

RIQUEZA Y DIVERSIDAD ARBÓREA EN BOSQUES DE TIERRA FIRME EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL AMACAYACU, AMAZONÍA COLOMBIANA. Eyder J. Agudelo¹; Álvaro J. Duque²; Dairon Cárdenas³

¹ *Estudiante de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. eyagudel@unalmed.edu.co*

² *Profesor Asistente. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: ajduque@unalmed.edu.co*

³ *Director-Curador COAH. Instituto de Investigaciones Amazónicas (SINCHI) E-mail: dcardenas@sinchi.org.co*

En el presente estudio se analizó el comportamiento de la riqueza y la diversidad arbórea (DAP ≥ 10 cm) con el incremento en el esfuerzo de muestreo en una parcela permanente de 5 ha en bosques de tierra firme en el Parque Nacional Natural Amacayacu, Colombia. Los patrones de riqueza de especies fueron analizados mediante curvas de especies-área y especies-individuos. Además, se estudió el cambio en la tasa de acumulación de especies (Z) y la diversidad mediante el Alfa de Fisher, índice empleado para estimar el número de especies arbóreas esperado en parcelas 25 ha, 50 ha, y en las 29.300 ha de tierra firme dentro del Parque Nacional Natural, Amacayacu. Se encontraron 534 especies y 2.797 individuos de especies arbóreas. Las curvas especies-área y especies-individuos fueron muy similares en la tasa de acumulación, pero no alcanzaron la asíntota. El valor de Z declinó de forma constante con el aumento del número de individuos hasta alcanzar un valor de 0,4 en 5 hectáreas. La tasa de cambio en la acumulación de especies fue mucho más pronunciada al emplear tamaños de cuadrante pequeños (20 m x 20 m). El alfa de Fisher, presentó una tendencia a la estabilización alrededor de los 1.000 individuos ($\alpha = 173,19$). El número de especies estimado para 25 ha, 50 ha y 29.300 ha, fue de 862, 982 y 2.085, respectivamente. La inexistencia de asíntota en las curvas especies-área y especies-individuos, y el alto valor obtenido para Z en parcelas de 5 ha reflejan insuficiencia en el área de muestreo. Estudios similares han reportado valores alrededor de 0,1, con una intensidad de muestreo mucho mayor. Los valores de diversidad encontrados en este estudio posicionan los bosques de Amacayacu como unos de los más diversos del mundo.

Palabras claves: Diversidad Alfa, Amazonia colombiana, riqueza de especies.

TREE SPECIES RICHNESS AND DIVERSITY IN TERRA FIRME FORESTS AT THE AMACAYACU NATIONAL NATURAL PARK, COLOMBIAN AMAZONIA

This study assessed how tree (DBH ≥ 10 cm) species richness and diversity changed with sampling size in a 5 ha permanent plot located on terra firme forests in the Amacayacu National Park, Colombian Amazonia. The patterns of species richness were analyzed by mean of species-area and species-individuals curves. Likewise, we assessed the rate of species accumulation (Z), and diversity according to the Fisher's Alpha index. The Fisher's Alpha was also employed to estimate the expected number of tree species in 25 ha, 50 ha, and terra firme in the Amacayacu park. In total we recorded 534 species and 2 797 individuals. Neither the species-area nor the species-individual curves showed a tendency to reach an asymptote. The Z value decreased with the number of individuals up to 0.4 in the whole 5 ha plot. The slope of the species accumulation rate was negative correlated with quadrat size (smaller quadrats were 20 m x 20 m). Fisher's alpha showed a tendency to stability around 1000 individuals ($\alpha = 173.19$). The expected number of species in 25 ha, 50 ha, and terra firme (29 300 ha) were 862, 982, and 2 085, respectively. The lack of an asymptote in both species-area and species-individual curves along with the value of Z (0.4), emphasize the undersampling still occurring at the scale of a 5 ha plot. The Z values reported in other studies with a better sampling intensity were around 0.1. The species diversity recorded in this study was similar to that found in the most diverse forests of the world.

Keywords: Alpha diversity, Colombian Amazonia, species richness.

DINÁMICA DEL MANGLAR EN EL COMPLEJO LAGUNAR DE CISPATÁ (CARIBE COLOMBIANO) EN EL ÚLTIMO MILENIO. Ana R. Castaño¹; Ligia E. Urrego²; Gladys Bernal³

¹ *Estudiante Maestría en Bosques y Conservación Ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: arcastan@unalmed.edu.co*

² *Profesora Asociada. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.*

³ *Profesora Asociada. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: gbernal@unalmed.edu.co*

El complejo lagunar de Cispatá (antiguo delta del río Sinú), presenta uno de los ecosistemas de manglar más dinámico y mejor desarrollado del Caribe colombiano. Con el fin de analizar el proceso de colonización de la vegetación y su relación con los cambios ambientales, se extrajeron dos secciones de sedimentos lagunares. Las dataciones con ²¹⁰Pb, las fluctuaciones en la estratigrafía, el registro polínico, las concentraciones de calcita (CaCO₃) y de la relación C/N, en estos núcleos, reflejaron el proceso de establecimiento de la vegetación de manglar en respuesta a los cambios geomorfológicos desde hace cerca de 900 años. Antes de 1064 A.D, el ambiente era predominantemente marino, en 1762 A.D se formó la bahía de Cispatá y, entre 1848 A.D y 1938 A.D el delta del río Sinú estuvo ubicado en la bahía de Cispatá con predominio de condiciones estuarinas. Posteriormente, la migración del delta hacia su ubicación actual en Tinajones dio origen al complejo lagunar. Los bajos valores en las concentraciones de CaCO₃, de polen y de la relación C/N, sugieren condiciones relativamente secas y bajo nivel del mar entre 1538 A.D y 1717 A.D, lo cual coincide con el período denominado Pequeña Edad de Hielo (LIA en inglés). A partir de su finalización se presentó el establecimiento del manglar dominado por *Rhizophora* en el complejo lagunar. Este proceso estuvo probablemente relacionado con el incremento eustático del nivel del mar y en las tasas de sedimentación por efecto del aumento en los caudales de los ríos que caracterizaron esta época.

Palabras claves: Manglares, Cispatá, dinámica del bosque, polen.

MANGROVE DYNAMICS IN THE CISPATÁ LAGOON COMPLEX DURING THE LAST MILLENIUM

The lagoon complex of Cispatá (old Sinú river delta) houses one of the biggest areas covered by mangroves in the Colombian Caribbean. Its dynamics during the last 900 years was reconstructed based on a multiproxy approach. Along two sediment cores obtained from La Flotante and Navío lagoons, the changes in the stratigraphy, the pollen record, the calcite concentrations (CaCO₃) and the C/N ratio

were analyzed. The age model was built based on lineal interpolation of ²¹⁰Pb ages and the granulometry. During the period encompassed between 1064 A.D. and 1538 A.D. the marine conditions predominated in this site. Between 1538 A.D and 1848 A.D the low CaCO₃ concentrations, the low pollen concentrations and the low C/N ratios, typified low sea levels and a relatively dry environment that characterized the Little Ice Age (LIA) in the Caribbean. At the end of this period the eustatic sea level rise and the increase in river discharges gave place to higher sediment rates than in the previous phase and to the establishment of the mangrove forests dominated by *Rhizophora*. Between 1848 A.D and 1938 A.D estuarine conditions prevailed, and the Sinú river delta was located at the Cispatá bay, which was formed previously (1762 A.D.). In 1938 the migration of the delta toward its present location in Tinajones, gave place to the formation of the lagoon complex and to the expansion of mangrove forest.

Key words: Mangroves, Cispatá, forest dynamics, pollen.

ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA CON INFORMACIÓN ESCASA EN ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS. Leodán A. Otaya¹; Guillermo L. Vásquez²; Guillermo de J. Bustamante³

¹ *Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: laotaya@unal.edu.co.*

² *Profesor Asociado. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: glvasque@unal.edu.co*

³ *Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: gjbustam@unal.edu.co*

La importancia de esta investigación radica en el empleo de un modelo práctico y sencillo para estimar la oferta hídrica con información escasa en ecosistemas estratégicos, como ejemplo para este tipo de estudios en un país como Colombia, en el cual hay muy poca información meteorológica y climatológica. Los resultados encontrados brindan un conocimiento que permitirá planear, valorar y manejar adecuadamente el recurso hídrico disponible en las zonas estudiadas. El trabajo se realizó en el Área de Manejo Especial (AME) "Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño", localizada en el Departamento de Antioquia, Colombia, con una extensión total de

34.358,74 ha. Como objetivo principal de esta investigación se propuso estimar la oferta ambiental del recurso hídrico que se origina en dicho sistema, y como objetivos secundarios estimar el caudal medio mensual y anual originado en el sistema, así como el caudal mínimo anual para diferentes periodos de retorno. Para ello se empleó el "Procedimiento de contabilidad de aguas para efectuar el balance hídrico detallado según Holdridge", y el método de regionalización de características medias. Se determinó para el AME una precipitación de 665.288.946,00 m³·año⁻¹, una evapotranspiración real de 242.363.796,00 m³·año⁻¹ y una escorrentía media anual de 422.925.149,57 m³·año⁻¹. Se encontró que el 63,6% de la precipitación se convierte en escorrentía y el 36,4% restante se pierde por evapotranspiración. Se concluye que el área de estudio presenta una precipitación media anual (1.847,4 mm), menor que la precipitación media anual de Colombia (3.000 mm) y mayor que el promedio anual de Suramérica (1.600 mm); y que la oferta hídrica del sistema estudiado (39,032 L·s⁻¹·km²), es menor que la oferta hídrica promedio de Colombia (58 L·s⁻¹·km²) y mayor que la oferta hídrica promedio suramericana (21 L·s⁻¹·km²).

Palabras claves: Bosque alto andino, balance hídrico, oferta hídrica, paramos, regionalización.

ESTIMATION OF THE HYDRIC SUPPLY WITH SCARCE INFORMATION IN STRATEGIC ECOSYSTEMS

This study was conducted in the "Paramo and High Andean Forest System of the Middle Northwest of Antioquia" Special Management Area (SMA), located in the Department of Antioquia, Colombia. The SMA has a total extension of 34 358.74 ha. The main object of this investigation was to estimate the environmental supply of hydric resource that originate in this system and with secondary objectives the estimation of monthly and annual average originate in the system, as well as to estimate the annual minimal volume for different periods of return. To achieve these objectives the "water accounting procedure to accomplish a detailed water balance according to Holdridge" and the regionalization of the mean characteristics method were used. As results was found for the SMA, a precipitation of 665 288 946.00 m³·year⁻¹, a real evapo-transpiration of 242 363 796.00 m³·year⁻¹ and an annual run-off average of

422 925 149.57 m³·year⁻¹. A run-off coefficient of 63.6% was obtained, which signifies that 63.6% of the precipitation becomes run-off and the 36.4% remainder is lost by evapotranspiration. As conclusion the study area has an annual precipitation mean, (1 847.4 mm), that is less than the annual precipitation average for Colombia (3 000 mm) and greater than the annual average of South America (1 600 mm); and the hydric availability (39.032 L·s⁻¹·km²) of the studied system is less than the hydric availability mean for Colombia (58 L·s⁻¹·km²) and greater than the hydric availability mean for South America (21 L·s⁻¹·km²).

Key words: High andean forests, hydric balance, hydric supply, paramos, regionalization.

PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS INDIVIDUALES A ESCALA LOCAL EN UN BOSQUE DE TIERRA FIRME, AMAZONÍA COLOMBIANA. Miguel Peña¹; Álvaro J. Duque²; Dairon Cárdenas³; Flavio H. Moreno⁴

¹ *Estudiante de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín E-mail: mapenah@unalmed.edu.co*

² *Profesor Asistente. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: ajduque@unalmed.edu.co*

³ *Director-Curador COAH. Instituto de Investigaciones Amazónicas (SINCHI) E-mail: dcardenas@sinchi.org.co*

⁴ *Profesor Asociado. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: fhmoreno@unalmed.edu.co*

Determinar los factores que influyen en los patrones de distribución de las especies arbóreas es uno de los principales objetivos de la ecología. En este estudio, se analizó la magnitud a la cual las características físicas y químicas de los suelos y las variables espaciales influyen la distribución de las especies arbóreas de dosel (DAP ≥ 10 cm), a escala local en un bosque de tierra firme de la Amazonía Colombiana. El muestreo se llevó a cabo en una parcela de 5 ha, dividida en 125 cuadrantes de 20 m x 20 m (400 m²), ubicada en el Parque Nacional Natural, Amacayacu. Se seleccionaron todas las especies con una frecuencia igual o mayor a 10 en las 125 parcelas de 400 m². Para cuantificar el efecto del ambiente y el espacio geográfico se empleó la regresión logística con base en los datos de presencia ausencia en cada uno de los cuadrantes.

Las variables de suelos fueron reducidas a gradientes por medio de un Análisis de Componentes Principales (ACP). Las variables espaciales fueron analizadas a través de un polinomio de tercer grado. Se usó la opción *backward* de eliminación de variables por pasos, primero sólo con los datos ambientales (ejes del ACP) y luego sólo con las variables espaciales. El modelo final, sobre el cual se realizó una partición de varianza, usó todas las variables conjuntas previamente definidas como significativas. La distribución de las especies presentó mayor relación con las variables espaciales que con las ambientales (suelos), permaneciendo generalmente un porcentaje alto de desviación sin explicar. Los resultados obtenidos difieren de estudios anteriores en cuanto que este estudio muestra una menor importancia relativa de los factores edáficos sobre la distribución de especies a escala local. En este estudio de caso se sugiere que existe un alto componente aleatorio asociado con la variación no explicada. Sin embargo, no se descarta que esta condición emerja como producto del submuestreo en estos bosques de muy alta diversidad.

Palabras claves: Amazonía, tierra firme, variabilidad edáfica, análisis espacial, regresión logística.

PATTERNS OF DISTRIBUTION OF INDIVIDUAL TREE SPECIES AT A LOCAL SCALE IN A TERRA FIRME FOREST IN COLOMBIAN AMAZONIA

Unravelling the factors determining tree species distributions is a key issue in tropical ecology. In this study, we analyzed the extent at which the soil properties and the spatial template influence the pattern of distribution of individual canopy species (DBH > 10 cm), at a local scale in terra firme forest in Colombian Amazonia. The survey was carried out in a 5 ha plot, divided in 125 quadrats of 400 m² each (20 m x 20 m), located at the Amacayacu National Natural Park. To run the analyses we selected all species with presence in ten or more subplots of 400 m². In order to quantify the effect of the environment and the geographical space we used a logistic regression model, which is based on species presence-absence data. Soils data were reduced to theoretical gradients by means of a Principal Component Analysis (PCA). Spatial variables were analyzed through a third degree polynomial.

We used backward elimination first only with environmental data (significant axes of the PCA), and then only with the spatial variables. The final model, which was submitted to a variance partitioning, was run with all those significant variables previously selected from the backward procedures with both environmental and spatial data. Species distribution showed a higher correlation with the spatial variables than with the environmental ones. In most cases, a high proportion of the variation remained unexplained. The results obtained in this study showed a relatively lower importance of the soils on the species distribution patterns than reported before, at a local spatial scale. In this study case, we found a high random component related to the unexplained variation. However, it is important to highlight the possible effect of species undersampling due to the high local diversity recorded in this forest.

Key words: Amazonia, terra firme, edaphic variability, spatial analysis, logistic regression.

DISTRIBUCIÓN DEL POLEN DE LOS MANGLARES EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL SISTEMA LAGUNAR DE CISPATÁ (CARIBE COLOMBIANO). Ligia E. Urrego¹; Gladys Bernal²; Jaime H. Polanía³

¹ Profesora Asociada. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: leurrego@unalmed.edu.co.

² Profesora Asociada. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: gbernal@unalmed.edu.co

³ Profesor Asociado. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: jhpolaniav@unalmed.edu.co

Para evaluar el patrón de distribución del polen en el sistema lagunar de Cispatá, se evaluaron 51 muestras de sedimentos superficiales. Luego de los análisis en laboratorio, se realizaron análisis de cluster y se elaboraron diagramas de polen y mapas de distribución espacial de los granos de polen. Los análisis reflejaron la composición y desarrollo de los manglares según la zonificación previamente establecida para la vegetación en pie, la cual es a su vez reflejo de los procesos hidrodinámicos en la zona de estudio. En la primera zona donde se presentaron

los manglares más viejos y con mayores desarrollos estructurales (mayores diámetros y alturas) se presentaron los mayores porcentajes de polen de las especies de manglar especialmente de *Rhizophora mangle*. En la segunda zona, correspondiente a la zona estuarina, y donde se presenta un proceso colonización del manglar, desde 1930, se presentaron porcentajes medios de polen de manglar, indicando también la perturbación antrópica que se presenta actualmente en esta zona. Los menores porcentajes de polen se presentaron en la muestras del pie de monte, reflejando ambos factores la alta perturbación de los manglares de esta zona y la transición entre los manglares y la tierra firme. Los datos reflejaron la dominancia del transporte de los granos de polen y de las esporas por agua más que por viento. Los granos de polen de los manglares fueron transportados cortas distancias y por ello reflejaron la composición local de la vegetación mientras que las especies de bosque secundario, de las marismas y las esporas fueron transportados por distancias mas largas y reflejaron la vegetación regional.

Palabras claves: Manglares, análisis de polen, sedimentos superficiales, Caribe.

DISTRIBUTION OF MANGROVE POLLEN ON SURFACE SEDIMENTS ON A LAGOON COMPLEX SYSTEM IN THE COLOMBIAN CARIBBEAN

In order to research distribution pattern of recent pollen in the lagoon system of Cispatá, the pollen contained in 51 superficial sediment samples was analyzed. The pollen spectra reflected the composition and structure of the local mangrove stands distributed within the three main geomorphic units described in the study site. The older mangrove stands, of the first zone, that displayed the highest tree mean DBH (Diameter at Breast Height) and total height, were represented by the highest mean percentages (> 65%) of mangrove pollen mainly *Rhizophora mangle*. At the second zone, where estuarine conditions are prevalent, intermediate mean mangrove pollen percentages (35-50%) were recorded, and reflected not only the mangrove colonization process that has been taking place since 1930, but also the current anthropogenic disturbance. The lowest percentages of mangrove pollen (< 25%) were recorded in the third zone at

the foothills, and reflected both processes, the high disturbance of mangroves and the transition between mangroves and terra firme forest. The prevalence of water over wind transport was also reflected by distribution of the pollen and spores. While the pollen grains of mangroves salt marshes species were transported along short distances and reflected local vegetation, fern spores and pollen grains of the secondary forest and grasslands were widely distributed and reflected the regional vegetation.

Key words: Mangroves, pollen analysis, surface sediments, Caribbean.

POSIBLES EFECTOS DEL ENSO SOBRE LA DINÁMICA DE UN BOSQUE PREMONTANO EN LOS ANDES COLOMBIANOS. Adriana P. Yepes¹; Jorge I. del Valle²; Flavio H. Moreno³

¹ Ingeniera Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: apyepes@gmail.com

² Profesor Titular. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: jidvalle@unalmed.edu.co

³ Profesor Asociado. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: fhmoreno@unalmed.edu.co

El fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENSO por su sigla en inglés) podría tener impactos marcados sobre la estructura y dinámica de los ecosistemas. No obstante, existe gran controversia acerca de los efectos del ENSO sobre la biomasa aérea, la mortalidad y el reclutamiento arbóreo en los bosques tropicales. Para evaluar el efecto del ENSO sobre la dinámica del bosque se empleó una muestra de 32 parcelas permanentes (0,1 ha) establecidas en un bosque primario de la región de Porce (Antioquia), donde se midieron los diámetros de los árboles (*D*) en 6 ocasiones entre 1999 y 2006. Para cada intervalo de medición se cuantificó la tasa de incremento neto de la biomasa (TINBA), las tasas de mortalidad (TM) y reclutamiento (R) para todos los árboles con $D \geq 1$ cm. Las variables anteriores se correlacionaron con el Índice Oceánico de El Niño (ONI en inglés). La TINBA descendió rápidamente durante el evento de El Niño de 2001-2003 en tanto que la TM aumentó. Ello sugiere que el ENSO puede tener efectos significativos sobre la dinámica forestal. La incidencia del ENSO sobre R no pudo ser

detectada en este análisis, porque posiblemente los efectos están desplazados en el tiempo ya que se requiere que los árboles reclutados alcancen un tamaño mínimo para ser inventariados ($D \geq 1$ cm). La biomasa aérea total del bosque se mantuvo relativamente constante durante el período de medición (216,68 t·ha⁻¹ a 225,06 t·ha⁻¹). Los resultados sugieren que fuertes disturbios climáticos podrían eventualmente afectar de manera dramática la dinámica del bosque y, si la frecuencia y duración de los mismos se incrementara más allá de los promedios históricos, probablemente estos bosques emitirían carbono a la atmósfera.

Palabras claves: Biomasa aérea, cambio climático, El Niño Oscilación del Sur, mortalidad, reclutamiento.

POSSIBLE EFFECTS OF ENSO ON THE DYNAMICS OF A PREMONTANE FOREST FROM THE COLOMBIAN ANDES

The El Niño South Oscillation (ENSO) phenomenon could impact markedly the structure and dynamics of terrestrial ecosystems. However, the effects of ENSO on above ground-biomass, tree mortality and recruitment of tropical forests have raised a number of controversies. To test the effect

of ENSO on forest dynamics we used a set of 32 permanent plots (0.1 ha), within a forest tract in the Porce region (Antioquia), where tree diameter (D) were measured six times from 1999 to 2006. For each census interval, we calculated the rate of above ground biomass increment and the mean annual rates of tree mortality and recruitment of trees with $D \geq 1$ cm. The Oceanic Niño Index (ONI) was used to evaluate the ENSO effects on these variables. Rapid declines of biomass increment and risen mortality during the 2001-2003 ENSO period, suggest that ENSO can significantly affect forest dynamics. We could not detect any effect of ENSO on recruitment probably because there is a time lag between such effect and the time that plant reaches the minimum size to be recorded as a recruited individual (1 cm of diameter). Total above ground biomass of forest kept relatively constant along the six years of study (216.68 t·ha⁻¹ to 225.06 t·ha⁻¹). Our results suggest that strong climatic disturbances could dramatically affect forest dynamics, and if the frequency and intensity of these events increase beyond historical averages, mature forests probably would shift to sources of carbon into the atmosphere.

Key words: Above ground biomass, climate change, ENSO, mortality, recruitment.