolima. El primer decano y buena parte de sus docentes venían de la Universidad Distrital (Vargas, 2009).

Aunque en Colombia existen otras instituciones dedicadas a la enseñanza de la educación forestal, las tres mencionadas son la piedra fundacional de esta disciplina.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

RESUMEN Además de ellas, en este momento la Universidad Industrial de Santander (UIS) ofrece un programa de Ingeniería Forestal en su sede de Málaga (Santander) –que en los 80 inició como una técnica a principios de los 90 se transformó en el actual programa–, al cual tienen acceso los bachilleres y los tecnólogos forestales a quienes les interese optar por el título de ingeniero. Otros programas se desarrollaron a partir de los años 90 e inicios del siglo XXI en varias universidades públicas y privadas de Colombia, como la Universidad del Cauca (Popayán), que ofrece desde 2003 un programa de Ingeniería Forestal y el Colegio Integrado del Oriente de Caldas IES-CI-NOC en Pensilvania (Caldas), el cual ofrece desde 1985 un programa de técnicas forestales (Hoyos, 2009).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

Primeros empresarios y entidades que hicieron cultivos de árboles

Las primeras empresas reforestadoras nacieron al final de la primera mitad del siglo pasado como iniciativas de empresarios particulares; entre ellos Pedro Nel Ospina Vásquez, hijo del general y expresidente, y Alfonso Dávila Ortiz. Este último trabajó el cedro (*Cedrela* sp.) y la caoba (*Swietenia macrophylla*), además de utilizar teca (*Tectona grandis*) a lo largo de los cercos. También plantó pequeños lotes con iguá (*Pseudosamanea guachapele*), canaete o nogal cafetero (*Cordia alliodora*), caracolí (*Anacardium excelsum*) y abarco (*Cariniana pyriformis*); utilizó el balsa (*Ochroma logopus*) para darle sombrío a las plantaciones de cedro y caoba y tras notar el buen desarrollo de la teca plantada a lo largo de los cercos, reforestó varios lotes con esta especie (Dávila, 2007). Desde 1949, Pedro Nel Ospina Vásquez inició reforestaciones con teca y abarco en Ayapel (Córdoba), además de cultivos de café con sombrío de nogal cafetero en Antioquia (Berrío, 2007). Cada uno de ellos, en forma independiente, importó teca de Trinidad y Tobago entre 1948 y 1949, donde la habían introducido desde 1913, probablemente de Tenasseim (Birmania o Myanmar) (Echeverri, 1976). Ospina Vásquez trajo semillas y Dávila Ortiz importó pseudoestacas.

Las plantaciones con fines protectores se iniciaron a finales del siglo XIX con pinos (*Pinus* spp.) y cipreses (*Cupressus* spp.) en los Cerros Orientales de Bogotá, donde la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) reforestó en los años 20 y del siglo pasado (Delsa, 1980). A finales del siglo XIX los Cerros Orientales estaban deforestados, a pesar de ser fuentes del acueducto y abarcar las agua los ríos San Francisco y San Cristóbal y las de las quebradas Arzobispo, Las Delicias y La Vieja. En respuesta a esta situación, en 1899 se comenzaron a hacer trabajos de reforestación con pinos y cipreses, y desde entonces ha habido debates relacionados con la reforestación frente al crecimiento espontáneo de vegetación y sobre las especies a utilizar, pues se estaban empleando sobre todo cipreses y eucaliptos (*Eucalyptus* spp.), y en menores cantidades acacias (*Acacia* spp.) y urapanes (*Fraxinus chinensis*). En 1922, la EAAB estimó que llevaba plantados 437600 árboles, principalmente coníferas y eucaliptos, además de varias especies de chusque (*Chusquea* spp.) (Delsa, 1980). En 1924, se suspenden estas plantaciones, porque llegan a la conclusión que lo más adecuado es dejar crecer espontáneamente la vegetación natural, luego de que

el Municipio, hoy el Distrito Capital, hubiera comprado la gran mayoría de predios en donde se hicieron las plantaciones. En esta decisión influyeron los puntos de vista del Hermano Apolinar María y del geólogo Ricardo Lleras Codazzi.

En la década de los 40 se realizaron reforestaciones protectoras en las cuencas del embalse de Piedras Blancas (Medellín) (Bustos y Vanegas, 1975), así como en las del río Blanco (Manizales), Otún (Pereira) y en las inmediaciones del embalse del Neusa (Cundinamarca). Se utilizaron sobre todo pinos, cipreses, eucaliptos y acacias. En las áreas de influencia de estos lugares se plantaron árboles en los linderos de las fincas. También se establecieron pequeños rodales con buenos resultados, lo que dio lugar al establecimiento de bosques en las tierras frías y templadas, por particulares, normalmente en altitudes superiores a los 1700 metros, al igual que en la quebrada Piedras Blancas (Medellín), por parte del acueducto.

En la década de los 60 se incrementaron las plantaciones privadas con fines comerciales, que el gobierno apoyó con créditos, viveros de fomento y corporaciones con objetivos centrados en reforestación. Hacia 1975 se consideraba que los particulares habían tomado la iniciativa en las plantaciones forestales con fines comerciales, mientras que el Estado se ocupaba de reforestaciones protectoras, con excepción de 3.000 hectáreas de plantaciones con fines comerciales en Ayapel (Córdoba), San Benito (Sucre) y el Llanito y Sabana de Torres (Santander) (Bustos y Vanegas, 1975). También en los 60 el Acueducto de Bucaramanga hizo extensas plantaciones con especies nativas en la cuenca del río Tona, bajo la dirección del ingeniero forestal Marcelino Valderrama, uno de los primeros egresados del Instituto Forestal de la Universidad Nacional. El eucalipto (*Eucalyptus globulus*) fue traído a Colombia por Manuel Murillo Toro en 1868 y lo plantó en Ubaté (Cundinamarca). Los cipreses ya formaban parte de los árboles ornamentales de las viejas haciendas caucanas (Berrío, 2007).

La intervención gubernamental en las reservas forestales

En la década de los 50 y hasta finales de los 60 los ingenieros forestales encuentran oportunidades laborales en el Ministerio de Agricultura (que regulaba la explotación de bosques naturales), al igual que en la Corporación del Valle del Magdalena y el Sinú (CVM), que administraba los recursos naturales y estructuraba un programa para su utilización sostenible de su jurisdicción –cuenca del río Magdalena al norte del río Negro, ríos Nechí y Cauca, al norte del paralelo 7, y los territorios de los departamentos del Atlántico, Bolívar, Córdoba y Magdalena–.

En el Ministerio de Agricultura los ingenieros forestales competían con los agrónomos y abogados por las posiciones relacionadas con bosques, desde las cuales se tramitaban permisos de explotación forestal entre 10 y 20 empresas madereras que comenzaban a gestionar sus concesiones en los manglares del Caribe, y en los baldíos de la costa del Pacífico, el Atrato y Urabá, donde las comunidades afrocolombianas e indígenas eran invisibles y quienes tratadas como grupos de colonos por las empresas

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

RESUMEN	madereras. Las solicitudes para concesiones forestales debían estar acompañadas por un plan de aprovechamiento y utilización de los bosques, firmado por un profesional forestal competente. Otras resoluciones de la misma época obligaban a los madereros a contratar ingenieros forestales para sus operaciones de extracción maderera (Guaque, 2009).
PALABRAS CLAVE	
ABSTRACT	
KEY WORDS	
INTRODUCCIÓN	Paralelamente la CVM sentaba las bases para la administración pública de los bosques y otras áreas silvestres mediante un conjunto de acciones que incluía un sistema de control y vigilancia de la explotación forestal y piscícola, ensayos de aclimatación de especies y pequeñas reforestaciones en el Medio y Bajo Magdalena, además de las cuencas de los ríos Gaira y Manzanares en el macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta. En los límites de los departamentos de Bolívar y Antioquia se realizó el inventario de los bosques de la serranía de San Lucas, como primer paso para un proyecto para su aprovechamiento maderero e industrial (Ramírez, 2009).
DESARROLLO	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS	
SOBRE EL AUTOR	

Por el Decreto 2420 de 1968, se creó el Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (Inderena), con las funciones que desempeñaba la División de Recursos Naturales del Ministerio de Agricultura y la CVM, en especial la reglamentación, administración, conservación y fomento de los recursos naturales del país. En cuanto al aprovechamiento de bosques naturales, asumió el otorgamiento y supervisión de las concesiones, licencias y permisos forestales y movilización de productos forestales. Con el Decreto 133 de 1976 se reestructura el sector agropecuario y denomina al Inderena como Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, al que se le asignaron las funciones de protección del medio ambiente y la administración, conservación y manejo de los recursos naturales renovables en el territorio nacional (Guaque, 2009).

El Inderena le dio énfasis a los planes de ordenación forestal y otorgó 7 permisos sobre 299.357 hectáreas, con plazos entre 10 y 35 años, que se sumaban a los 24 que provenían del Ministerio de Agricultura. No obstante, estos planes eran nominales y reinaba la anarquía en el aprovechamiento de maderas, las cuales eran extraídas de cualquier parte, además de la ilegalidad en su transporte y comercialización, esto implicaba poco o nulo beneficio que la actividad dejaba a los pobladores que dependían del uso de los recursos forestales para apenas subsistir, constituyendo un escenario de baja gobernabilidad forestal (Ramírez, 2009; Orozco, 2009).

La División de Parques Nacionales y Vida Silvestre del Inderena se hizo responsable de los parques que habían sido declarados por de la CVM (Tayrona e Isla de Salamanca) y de dos áreas protegidas (Reserva Biológica de La Macarena a cargo de la Universidad Nacional, y el Parque Nacional Cueva de los Gúacharos, creado en 1960), además del Parque Nacional de Puracé, que desde 1961 había sido declarado Parque Regional Natural del Departamento del Cauca y estaba a cargo de la Universidad del Cauca. En esta transferencia institucional de áreas protegidas se olvidaron del Parque Nacional del Río León, a cargo de la Universidad Nacional, con el que se

pretendió proteger los últimos reductos de los antes extensos cativales, de interés de las empresas madereras, siendo además campo de prácticas del Instituto Forestal de la Universidad Nacional. En 1970 se creó el Territorio Fáunico el Tuparro (Vichada), actualmente Parque Nacional Natural; el Parque Nacional Natural Las Orquídeas –en marzo de 1973–, ubicado en los límites de Antioquia y el Medio Atrato chocoano; el Parque Nacional Natural Los Katíos –en agosto de 1974–, localizado en los límites de Colombia y Panamá –apoyado por el gobierno de Estados Unidos, al que le interesaba como barrera natural para la expansión de la fiebre aftosa–. Otras áreas protegidas de la época fueron el Santuario de Fauna y Flora Los Flamencos –en 1977–, ubicado en el litoral del Caribe en La Guajira, ya en ese entonces amenazado por la explotación de los bosques que rodean el área protegida (Guauque, 2009). El papel de los ingenieros forestales en esta fase de creación de áreas protegidas fue fundamental.

En 1974 se creó la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Conif) como un esfuerzo de las empresas madereras y el sector público para cumplir con las obligaciones derivadas de la explotación forestal. Originalmente, se quiso financiar con la tasa de reposición e investigación que pagaban los concesionarios y permisionarios forestales para ejecutar programas de desarrollo social, investigación y reforestación en las áreas forestales otorgadas para aprovechamiento. El Conif también se haría cargo de la obligación de recuperar los volúmenes aprovechados para dar cumplimiento al compromiso de manejar el bosque o reforestar, contraído por las empresas en los contratos de otorgamiento de permisos de aprovechamiento. Esta entidad ha impulsado investigaciones en áreas de manejo sostenible del bosque natural y plantaciones, así como proyectos para el uso y manejo de los recursos forestales, los cuales han dado como resultado innumerables publicaciones, artículos científicos y cursos del alto nivel que se convierten hoy en su más valioso aporte al país. A pesar de sus obligaciones relativas a la recuperación de los bosques utilizados, no cumplió con la misión ya que por razones legales fue imposible transmitirle los pagos de la tasa para ello pagada por los beneficiarios de permisos de aprovechamiento (Ramírez, 2009).

Manejo forestal sostenible

Para el manejo forestal sostenible se requiere conocer el crecimiento del bosque o de la plantación de árboles. A mediados de los años 80 ya se habían generado herramientas conceptuales y metodológicas en el ámbito académico para darles fundamentación a los planes de ordenación o manejo, e iniciado las investigaciones, modelando el crecimiento de bosques y plantaciones.

La participación de los ingenieros forestales en los bosques naturales se había reducido a unos planes de ordenación o de manejo institucionalmente instituidos. Los crecimientos y rendimientos se establecían según las necesidades del cliente, se desconocían las prácticas de explotación forestal de las comunidades relacionadas con el bosque y se ignoraba la colonización espontánea. Dichos planes realmente

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

RESUMEN	servían para obtener salvoconductos para la movilización de la madera extraída, que eran obtenidos muchas veces en lugares diferentes a los licenciados. Se estimó así
PALABRAS CLAVE	que el 76 % de la madera utilizada en los múltiples procesos de producción provenía de bosques naturales no manejados (USAID, 2009).
ABSTRACT	
KEY WORDS	
INTRODUCCIÓN	Paralelamente, las universidades, en sus programas de Ingeniería Forestal, avanzaban en el desarrollo de elementos para el manejo de bosques tropicales en proyectos como el del Carare-Opón en el Magdalena Medio –para la producción de polines de ferrocarril, liderado por la Universidad Distrital con la cooperación del gobierno alemán–, las investigaciones del Centro Forestal Tropical del Bajo Calima –ubicado en el delta del río San Juan, a cargo de la Universidad del Tolima– y el Proyecto Guandal –ubicado en los bosques comerciales inundables del litoral del Pacífico nariñense (del Valle 1997), ejecutado por la Universidad Nacional apoyada por Corponariño y el Reino de los Países Bajos–.
DESARROLLO	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS	
SOBRE EL AUTOR	

El Proyecto Carare-Opón se desarrolló en 124000 hectáreas –ubicadas entre la cordillera Oriental y los ríos Magdalena, Opón y Guayabito–, cedidas a Universidad Distrital Francisco José de Caldas por los Ferrocarriles Nacionales en 1966, para que transformara la selva en un bosque manejado que los abasteciera de traviesas para sus vías. Fue apoyado por el Gobierno nacional con un aporte anual de poco más de un millón de pesos y apoyado por el gobierno alemán. El proyecto, además de ser un campo de prácticas para los programas de Ingeniería Forestal de las tres universidades, se proponía transformar el bosque tropical heterogéneo en uno industrial homogéneo con mayor presencia de especies maderables comerciales, complementado con reforestación con especies de la zona, principalmente abarco (*Cariniana pyriformis*), unido a procesos de transformación de la madera (Guaque, 2009b).

Para el manejo sostenible de los bosques inundables del delta del río Patía se estructuró el Proyecto Guandal a partir del reconocimiento de las prácticas de explotación forestal persistente de las comunidades afrocolombianas del litoral de Pacífico en Cauca y Nariño (del Valle 1996; del Valle y Restrepo, 1996). Se origina por la asesoría que la Universidad Nacional dio a la Cooperativa Triplex El Cóndor, propiedad de los antiguos trabajadores de la empresa Maderas y Chapas de Nariño, la cual quebró, a raíz de lo cual quedó de propiedad de los trabajadores en 1983 como pago de las deudas con ellos contraídas por salarios y prestaciones sociales. La Unal-Medellín decidió colaborar con los nuevos propietarios (del Valle, 1994). Estas asesorías pusieron en contacto al grupo de profesores y estudiantes de la Unal con los bosques de guandal (bosques mixtos en humedales forestales), lo que los llevó a comprender una dimensión hasta ese momento esquiva y formalmente desconocida, tanto en las ciencias sociales como naturales de Colombia, esto es, unos bosques que persistían a pesar de haber sido explotados durante varias décadas y seguían produciendo ingresos a la economía local, contribuyendo con un altísimo porcentaje de madera al consumo nacional. También se dieron cuenta de la existencia de un campesinado silvicultor que se debatía en una gran miseria, dadas las relaciones económicas de explotación

que allí prevalecían. Estos hechos permitieron plantear que allí podrían construirse las bases del aprovechamiento sostenible por parte de las comunidades de los bosques naturales del delta del río Patía, para lo que iniciaron estudios tendientes a conocer la dinámica y la estructura de estos bosques. En marzo de 1984 se establecieron las primeras parcelas permanentes, que se medían anualmente y se iban ampliando a otros sitios, pero los recursos personales de los docentes y de la Universidad resultaban insuficientes por lo que buscaron cooperación internacional, la cual finalmente se concretó en un apoyo económico del Reino de los Países Bajos a través del Plan de Acción Forestal para Colombia (PAFC), que dio lugar a una primera fase del Proyecto Guandal, ejecutada entre 1992 y 1994 (del Valle, 1994).

El Proyecto Guandal estudió integralmente, con datos de parcelas comenzadas a instalar en 1984, los bosques de guandal y sus interrelaciones con las comunidades afrocolombianas e indígenas que los han utilizado por décadas, buscando fundamentar el aprovechamiento persistente que localmente se hacía, reconocido por los investigadores universitarios. que identificaron a las comunidades como silvicultores empíricos. En este campo, se ocuparon del estudio de su riqueza y diversidad, estructura horizontal y vertical, crecimiento de bosques explotados y sus respuestas a entresacas, ingreso y mortalidad de especies en bosques de segundo crecimiento y propagación vegetativa del sajo (*Camposperma panamensis*) y el cuángare (*Otoba parvifolia*), entre otros temas. Respecto a su manejo, por análisis multivariado determinaron los volúmenes de los principales tipos de bosque y la posibilidad de corta anual para un aprovechamiento persistente, exploraron las potencialidades del manejo por entresacas y plantearon alternativas de manejo de bosques explotados. También abordaron temas de aprovechamiento e industria forestal, la caracterización etnobotánica de los bosques y áreas cultivadas, así como de las prácticas agroforestales, la evaluación económica del aprovechamiento forestal y su reseña histórica. Sobre lo anterior se publicaron 76 artículos, relacionados en una bibliografía preparada por del Valle (1994) al final de la primera fase del proyecto. Sería interesante averiguar qué tanto se ha utilizado esta información en los planes de manejo de territorios colectivos y resguardos indígenas, cuyos líderes recibieron copia de ellas por parte de la Universidad.

Desde hace más de 20 años se han desarrollado modelos matemáticos sobre el crecimiento de bosques tropicales. Con la información colectada en el Proyecto Guandal se han hecho estimaciones del crecimiento diamétrico por medio de modelos no lineales en los bosques de guandal (del Valle, 1997); León-Peláez y Giraldo (2000) evaluaron en el departamento de Antioquia el crecimiento diamétrico del roble (*Quercus humboldtii*) y calcularon su tasa de incremento; Lozano *et al.* (2012) presentaron los resultados de las mediciones realizadas en el Tolima al caracolí (*Anacardium excelsum*) en 4 mediciones diamétricas sucesivas, entre los años 2008-2010 –calcularon la tasa de incremento diamétrico por medio de modelos no lineales y el tiempo que requiere la especie para lograr el diámetro asintótico mediante modelos no lineales.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

RESUMEN	El Conif, mediante un convenio para el fortalecimiento institucional para el orde-
PALABRAS CLAVE	namiento sostenible de plantaciones forestales en Colombia –con el Ministerio del
ABSTRACT	Medio Ambiente y el apoyo de la Organización Internacional de Maderas Tropica-
KEY WORDS	les (OIMT)–, desarrolló el software <i>Silvo</i> para la administración del Certificado de
INTRODUCCIÓN	Incentivo Forestal (CIF), que realiza la descripción de los procesos relacionados
DESARROLLO	con la asignación del certificado a los reforestadores, que es un reconocimiento en
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	dinero que hace el Gobierno para cubrir parte de los gastos de establecimiento y
REFERENCIAS	mantenimiento. Este instrumento considera que el bosque plantado que beneficia al
SOBRE EL AUTOR	propietario, con sus productos comerciales, también beneficia a la sociedad en general
	con funciones ambientales como regulación hídrica, recuperación de suelos y el
	manejo del paisaje bajo los criterios de conectividad, conservación y mejoramiento
	de hábitats (Vélez y Ortiz, 1999; Vélez, 2009). Con estos desarrollos otras entidades
	pueden proyectar los resultados de prácticas de establecimiento y su rendimiento.
	Como modelo de simulación, esta herramienta facilita la elaboración de los planes
	de establecimiento y manejo forestal en las solicitudes del CIF. En el futuro, cuando
	se cuente con información biológica más precisa, los planes forestales serían parte
	integrante del <i>Silvo</i> (Vélez y Ortiz, 1999). La información biológica que estos autores
	reclamaban se comenzó a recolectar desde principios del presente siglo. Hoy se han
	replicado y precisado los modelos de crecimiento desarrollados desde los 80, los
	cuales deben haber apoyado la formulación de planes de manejo de grandes núcleos
	de plantaciones forestales como los de Smurfit Kappa Colombia, Pizano, Refocosta,
	Proyectos Forestales, Propal y Tablemac. Hay trabajos terminados y en curso que
	comprenden la mayor parte de las especies de interés para las reforestaciones comerciales,
	cuya referencia supera los alcances de este documento.

Suelos forestales y ciclos de nutrientes

Los suelos sobre los que crecen los bosques son parte de ellos y los ingenieros forestales les han dedicado parte de sus estudios. Los suelos sustentan a los bosques y en conjunto son dos partes del mismo sistema. El término suelo forestal comprende la porción de la superficie de la tierra formada por material mineral y orgánico, penetrada por cantidades variables de agua y aire, que sirve de medio para la mantención de la vegetación forestal, y es el resultado de procesos pedogenéticos sustentados en la descomposición de la hojarasca forestal que aporta materia orgánica, en la acción de las raíces de los árboles que penetran el suelo mejorando la infiltración de agua y oxígeno y en organismos específicos que dependen de la presencia de especies forestales y que proporcionan agua y nutrientes a los árboles, en unas condiciones de temperatura superficial regulada por la vegetación misma, como es el caso de las micorrizas (Vásquez, 2001). Cuando se reforestan pastizales con suelos degradados por el pastoreo –generalmente compactados y con erosión hídrica superficial moderada– se inicia también un proceso de reconversión de los suelos a su carácter de suelo forestal. Investigaciones recientes han encontrado que las plantaciones mejoran las condiciones físicas y biológicas de los suelos de los antiguos pastizales pero que su compactación persiste (Vásquez, 2017). Las micorrizas, ampliamente utilizadas en la

agricultura, fueron señaladas en Colombia por la ingeniería forestal desde la década de los 60 con ensayos de aclimatación de especies (principalmente con coníferas), con mejores resultados si infectaban los suelos con hongos micorrizógenos, que se utilizan como fertilizantes en cultivos y plantaciones. Aunque en la mayor parte de los casos el suelo contiene propágulos micorrizógenos nativos, la inoculación es recomendable para introducir cepas eficientes y competitivas (Vásquez, 2001).

Desde la década del 70 Gonzalo de las Salas, inicialmente con el apoyo y orientación del Dr. Henio von Christen, estudió las relaciones suelo-clima-vegetación en la descripción estática y dinámica de ecosistemas forestales, en la valoración de la materia orgánica del suelo y en los ciclos de elementos químicos. Con estos análisis valora ecosistemas forestales de América tropical y el papel del suelo como componente del sistemas de producción agrícola de baja tecnología y de la agricultura migratoria y de la ladera, al igual que el suelo bajo producción pastoril y agrosilvopastoril y el manejo de cuencas hidrográficas (de las Salas, 1987).

Castellanos y León (2010) estudiaron durante un año la producción de hojarasca, el retorno y la reabsorción de nutrientes en plantaciones de acacia (*Acacia mangium*) establecidas en suelos degradados por minería aurífera en la región del Bajo Cauca colombiano. Concluyeron que esta especie tiene un gran potencial en la recuperación de suelos degradados mediante el restablecimiento de los procesos biogeoquímicos –poco estudiados en los bosques naturales a pesar de ser ciclos actores principales en el sostenimiento de bosques enormes en condiciones edáficas críticas por la oferta de nutrientes, anegamiento o salinidad. Hay numerosos trabajos que analizan el papel de los suelos en la biodiversidad de bosques amazónicos de (Duivenvoorden y Lips, 1995) y el reciclaje de nutrientes en los bosques de guandal del río Patía (del Valle, 2003). La mención de los estudios de los suelos desde la óptica de las ciencias forestales deja claro que su aproximación es muy distinta a la de la agronomía, que trata los suelos con fertilización y enmiendas. Los forestales también las utilizan pero únicamente en las primeras etapas del establecimiento de plantaciones forestales, principalmente cuando se hacen en suelos cuyo uso anterior se dedicaba a pastos y habían sido compactados por el pisoteo del ganado, que es el caso de muchísimas, casi todas, las áreas que se reforestan en la zona andina colombiana.

La fauna y la flora

La fauna y la flora son otros componentes integrantes del bosque. Las aves e insectos juegan destacado papel en la polinización y dispersión de semillas y en los procesos de descomposición de la hojarasca y otros residuos vegetales que hacen parte de los ciclos biogeoquímicos. Los árboles proporcionan a la fauna y flora silvestres hábitats adecuados y proveen productos útiles para los habitantes del bosque y los empresarios. Esto explica la presencia de la asignatura “Fauna silvestre” en los currículos de pregrado de Ingeniería Forestal, además de investigaciones sobre estos temas desde los orígenes de la carrera.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

RESUMEN En la década de los 60 la tesis de grado en ingeniería forestal de Humberto Álvarez y Óscar Escobar, orientados por el biólogo José Ignacio Borrero en ese entonces profesor de Fauna Silvestre en el pregrado de ingeniería forestal, fue sobre vegetación y avifauna en el fallido Parque Nacional del Río León. Esta investigación fue el primer paso de Humberto Álvarez en el amplio campo de la ornitología, a la que ha dedicado su vida. Esa tesis es un registro de la vegetación y fauna de los cativales que no se pudieron conservar.

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO En la década de los 70 y los inicios de los 80, los temas de fauna y flora silvestre fueron relegados. A mediados de los 80, Norman Alzate Cano (Azate, 1987) –en su tesis de pregrado de ingeniería forestal estudió la relación mutualista entre los guacharos (*Steatornis caripensis*) y el comino (*Aniba perutilis*)– encontró que el guácharo, ave nocturna que se alimenta de frutos, ubica olfativamente los frutos del comino, los cuales pela e ingiere enteros, digiere el pericarpio comestible y regurgita la semilla intacta en los suelos de sus rutas nocturnas y en las cuevas donde pasa el día –en cuyo piso se van acumulando las semillas–, que ofrecen un suelo muy rico por la descomposición de residuos orgánicos y la actividad de diversos organismos como cucarachas y escarabajos, además de otros invertebrados que prosperan en el suelo, todo esto produce la formación de humus sobre el cual geminan centenares de semillas de comino. Demuestra Alzate que es posible que el proceso contenga factores que disminuyan la latencia de las semillas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

En la década de los 90 se llevaron a cabo estudios sobre el impacto de las plantaciones forestales en la biodiversidad del nogal cafetero (*Cordia alliodora*) (Vélez, 1994), bosques de roble (*Quercus humboldtii*) (León, 2007), rastrojos altos, rastrojos bajos y de pátula (*Pinus patula*) (Vélez, 1997), ubicadas en el centro de Antioquia. Este último autor el mayor número de especies e individuos en el robledal, mientras que los menores correspondieron a la plantación forestal y los valores intermedios a los rastrojos altos y bajos, en ese orden.

Hoyos (2007) hizo una revisión de los trabajos que han evaluado el impacto en la biodiversidad y el suelo de las plantaciones con especies exóticas: Moreno (1997), Jaramillo (1991), Murcia (1997), Cavalier y Tobler (1998), Cavalier y Santos (1999). Estas investigaciones se centraron en plantaciones establecidas en los 60 para protección de cuencas hidrográficas, la mayoría de ellas posteriormente abandonadas. Encontró que no había hechos contundentes que permitieran afirmar que las plantaciones de coníferas tuvieran un efecto negativo en las propiedades químicas de los suelos, especialmente en su grado de acidez, ni presentaron diferencias significativas con los suelos de los bosques naturales. Con respecto a la diversidad de especies vegetales los resultados son coherentes con los de Gladys Vélez (1997). Respecto al efecto de las plantaciones en el ciclo del agua no encontraron diferencias significativas con el ciclo en los bosques naturales.

En 2012 Carlos Esteban Lara Vásquez, investigador de Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional en Medellín, descubrió una nueva especie de ave –trabajando en un equipo que incluyó a Andrés Cuervo (Universidad Estatal de Louisiana, EE. UU.), Sandra Valderrama (Universidad de Wakato, Nueva Zelanda), Daniel Cadena (Universidad de los Andes) y Diego Calderón (Colombia-Birding)–, se trata del cucarachero paisa (*Thryophilus sernai*). Esta ave ocupa los últimos relictos de bosque seco tropical en el cañón del río Cauca en el tramo de Ituango a La Pintada y su alimentación comprende grillos, cucarrones, chinches, mariposas y orugas (Ruiz, 2012).

La identificación de las distintas especies arbóreas que componen un bosque es un asunto crucial en un levantamiento forestal, para lo cual Holdridge y Tosi durante esta década desarrollaron una metodología para la identificación de especies arbóreas con base en características macro, y distinguibles en el árbol en pie –como la forma y posición de las hojas, los exudados del tronco y de las hojas, el color tamaño y forma de las hojas y flores, entre otras–. Esta metodología llegó a Colombia con César Pérez (q.e.p.d), que la introdujo a la Unal-Medellín, y Jiménez Zaa, que la presentó en la Universidad Distrital. En este momento la dendrología se afianzó y contribuyó, en mayor medida, a la caracterización florística de los tipos de bosque del mapa elaborado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Igac). Estos aportes y la formación de toda una pléyade de dendrólogos (León Morales, Enrique Acero, y ahora los más recientes William Ariza y Lyndon Carvajal) se le debe a Gilberto Mahecha, quien es un ingeniero forestal de origen campesino que aprendió a reconocer los árboles con su abuelo a quien acompañaba en sus recorridos por la cuenca del río Negro desde el Magdalena hasta los páramos.

Mejoramiento genético forestal

El primer paso, fundamental, para tener plantaciones forestales altamente productivas es la selección correcta de las especies, desde el punto de vista ecológico y económico, para lo cual los programas de mejoramiento genético son un valioso apoyo para aumentar su productividad y adaptabilidad, al igual que la conservación a largo plazo de la diversidad genética existente. El mejoramiento genético forestal es la aplicación de los principios básicos de la genética a las especies de interés. Permiten elevar los rendimientos y la resistencia a factores adversos, contribuyen a la ampliación y conservación de la base genética de las especies trabajadas. Para iniciar cualquier programa de mejoramiento genético es necesario conocer previamente la magnitud y distribución de la variabilidad genética disponible (Sotolongo *et al.*, s.f.). Estos son importantes aportes de la ingeniería forestal a la conservación de la biodiversidad, en tanto que buscan mantener las características fenotípicas seleccionadas, para lo que se establecen huertos semilleros y rodales semilleros, también se localizan áreas naturales que comprendan una amplia gama de características de la especie de interés. Detrás de un rodal o huerto semillero hay un, relativamente largo, proceso de

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

RESUMEN investigación que inicia con la selección de árboles semilleros que, cuando se trata de semillas para plantaciones industriales, contengan individuos maduros que ya hayan producido semillas y sean dominantes, es decir, que su copa sobresalga con relación de los árboles a su alrededor, con fuste recto, sin ramificaciones bajas y con copas compactas, pequeñas y bien provistas de follaje. No deben seleccionarse árboles con huellas de ataques de hongos o insectos. De esta manera se obtienen mejoras genéticas de la descendencia de los árboles seleccionados, si estos forman parte de rodales con buena proporción de árboles superiores (Vásquez, 2001).

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

En 1973 la regional Antioquia del Inderena, con la colaboración de Cartón de Colombia, sentó las bases de programas de mejoramiento genético de ciprés (*Cupressus* sp.) y de pátula (*Pinus patula*). Su primer paso fue la inspección, por parte de los expertos, de las plantaciones potencialmente productoras de semillas de alta calidad, en árboles en edades entre 15 y 25 años, para seleccionar 35 “candidatos” de ciprés y 20 de pátula significativamente superiores. Se recolectó en cada uno de ellos la semilla para los ensayos de progenie de polinización abierta, estableciendo una red de parcelas en diferentes condiciones edafoclimáticas de Antioquia y el viejo Caldas, además de yemas para su propagación vegetativa para los bancos clonales, ubicados en Piedras Blancas y en el municipio de Caldas (Antioquia). En 1980 se establecieron dos huertos semilleros clonales, uno en un vivero de la Secretaria de Agricultura de Antioquia en Rionegro y otro en Popayán (Cauca). El de Antioquia fue talado y el de Popayán ha logrado sobrevivir a los cambios en la institucionalidad. Sin embargo, los programas de investigación fueron abandonados, con lo que se ignoró lo estratégico del abastecimiento de semilla mejorada y no se tuvo en cuenta el detrimento económico de cuantiosas inversiones abandonadas.

De los rodales semilleros se obtiene, además, información sobre su potencial genético, el cual puede ser mejorado considerablemente y probado a través de otros procesos de mejoramiento más avanzados. El rodal semillero es el paso previo al huerto semillero que Zobel y Talbert (1958), citado por Vásquez (2011), definen “(...) como una plantación de árboles, mejorados genéticamente con aislamiento para reducir al máximo la polinización desde fuentes genéticamente inferiores y con un manejo intensivo para producir frecuentes y abundantes cosechas de fácil recolección”. La técnica utilizada en Colombia para el establecimiento de huertos semilleros ha sido la propagación vegetativa de los mejores individuos (Vásquez, 2001).

La empresa Smurfit Kappa Colombia incluyó en su programa de investigaciones la genética de las especies, su fisiología, su capacidad de propagarse tanto sexual como asexualmente y su nivel de tolerancia a las plagas y enfermedades, así como a las condiciones adversas que se puedan presentar. Estas investigaciones las llevó a cabo con la colaboración de diferentes entidades como Camcore, la Universidad de Carolina del Norte y en la Universidad de Florida (Estados Unidos). Como resultado se dispone de información técnica sobre los avances en selección y adaptación de especies, producción de semillas mejoradas, técnicas de producción de plántulas,

métodos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones, programas de manejo y control de plagas forestales y técnicas de extracción. Como resultado de lo anterior esta empresa dispone de paquetes tecnológicos para cultivos de árboles con *Pinus kesiya*, *P. tecunumanii* y *P. maximinoi*, *Eucaliptus grandis* y *E. urophylla*. Igualmente, ha desarrollado un programa de protección fitosanitaria de plantaciones comerciales forestales basado en el manejo integrado de plagas y enfermedades, cuyo control es obligatorio por razones prácticas y económicas, haciendo una utilización marginal del control químico.

Pizano S. A. desarrolló un huerto semillero clonal de ceiba roja (*Pochota quinata*) y otro de *Gmelina arborea* y, al igual que Refocosta ha incorporado dentro de sus estrategias de desarrollo programas de mejoramiento genético para aumentar la productividad por unidad de área. La Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Conif inició un programa de investigación en semillas con mayor demanda en proyectos de reforestación comercial, para lo que estableció cuatro huertos semilleros con teca (*Tectona grandis*), aliso (*Alnus acuminata*), roble (*Tabebuia rosea*) y nogal (*Cordia alliodora*), de los que se espera obtener producción de semillas en el mediano plazo (4-6 años), aunque el huerto de roble ya inició procesos de fructificación. Estos huertos se han establecido en conjunto con empresas pertenecientes a la Cooperativa Colombiana de Mejoramiento Genético Forestal (Comfore), organización sin ánimo de lucro creada en 1998, basada en el trabajo asociativo, que tiene como fin garantizar el suministro y producción de material vegetal que garantice la conservación de los recursos genéticos forestales del país (Trujillo, s. f.). Estudios similares del crecimiento del nogal cafetero (*Cordia alliodora*) fueron llevados a cabo por Escobar y León (1979) en medio de cafetales.

La dendrocronología

Los anillos de crecimiento de los árboles son bandas de células producidas por el cambium vascular de algunas plantas leñosas durante un período. La dendrocronología utiliza la información contenida en los anillos de crecimiento para inferir las condiciones ambientales a lo largo del tiempo en que se han desarrollado la planta. La información ambiental (precipitaciones, temperaturas, inundaciones) se puede obtener del ancho de los anillos, también por la densidad de la madera a lo largo del año, su densidad de poros y el contenido de isótopos (Jiménez, 2011). También permite reconstruir el crecimiento de los árboles, dato indispensable para los planes de manejo forestal sostenible, que tradicionalmente se obtiene en parcelas permanentes que aportan información sobre el crecimiento de los árboles tras muchos años de costosas mediciones, casi nunca con resolución anual y durante solo una fracción de la vida de los árboles. Es una hipótesis ampliamente aceptada que los anillos de los árboles tropicales y su anualidad tienen un componente genético muy importante; no obstante, el ambiente ejerce influencia en su ancho, densidad y porosidad (Rivera, 2013). El nogal cafetero (*Cordia alliodora*) fue la primera especie arbórea de América tropical, cuyos anillos de crecimiento fueron estudiados en 1954 por César

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

RESUMEN Pérez Figueroa en su tesis de grado en Turrialba (Costa Rica), uno de los primeros docentes del Instituto Forestal de la Universidad Nacional, quien supuso acertadamente que eran anuales.

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

En la Unal-Medellín, el grupo de investigación Bosques y cambio climático, es dirigido por el profesor Jorge Ignacio del Valle, que inicialmente estudió los anillos anuales de dos especies. La primera fue el abarco de los alrededores de Riosucio en el Bajo Atrato (Aramburo, 1985) y la *Albizia* sp de la ribera del río Porce al norte de Medellín en dirección al río Magdalena. Los estudios del abarco han arrojado información sobre el clima en la cuenca del Atrato en los últimos 150 años, aporte muy importante si se tiene en cuenta que los registros meteorológicos en esta zona llegan a poco más de 20 años. También han explorado el potencial de la dendroclimatología para el estudio del clima del pasado en regiones tropicales mediante estudios realizados en tres ecosistemas contrastantes de Colombia, en los que demuestran la presencia de anillos de crecimiento en cada uno de ellos, así:

- La densidad de los anillos de crecimiento de *Rhizophora mangle* en la bahía de Cispatá (Córdoba) se relaciona con la precipitación (Ramírez *et al.*, 2010).
- El ancho de los anillos de crecimiento de *Parkinsonia praecox* y *Capparis odoratissima* en la media Guajira da cuenta de la precipitación, la temperatura del aire y la temperatura superficial del mar (Ramírez y Del Valle, 2011). El ancho de los anillos de crecimiento de *Prioria copaifera* da testimonio de las alturas limnimétricas del río Atrato.

Estos resultados demuestran la aplicabilidad y el potencial de la dendroclimatología en regiones tropicales (Herrera y Del Valle, 2011; Del Valle *et al.*, 2012).

La dendrocronología ofrece grandes posibilidades a los principales desafíos de las ciencias forestales en Colombia, como muy bien lo expresa la ingeniera forestal Carolina Rivera (2013), quien señala que las funciones respuesta son una herramienta muy poderosa para estudiar la ecología de las especies pues permiten determinar el grado de asociación existente entre diversas variables ambientales instrumentales, al determinar en muy corto plazo la respuesta de los árboles tropicales a diversas expresiones de la temperatura (máxima, media, mínima), la precipitación, el brillo y radiación solar, entre otras variables, año por año y mes por mes. Además, permite dilucidar en qué medida el cambio climático actual es solo de origen antrópico o si existen también causas naturales, y si, efectivamente, el aumento de las concentraciones de CO₂ acelera la dinámica de los bosques tropicales. También hace posible estudiar, a bajo costo y en corto tiempo, el efecto de la dinámica de claros en las selvas tropicales mediante los anillos de crecimiento de los árboles tropicales (Baker *et al.*, 2005; Brien *et al.*, 2005).

La datación de cronosecuencias, mediante los anillos de los árboles para el estudio de la sucesión en los bosques tropicales, ha demostrado ser una herramienta muy eficaz (Brienen *et al.*, 2009). Es difícil predecir el clima dadas sus fluctuaciones, además, para identificar sus tendencias se requiere determinar, con anterioridad, su comportamiento pasado, por lo que las reconstrucciones con registros *proxy* son especialmente necesarias en el trópico, en tanto que los registros instrumentales son de corta duración y baja resolución espacial. Esto limita la identificación de señales de cambio climático, particularmente de los eventos de frecuencia media y baja y de las tendencias que determinen si las variables climáticas aumentan o se reducen a largo plazo por efecto del cambio climático global (Bradley, 1999). De todos los registros *proxy*, los anillos de los árboles son los más empleados debido a su abundancia y bajo costo para muestrearlos, también por la sensibilidad de los anillos de crecimiento de los árboles tropicales a eventos de media y baja frecuencia (Jenkins, 2009; Cook *et al.*, 2010), lo que seguramente estimulará en el futuro su empleo más generalizado.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

Cartografía ecológica y zonificación ambiental del territorio

El manejo de bosques implica la consideración de extensos territorios, por lo que la fotointerpretación y la cartografía son incluidos en los currículos de los pregrados, conjuntamente con la Ecología, como ciencia que explica dónde están los seres vivos y por qué están ahí enfoque rector de las cátedras de ecología del profesor César Pérez Figueroa. Estas herramientas han sido utilizadas desde los años 60 para el manejo de cuencas hidrográficas y para la elaboración de inventarios forestales, con zonificaciones en distintas escalas, tareas que generaron habilidades que convirtieron a los ingenieros forestales en protagonistas en la caracterización del territorio para propuestas de desarrollo y, paralelamente, en la interpretación de imágenes de sensores remotos y la estructuración de bases de datos georeferenciadas.

El sistema de clasificación basado en zonas de vida contempla regiones latitudinales dentro de las cuales se identifican pisos altitudinales que comprenden varias zonas de vida, diferenciadas por rangos de precipitación media anual. Las zonas de vida se subdividen en asociaciones vegetales, las cuales, conjuntamente con los usos de la tierra, son las unidades primarias del sistema de clasificación; vale la pena mencionar que en cada una de ellas la vegetación tiene una fisonomía particular y distintos usos de la tierra, lo que permite su identificación en el terreno por la lectura del paisaje, justamente lo que hacía el profesor César Pérez en sus prácticas de campo.

En 1961 Luis Sigifredo Espinal hizo un mapa de zonas de vida del departamento de Antioquia (Espinal, s.f.) como tesis de grado, para lo que contó con la ayuda y asistencia de los doctores Leslie R. Holdridge, Joseph Tosi Jr. y César Pérez, además de tomar parte ocasionalmente los doctores Elmo Montenegro, Mario Cárdenas y Oswaldo Vivanco. Con base en recorridos terrestres por todo el departamento, y con la poca información meteorológica de que se disponía en ese entonces, se delimitaron

RESUMEN	las zonas de vida, cuya descripción incluía listas de los árboles que se ubicaban en ellas. Con un formato similar, se elaboró en 1963 el mapa de zonas de vida de Colombia a escala 1:1.000.000 –precisado y ampliado a escala 1:500.000 en 1999–, que
PALABRAS CLAVE	diferencia 19 zonas de vida y varias transiciones, que vienen a ser los macroclimas de Colombia (Espinal y Montenegro 1963). Fue un avance importante si se tiene en cuenta que esa época se hablaba de clima cálido, templado y frío, en áreas húmedas o secas, además de los páramos y nevados. Este mapa ha sido referencia para los ingenieros forestales en lo relativo al clima pero no se conocen trabajos que lleguen a asociaciones vegetales y etapas de la sucesión, a excepción de los llevados a cabo por César Pérez en las cuencas de los ríos Gaira y Manzanares en el macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, en la cuenca alta del río Lebrija, en la escarpa de la meseta de Bucaramanga, en la zona inundada por el embalse Peñol-Guatapé y en el área de influencia de la Hidroeléctrica de San Carlos. En estos trabajos se llegaba a una gran cantidad de pequeñas unidades cartográficas intrincadamente asociadas, las cuales son de baja utilidad en procesos de planificación territorial.
ABSTRACT	
KEY WORDS	
INTRODUCCIÓN	
DESARROLLO	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS	
SOBRE EL AUTOR	

La teoría ecológica del paisaje propuso metodologías para la cartografía de unidades de paisaje, cuyos factores formadores son el clima, la geología superficial, la fisiografía, la vegetación y el uso de la tierra, para mencionar los principales. Con base en esta metodología, el Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” realizó un mapa de unidades de paisaje del Urabá chocoano y el Bajo Atrato (Echeverri *et al.*, 1995), utilizando imágenes de radar tomadas con ese propósito, con base en las cuales se fundamentan en bases de datos georeferenciadas cuyas unidades primarias son la unidades de paisaje delimitadas. Este trabajo se hizo como ilustración de una propuesta metodológica para el mismo mapa –pero de la totalidad de la región biogeográfica del Pacífico, área comprendida por las imágenes de radar–, elaborado haciendo a un lado la propuesta metodológica arriba referida. Para la formulación de su plan de manejo de los Cerros Orientales de Bogotá Rodrigo Echeverri hizo una zonificación ecológica en los años 2001-2002, en virtud de un convenio de cooperación interinstitucional CAR-Dama-Ministerio del Medio Ambiente, la cual estaba constituida por bases de datos georeferenciadas, territorialmente referidos a unidades de paisaje, que daban lugar a la producción de una serie de mapas temáticos que sustentaban las propuestas de manejo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con este breve recuento, que está lejos de ser exhaustivo, se hace evidente que la práctica de la Ingeniería Forestal conlleva importantes aportes al conocimiento y conservación de la biodiversidad. En algunos campos como los de la genética, los suelos y la funcionalidad de los ecosistemas y la zonificación del territorios y el enfoque social del manejo de los recursos naturales renovables–, los aportes fueron pioneros en el mundo académico y docente de Colombia. Desde esta disciplina también se fundamentó el desarrollo temprano de la institucionalidad y normativa forestal.

Es importante destacar que desde el principio el enfoque fue hacia el uso sostenible de los recursos y los espacios forestales, aunque también se hicieron aportes a los programas de áreas protegidas que excluyen el uso directo de los recursos naturales. Con el tiempo, los enfoques basados en el uso de los recursos biológicos pasaron a un segundo plano en las políticas nacionales de gestión de la biodiversidad, por lo que la recuperación de la memoria histórica permitiría retomar algunos de estos avances iniciales y reforzar los objetivos, que permanecen vigentes. Hoy la gobernanza forestal no solo es un reto sectorial, sino territorial.

Para el presente trabajo se consultaron numerosas publicaciones, la totalidad de las cuales se referencian a continuación, aunque no es un trabajo de revisión de literatura, por lo que no incluye toda la información relevante. Queda clara la documentación de los temas de conocimiento, uso y conservación de la biodiversidad, que se complementa en las instituciones y por profesionales del sector forestal. Por su calidad científica, debería ser recogida en los sistemas de información y repositorios nacionales de la biodiversidad, como el que gestiona el Instituto Humboldt. No hay razón para continuar con un divorcio entre las disciplinas de la Ingeniería Forestal y aquellas de la Biología, Ecología y Sociología, especialmente cuando el uso sostenible de los recursos biológicos, en este caso los forestales, está retrasado y sigue vigente en el país, en el marco del Convenio de Diversidad Biológica.

REFERENCIAS

- Alzate, N. (1987). *La influencia del guácharo (Steatornis caripensis) en la germinación de varias especies forestales y en la regeneración del comino (Aniba perutilis Hemsley) en la región de Río Claro (Antioquia)*. (Trabajo de grado). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- USAID (2009). Apoyo de USAID al sector forestal colombiano. En Leguizamo, A. (Ed.). *Historia y aportes de la ingeniería forestal*. Volumen I. Pp. 270-276. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingenieros Forestales. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12762>.
- Aramburo, P., J. E. (1985). El crecimiento del abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) en dos zonas tropicales húmedas de Colombia. (Trabajo de grado). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 174 pp.
- Baker P. J., Bunyavejchewin, S., Oliver, C. D. y Ashton, P. S. (2005). Disturbance history and historical stand dynamics of a seasonal tropical forest in western Thailand. *Ecological Monographs*, 75, 317-343.
- Berrío, J. (2007). Acerca de la historia y el estado actual de la reforestación comercial en Colombia. En Berrío, J. et al. (2007). *La reforestación en Colombia: visión de futuro*. Bogotá: Fundación Konrad Adenauer y Fedemaderas.
- Bradley, R. S. (1999). *Paleoclimatology: Reconstructing climates of the quaternary*. San Diego: Elsevier.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

- RESUMEN Brien, R. J., Lebrija-Trejos, E., Van Breuge, M., Pérez-García, E., Bongers, F. y Meave, J. (2009). The potential of tree rings for the study of forest succession in Southern Mexico. *Biotropica*, 41, 186-195.
- PALABRAS CLAVE
- ABSTRACT Bustos, I. y Venegas, L. (1975). *Evolución de las plantaciones forestales en Colombia. Reunión Nacional sobre Proyectos de Plantaciones Forestales*. Bogotá: INDERENA. 22 pp.
- KEY WORDS
- INTRODUCCIÓN Cavelier J. y Tobler, A. (1998). The effect of abandoned plantations of *Pinus patula* and *Cupressus lusitánica* on soils and regeneration of tropical montane rain forest in Colombia. *Biodiversity and Conservation*, 7, 335-347.
- DESARROLLO
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES Cavelier, J. y Santos, C. (1999). Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 775-784.
- REFERENCIAS
- SOBRE EL AUTOR Clavijo, G. (2009). Historia y creación de la Universidad Distrital y de la Facultad de Ingeniería Forestal. En Leguizamón, A. (Ed.) *Historia y aportes de la ingeniería forestal*. Volumen I. Bogotá: Acif.
- Cook, E. R., Anchukaitie, K. J., Buckley, B. M., D'Arrigo, R. D., Jacoby, G. D., Wright, T. W. E. (2010). Asian monsoon failure and megadrought during the last millennium. *Science*, 328, 486-489.
- Dávila, A. (2007). Una aventura forestal de medio siglo. En Berrío, J. *et al.* (2007). *La reforestación en Colombia, visión de futuro*. Pp. 31-48. Bogotá: Fundación Konrad Adenauer y Fedemaderas.
- Delsa. (1980). *Plan de manejo de las cuencas de los ríos San Francisco y San Cristóbal*. Bogotá: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- del Valle, J. I. (1994). *Testamento de una utopía: el manejo sostenible de los bosques de guandal por las comunidades negras e indígenas*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Recursos Forestales. 16 pp.
- del Valle, J. I. (1996). El medio biofísico de los bosques de guandal. En Del Valle J. I. y Restrepo, E. (Eds.) *Renacientes del guandal*. Pp. 19-56. Bogotá: Proyecto Biopacífico y Universidad Nacional.
- del Valle y Restrepo E. (1996). *Renacientes del guandal*. Bogotá: Proyecto Biopacífico y Universidad Nacional.
- del Valle, J. I. (1997). Estimación del crecimiento diamétrico en bosques de guandal por modelos no lineales. *Revista Colombia Forestal*.
- del Valle J. I. (2003). Cantidad, calidad y nutrientes reciclados por la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico Sur Colombiano. *Interciencia*, 28,443-449.
- del Valle, J. I., Correa, J. A. R. y Herrera, D. A. (2012). Experiencias dendroclimáticas con árboles de ecosistemas contrastantes de Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 21(2), 117-126.
- de las Salas, G. (1987). *Suelos y ecosistemas forestales: con énfasis en América tropical*. Turrialba, Costa Rica: IICA. 447 pp.
- Duivenvoorden, J. M. y Lips, J. F. (1995). *A land-ecological study of soils, vegetation and plant diversity in Colombian Amazonia*. Wageningen: Tropenbos, Series 12. The Tropenbos Foundation.

- Echeverri, R. (1976). La teca: madera preciosa de alto rendimiento para el trópico bajo. En Coy, A. (Ed). *La reforestación en Colombia*. Pp. 460-492. Bogotá: Fundación Friedrich Naumann.
- Echeverri, R., Monje, C. y Gómez, M. (1995). *Zonificación ecológica del Medio y Bajo Atrato: propuesta metodológica para el ordenamiento territorial*. Bogotá: La Revista Informativa del Proyecto SIG-PAFC, año 2, # 4.
- Escobar, M. y León, M. (1979). *El crecimiento y el rendimiento del guácimo nogal (Cordia alliodora) Ruiz & Pavón, asociado con el café en el suroeste de Antioquia, Colombia*. (Tesis de grado). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 167 pp.
- Espinal, L. S. (S.f.). *Geografía ecológica del departamento de Antioquia, zonas de vida (formaciones vegetales) del departamento de Antioquia*. Medellín: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 106 p y mapa a escala 1:1'000.000.
- Espinal, S. y Montenegro, E. (1963). Formaciones vegetales de Colombia y mapa ecológico (1:1'000000). Bogotá: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi. 199 pp.
- Guauque, J. O. (2009). Reseña histórica de la actividad forestal en la región Pacífico y la participación de ingenieros con énfasis en las décadas de los 60 y 70 . En Leguizamo, A. (Ed). *Historia y aportes de la ingeniería forestal*. Volumen I. Pp. 173-188. Bogotá: Acif.
- Guauque, J. O. (2009b). Proyecto de Enseñanza, Demostración Forestal y de Explotación Maderera Carare – Opón. En Leguizamó, A. (Ed). *Historia y aportes de la ingeniería forestal*. Volumen I. Pp. 191-196. Bogotá: Acif.
- Herrera, D. A. y del Valle, J. I. (2011). Ciento cincuenta años de niveles del río Atrato reconstruidos con anillos de *Prioria copaifera*. (Tesis de grado). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Hoyos, C. (2007). Evaluación de la regeneración de especies de bosque natural bajo dosel de coníferas en la cuenca de la quebrada Piedras Blancas y su relación con variables físicas y biológicas. *Revista Empresas Públicas de Medellín*, 16, 75-111.
- Hoyos, G. M. (2009). Colegio Integrado del Oriente de Caldas IES–CINOC : Educación forestal desde Pensilvania. En Leguizamo, A. (Ed). *Historia y aportes de la ingeniería forestal*. Volumen I. Bogotá: Acif.
- Jaramillo, D. (1991). *Relación entre la acumulación de acículas (litter) de Pinus patula y la hidrofobicidad en algunos andosoles de Antioquia*. (Tesis de grado). Palmira: Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 110 p.
- Jiménez, J. A. G. (2011). Dendrocronología en el trópico: aplicaciones actuales y potenciales. *Colombia forestal*, 14(1), 97-111.
- Jenkins, H. S. (2009). Amazon climate reconstruction using growth rates and stable isotopes of tree-ring cellulose from the Madre de Dios Basin, Peru. (Tesis de doctoral). Duke University, USA; 2009.
- León, J. D. (2007). Contribución al conocimiento del ciclo de nutrientes en bosques montanos naturales de *Quercus humboldtii* y reforestados (*Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*) de la región de Piedras Blancas, Antioquia (Colombia). (Tesis doctoral). Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Lozano, L. A., Franco, N., & Bonilla, J. L. (2012). Estimación del crecimiento diamétrico, de *Anacardium excelsum* (KUNTH) SKEELS, por medio de modelos no lineales, en

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR

- RESUMEN bosques naturales del departamento del Tolima. *Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 16(1), 19-32.
- PALABRAS CLAVE Moreno, F. H. (1997). *Comparación de algunas propiedades de suelos volcánicos bajo bosques naturales, potreros y plantaciones forestales*. (Tesis de grado). Medellín: Universidad Nacional de Colombia Sede de Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- ABSTRACT Orozco, J. M. (2009). Reservas Forestales: En Leguizamo, Al. (Ed). *Historia y aportes de la ingeniería forestal*. Volumen I. Pp. 212-213. Bogotá: Acif.
- KEY WORDS Ramírez, J. A., Molina, E. y Bernal, M. (2010). Anillos anuales y clima en *Rhizophora mangle* L. de la Bahía de Cispatá, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63, 5639-5650.
- INTRODUCCIÓN Ramírez J. A. y del Valle, J. I. (2011a). Local and global climate signals from tree rings of *Parkinsonia praecox* in La Guajira Colombia. *International Journal of Climatology*, 32(7), 1077-1088.
- DESARROLLO Ramírez, J. A. y del Valle, J. I. (2011b). Paleoclima de La Guajira, Colombia; según los anillos de crecimiento de *Capparis odoratissima* (Capparidaceae). *Revista de biología tropical*, 59(3), 1389-1405.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES Rivera, C. (2013). *Potencial dendrocronológico de árboles de la Amazonía colombiana*. (Tesis de grado). Leticia, Colombia, Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia.
- REFERENCIAS Ruiz. G. (2012). *Cucarachero paisa en la lista de nuevas especies*. Medellín: Unimedios, UN Periódico.
- SOBRE EL AUTOR Sotolongo, S. R., Sospedra, G. y López, G. (s. f.). *Mejoramiento Genético Forestal. Texto para estudiantes de Ingeniería Forestal*. Medellín: Departamento de Recursos Forestales, Universidad Nacional, Medellín.
- Suescum, G. y Peláez, A. (2009). Historia de la ingeniería forestal en la Universidad Nacional. En Leguizamo, A. (Ed). *Historia y aportes de la ingeniería forestal*. Volumen I. Bogotá: Acif.
- Trujillo, E. (s. f). Semillas mejoradas para la reforestación en Colombia. *Revista El Mueble y la Madera*. Pp. 21-27
- Vargas, R. (2009). Universidad del Tolima. En Leguizamó, A. (Ed). *Historia y aportes de la ingeniería forestal*. Volumen I. Bogotá: Acif.
- Vásquez, A. (2001). *Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia*. Ibagué: Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal. 304 p
- Vásquez, G. L. (2017). *Influencia de la cobertura vegetal en la respuesta hidrológica de cuencas de cabeceras en los Andes colombianos*. (Tesis doctoral) Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Departamento de Ciencias Forestales.
- Vásquez, G.L. y Pérez, C. A. (2015). *La barcaza se ladeó: memoria de Instituto Forestal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias*. Medellín. 54p.
- Vélez, N. (2009). La ingeniería forestal y la conservación. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 14, 91-101.
- Vélez E., F. (1997). *Ecuaciones de rendimiento en plantaciones de Pinus patula, deducidas del estudio desarrollado por Córdoba, A. (1984)*. Medellín, Colombia. 30 p.

- Vélez, F. y Ortiz, R. (1999). *Estimador de crecimiento forestal (Primera versión)*. Bogotá: Proyecto OIMT PD 39/95 para el “Fortalecimiento Institucional para el Ordenamiento Sostenible de Plantaciones Forestales en Colombia”, convenio OIMT-MINAMBIENTE - CONIF. 31p-. Anexo Modelos de Crecimiento y Rendimiento de Especies Forestales en el Trópico Americano.
- Vélez, G. (1994). *Relaciones entre la vegetación y la avifauna en diferentes ecosistemas de zonas montañosas del centro de Antioquia*. (Tesis de grado). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 127 p.

SOBRE EL AUTOR

Rodrigo Echeverri Restrepo

Ingeniero forestal de la Sede Medellín de la Universidad Nacional, graduado en 1967. Estudió estadística y procesamiento de datos en North Caroline State University (Raleigh), en 1971-72. Trabajó con el Dr. César Pérez Figueroa, uno de los pioneros del enfoque ecológico en la ingeniería forestal de Colombia, entre 1968 y 1969 en el estudio ecológico de la cuenca alta del río Lebrija (Santander) y en el estudio ecológico de la escarpa de la meseta de Bucaramanga. En 1970 formó parte del equipo de la Universidad Nacional que estudió el área que fue inundada por el embalse Peñol-Guatapé, el cual apoyó con una fotointerpretación de usos de la tierra. Posteriormente, entre los años 1973 y 1978, fue asesor Opsa del Ministerio de Agricultura en el tema de bosques, director de Parques Nacionales en el Inderena y coordinador del proyecto de ecodesarrollo de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Ciénaga Grande de Santa Marta. En las últimas décadas ha sido consultor en temas de territorio y recursos naturales en entidades públicas como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el Ideam y la Gobernación de Antioquia (Idea), donde ha hecho contribuciones a temas que han sido publicados.

Citación sugerida

Echeverri-Restrepo, R. (2019). Las ciencias forestales y la gestión de la biodiversidad: apuntes históricos para una reivindicación. *Biodiversidad en la Práctica*, 4(1), 189-211.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

SOBRE EL AUTOR