

CONSERVACIÓN INTEGRAL DE *DICKSONIA SELLOWIANA* HOOK., EN BOGOTÁ D.C. Y SU ÁREA DE INFLUENCIA

René A. Alfonso-Moreno¹, Camilo Esteban Cadena-Vargas², Gustavo Morales³,
Nohora Peña⁴, Belkis Pérez⁵

Resumen

Alfonso-Moreno, R.A., C. E. Cadena-Vargas, G. Morales, N. Peña, B. Pérez: Conservación integral de *Dicksonia sellowiana* Hook., en Bogotá D.C. y su área de influencia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **35** (134): 79-96, 2011. ISSN 0370-3908.

Dentro del programa integral de conservación del helecho arborescente *Dicksonia sellowiana*, se documentó la distribución espacial en Bogotá y su área de influencia mediante información consignada en herbarios regionales, en bases de datos de biodiversidad y recorridos de campo. Se estudiaron tres poblaciones elegidas por el estado de conservación, número de individuos (343) y fácil acceso; en cada población se midieron variables morfométricas de cada individuo y se construyó el modelo de distribución potencial de la especie bajo la consideración de nicho fundamental; se complementó el estudio con análisis de insectos invasores y de propagación. La especie se encuentra amenazada principalmente por factores antrópicos. Se proponen campañas de educación y propagación en medio natural para reintroducción y uso en programas de restauración ecológica en estadios avanzados.

Palabras clave: Dicksoniaceae, especie prioritaria, biodiversidad, *Dicksonia sellowiana*, modelo, distribución, conservación, Maxent.

Abstract

Within the *Dicksonia sellowiana* conservation program, the spatial distribution in Bogotá zone and its influence area was made, using information of regional herbaria, biodiversity data bases, and

Subdirección Científica, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Proyecto 2006.

1 Correo electrónico: armandoalfonsomoreno@yahoo.com

2 Maestría en Ciencias. Línea de Ecología. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: cecadena@gmail.com

3 Correo electrónico: gustavmorales@gmail.com

4 Correo electrónico: norapp1@gmail.com

5 Correo electrónico: belperezmar@hotmail.com

information in the field. Three populations were tested, selected because of the conservational state, number of individuals (343) and the facility in approach, and morfometric variables were considered for each individual. A model of potential distribution of the fern was made considering fundamental niche concept. Healthiness and propagation studies complemented the conservation work. *D. sellowiana* is in danger mainly for human factors and education and propagation in soil are good strategies for conservation of the fern using the young plants in ecological restoration programs.

Key words: Dicksoniaceae, priority specie, biodiversity, *Dicksonia sellowiana*, model, distribution, conservation, Maxent.

Introducción

El Jardín Botánico José Celestino Mutis en el marco de su proyecto “Conservación de la flora del bosque andino y páramo del Distrito Capital y la Región”, ha realizado investigaciones que buscan la conservación *in-situ* y *ex-situ* de especies vegetales vulnerables, para la protección de estos ecosistemas de montaña. Entre estos ecosistemas los bosques andinos y altoandinos han presentado mayores procesos de transformación (Cabrerá & Ramírez, 2007), lo que promueve la baja disponibilidad de hábitat y evolución de poblaciones viables de organismos.

Dentro de la gran diversidad existente en los bosques altoandinos, el grupo de los helechos, que hace parte de las criptógamas que según varios autores junto con las hierbas, bejucos y lianas pueden llegar a conformar entre el 3 y el 30% de la diversidad (Gentry, 1982) y cerca del 10% del total de especies de plantas vasculares (Grayum & Churchill, 1987 citado en Tuomisto & Poulsen, 1994).

Dicksonia sellowiana (Figura 1), es un helecho arborescente, perteneciente a la familia Dicksoniaceae que se distribuye desde el sur de México hasta Brasil y Uruguay en alturas entre los 60 m y los 3800 m. En Colombia está asociada a bosques marginales secundarios y subpáramos nublados entre los 1500 y 3800 m de altitud en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Nariño, Putumayo, Santander, Norte de Santander y Tolima (Murillo, 1988, Murillo & Harker, 1990), siendo conocida popularmente como palma boba, boba, aguaco o sarro en la Cordillera Central (Ramírez *et al.*, 2009). Puede llegar a medir hasta 10 metros de altura y tener frondas hasta de 4 metros de largo que cuando senescentes cubren el tallo como estrategia de conservación de humedad, los pecíolos son muy cortos (menores de 10 cm) cuando adultas y de hasta 60 cm cuando juveniles, pardos a pajizos, cubiertos con pelos amarillos a pardos y con soros 2-valvados, marginales.

Dicksonia sellowiana, está actualmente afectado en el país por la destrucción de habitats naturales, la deforestación, la competencia con especies foráneas, la disminución de sus poblaciones por el uso indiscriminado como sustrato para la siembra de otras plantas, como insumo para la fabricación de artesanías y por afectación de enfermedades provenientes de los cultivos cercanos a sus poblaciones, sin embargo, no se encuentra catalogada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en ningún grado de amenaza, según la resolución 383 del 23 de febrero de 2010 (MAVDT, 2010), por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional, pero si se encuentra en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2008). Sumado a lo anterior, existe una información deficiente sobre su distribución y estado de conservación en Colombia.

El presente estudio tuvo como objetivo principal hacer un inventario de las poblaciones e individuos de *Dicksonia sellowiana* y establecer el estado de su conservación, conociendo su distribución potencial y su ciclo de vida mediante el seguimiento de las tasas de crecimiento de los tallos, las tasas de producción y senescencia de frondas, producción de esporas y reclutamiento. Este trabajo representa una contribución al conocimiento de la especie y propone estrategias para su manejo y conservación *in-situ* y *ex-situ*.

Materiales y métodos

Área de estudio

La distribución potencial se realizó en la zona con registros biológicos disponibles, sobre la cota altitudinal de los 2.000 m, en las cuencas hidrográficas de los ríos Negro, Guatiquía y Gachetá (tributarios del Orinoco), y Sumapaz, Bogotá y Negro (tributarios del Magdalena).

La zona se encuentra inmersa en la llamada Sabana de Bogotá, en la cuenca media del río Bogotá; presenta un



Figura 1. *Dicksonia sellowiana* en relicto de Bosque en la vía a Choachí, Cundinamarca, Colombia (Foto R. Alfonso)

gradiente altitudinal medio de 2920 m.s.n.m, una temperatura que oscila entre los 6-16°C, lo que favorece el desarrollo de ecosistemas y el crecimiento de vegetación arbórea y arbustiva que alberga gran variedad de especies herbáceas que sustentan una amplia gama de diversidad faunística. El área se caracteriza por presentar desde zonas planas hasta relieves fuertes y quebrados relacionados con pendientes que oscilan entre 12-25% constituidos principalmente por suelos fósiles con capas de gravilla y aportes de ceniza volcánica. Las zonas planas o ligeramente onduladas se ven representadas por el valle de la cuenca del río Bogotá y las cercanías a embalses como el Sisga, Chingaza, Chuza, Tominé, San Rafael y La Regadera entre otros.

La precipitación a lo largo de la zona fluctúa considerablemente ya que los valores varían entre los 400 y los 1500 mm dependiendo de la ubicación geográfica, lo que permite tener un valor promedio de 1000 mm.

Distribución potencial de la especie

Se recopilaron los registros biológicos de los herbarios COL (Instituto de Ciencias Naturales- Universidad Nacional de Colombia), JBB (Jardín Botánico José Celestino Mutis), IAvH (Instituto Alexander von Humboldt), Universidad Distrital, HPUJ (Herbario Pontificia Universidad Javeriana), Universidad de los Andes, Herbario de la Universidad de la Salle y datos procedentes del Sistema de Información en Biodiversidad (SIB 2009). Debido a que la mayoría de estos registros no contaban con coordenadas, se georeferenciaron siguiendo la información de la localidad de los ejemplares y su ubicación con gaceteros digitales.

Para la modelación se utilizaron las 19 coberturas de información bioclimática del presente de la base Wordclim (<http://www.worldclim.org/>) y se usó como máscara para los análisis el límite del área de estudio. En la modelación del nicho se utilizaron los datos de presencia de *Dicksonia sellowiana* en el software Maxent (Phillips *et al.* 2006), con 1.000 repeticiones y 10% en datos de entrenamiento.

Caracterización de la estructura de las poblaciones

Las áreas para la obtención de información primaria se escogieron previamente a través de información de los herbarios y de encuestas personales sobre la presencia de poblaciones de *D. sellowiana* y definidas después de un reconocimiento de la zona. Cada población se georeferenció en coordenadas planas y se determinó su altura sobre el nivel del mar.

Se decidió realizar el trabajo en tres poblaciones localizadas en bosques relictuales altoandinos, la primera al sur de la Sabana de Bogotá en el Municipio de Sibate, vereda San Fortunato (E0977787-N0983379) y que se denominó PCIDSP-1, otra al occidente de Bogotá en el Municipio de Subachoque, en la vereda Pantano de Arce en la Reserva El Tablazo (E0985541-N1046108) y que se denominó PCIDSP-2 y la tercera ubicada en la vereda Agua Dulce del Municipio de Choachí, al oriente de Bogotá (E1012339-N0996745) llamada PCIDSP-3.

La metodología utilizada para el estudio en campo y toma de datos de los individuos de poblaciones de *Dicksonia sellowiana* en Bogotá y su área de influencia se basó en la metodología para las caracterizaciones realizadas a la especie en la selva ombrófila del Estado de Santa Catarina (Mantovani, 2004) y estudios fenológicos y de crecimiento realizados en el sur de Brasil (Schmitt *et al.* 2009) y que consiste en la delimitación de unidades de muestreo de 20 x 40 m. Las áreas de muestreo se demarcaron semipermanentemente con pita plástica azul y con estacas de madera puestas cada 10 metros, dividiendo la unidad de muestreo en 8 subunidades de 10 x10 m (Figura 2). Se usaron 2

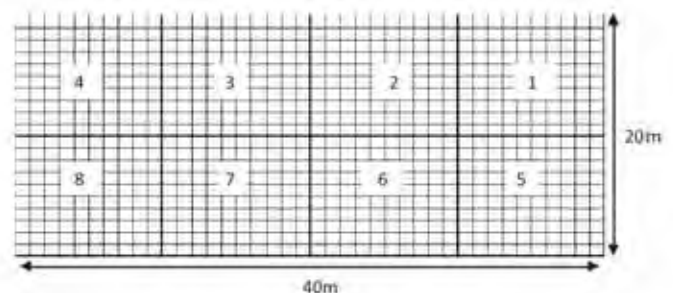


Figura 2. Formato de unidades muestrales de 20x40 m y divididas en 8 subunidades muestrales. (Florianópolis-SC, UFSC, 2004).

unidades muestrales teniendo en cuenta el tamaño del área o de la población.

Todas las plantas de *D. sellowiana* se contaron dentro de las subunidades muestrales y se les midió la altura comercial (altura hasta las primeras frondas muertas), el diámetro a los 80 cm de altura y diámetro a la altura del pecho (DAP) en las plantas en que sea posible esta medida. A las plantas con altura inferior a 80 cm solo se midió la altura total (medida desde el suelo hasta donde están las primeras hojas verdes) (Figura 3). También se tomaron datos morfométricos de las frondas, tales como número de frondas en vernación (juveniles enrolladas), número de frondas maduras (solo frondas totalmente expandidas y con pinnas verdes), número de frondas senescentes (solo frondas con todas la pinnas secas), longitud del peciolo, longitud de la lámina, longitud total de la fronda (solo para frondas totalmente expandidas). Todas las variables se midieron por un periodo de 6 meses.



Figura 3. Mediciones tomadas en cada ejemplar de *D. sellowiana* (Foto: R. Alfonso)

Propagación *in-vitro*

Desinfección de explantes. Se emplearon esporas de soros maduros de individuos pertenecientes a la población PCIDSP-2, ubicada en la Reserva El Tablazo, vereda Pantano de Arce del Municipio de Subachoque a una altura de 3000 m. A las esporas se les aplicó el esquema de desinfección mediante centrifugado descrito en la figura 4, en el cual el empleo del hipoclorito de sodio se realizó bajo dos concentraciones 0.5% (T1) y 1% (T2).

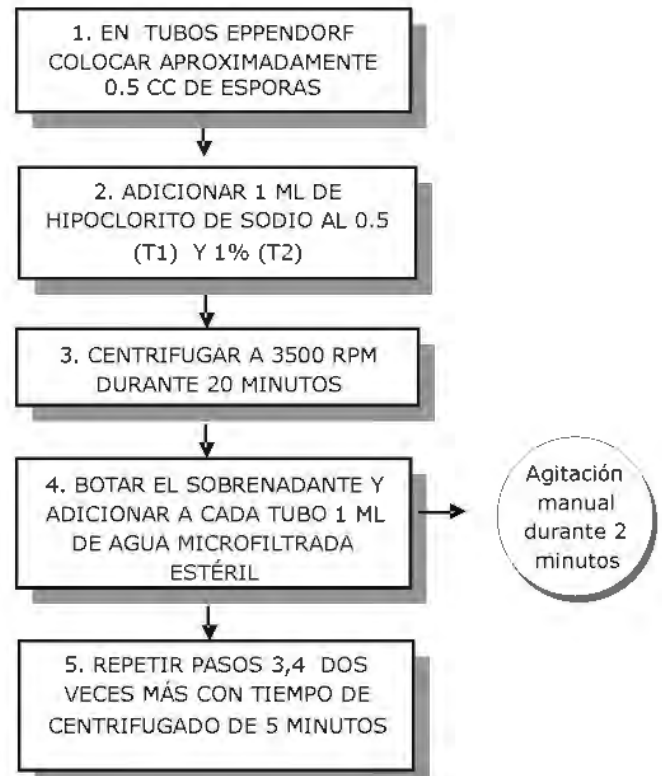


Figura 4. Metodología de desinfección para esporas de *Dicksonia sellowiana*.

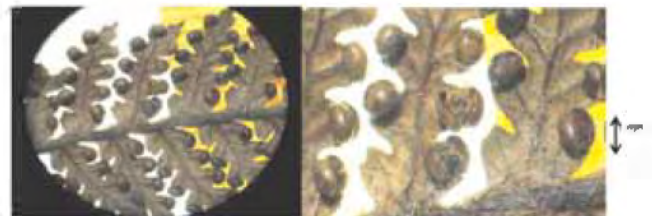


Figura 5. Fragmento de una fronda fértil de *Dicksonia sellowiana*. (Foto R. Alfonso).

Siembra de explantes en medios de cultivo. Se preparó el medio de cultivo MS para la siembra de esporas. Todos los componentes del medio de cultivo fueron pesados en una balanza analítica de precisión y disueltos en agua desionizada y microfiltrada. El medio de cultivo se dispensó en recipientes de vidrio con una capacidad de 100 ml, y a cada recipiente se le adicionaron 20 ml del medio. El pH del medio se ajustó a 5,8 antes de esterilizar en autoclave, a 15 libras de presión por pulgada cuadrada (15lb/in²) con una temperatura de vapor aproximada de 121.5°C durante 15 minutos.

Los tubos eppendorf con las esporas provenientes del proceso de centrifugado, se ingresaron a cabina aún con el

agua estéril del último enjuague y con el sobrenadante formado. Una vez allí el agua estéril y el sobrenadante fueron retirados y las semillas con la ayuda de una microespátula fueron tomadas y sembradas en el medio de cultivo MS.

Traslado de los frascos sembrados a sala de incubación. Los frascos una vez sembrados fueron llevados al cuarto de incubación donde se manejaron las siguientes condiciones ambientales:

Luz: Intensidad lumínica entre 1500 y 5000 lux.

Fotoperiodo: Natural de 12 horas luz 12 horas oscuridad.

Temperatura, entre 19 y 27°C como picos mínimos y máximos.

Humedad, entre el 60 y 80%.

Propagación en suelo

Se realizó el cultivo de esporas obtenidas a partir de frondas fértiles (Figura 5) de plantas adultas de la población PCIDSP-1, que se mantuvieron durante 1 semana en bolsa plástica sellada hasta infestación incipiente de hongos, luego de lo cual se sembraron los fragmentos en medio natural estéril constituido por tierra negra (40%), turba (40%), cascarilla de arroz (10%) y arena de río (10%) esterilizado en horno por una hora y colocado en la cámara de siembra y humedecido hasta saturación (Figura 6).



Figura 6. Sustrato saturado de agua en el que se sembraron los fragmentos de fronda con esporangios. (Foto R. Alfonso).

Resultados y discusión

Distribución potencial de la especie

El nicho potencial de *Dicksonia sellowiana* se encontró al oriente, el suroccidente y el noroccidente del área de

estudio. Se extiende parcialmente en los municipios de Arbeláez, Bogotá D.C., Cajicá, Ciénega, Chía, Chipaque, Choachí, Cota, El Rosal, Facatativa, Fosca, Granada, Gutiérrez, La Calera, Pacho, Pasca, San Antonio del Tequendama, San Bernardo, San Francisco, Sibaté, Silvania, Soacha, Sopo, Subachoque, Supatá, Tabio, Tenjo, Ubaque, Uñe, Venecia, Zipacón y Zipaquirá. (Figura 7).

Los resultados de omisión y predicción de *Dicksonia sellowiana* indicaron que un pequeño porcentaje de la omisión de las muestras de prueba se ajusta a la tasa esperada. En cuanto a la sensibilidad se muestra que los datos de entrenamiento se ajustan al total de datos.

Las variables más útiles para estimar la distribución potencial de la especie fueron: Precipitación del mes más seco, Temperatura media diurna, Precipitación del cuarto más seco y Precipitación del cuarto más frío.

La distribución potencial de *Dicksonia sellowiana* se encontró en los sectores externos del altiplano cundiboyacense y de las zonas de mayor altitud como las formaciones orográficas de los Cerros Orientales de Bogotá y Subachoque, hasta lugares de menor altitud. Esta distribución concuerda con zonas muy heterogéneas de bosques andinos, altoandinos y zonas de cultivo (Rodríguez *et al.* 2004), por lo cual es importante analizar el conjunto de áreas predichas para reconocer la amenaza bajo la que puede estar la especie por cambio de uso de suelo. Su extensión potencial total de 1215.5 km² se encuentra por fuera de áreas de conservación nacional, y a nivel regional podría estar en figuras de protección como Cuchilla El Chuscal, Salto del Tequendama y Cerro Manjui, y Peñas del Aserradero. Debido a esto es necesario promover estrategias de manejo específicas en los lugares donde se ubican poblaciones de este helecho y emprender programas de restablecimiento en áreas protegidas potenciales.

La modelación arrojó un valor de área bajo la curva (AUC) igual a 0.9 para el conjunto de los datos. El bajo ajuste de los datos de entrenamiento a la omisión predicha pudo deberse a la existencia de autocorrelación entre los datos, además que los grupos de datos de entrenamiento y modelación no son independientes. Algunos registros no reflejan la distribución potencial, lo que podría estar indicando diversidad intraespecífica que debe ser analizada taxonómicamente.

En cuanto a las variables que mejor expresan el modelo resaltan algunas relacionadas con valores de precipitación, esto coincide con información que relaciona la esporulación de *D. sellowiana* con los picos de precipitación (Ramírez-Valencia *et al.* 2009).

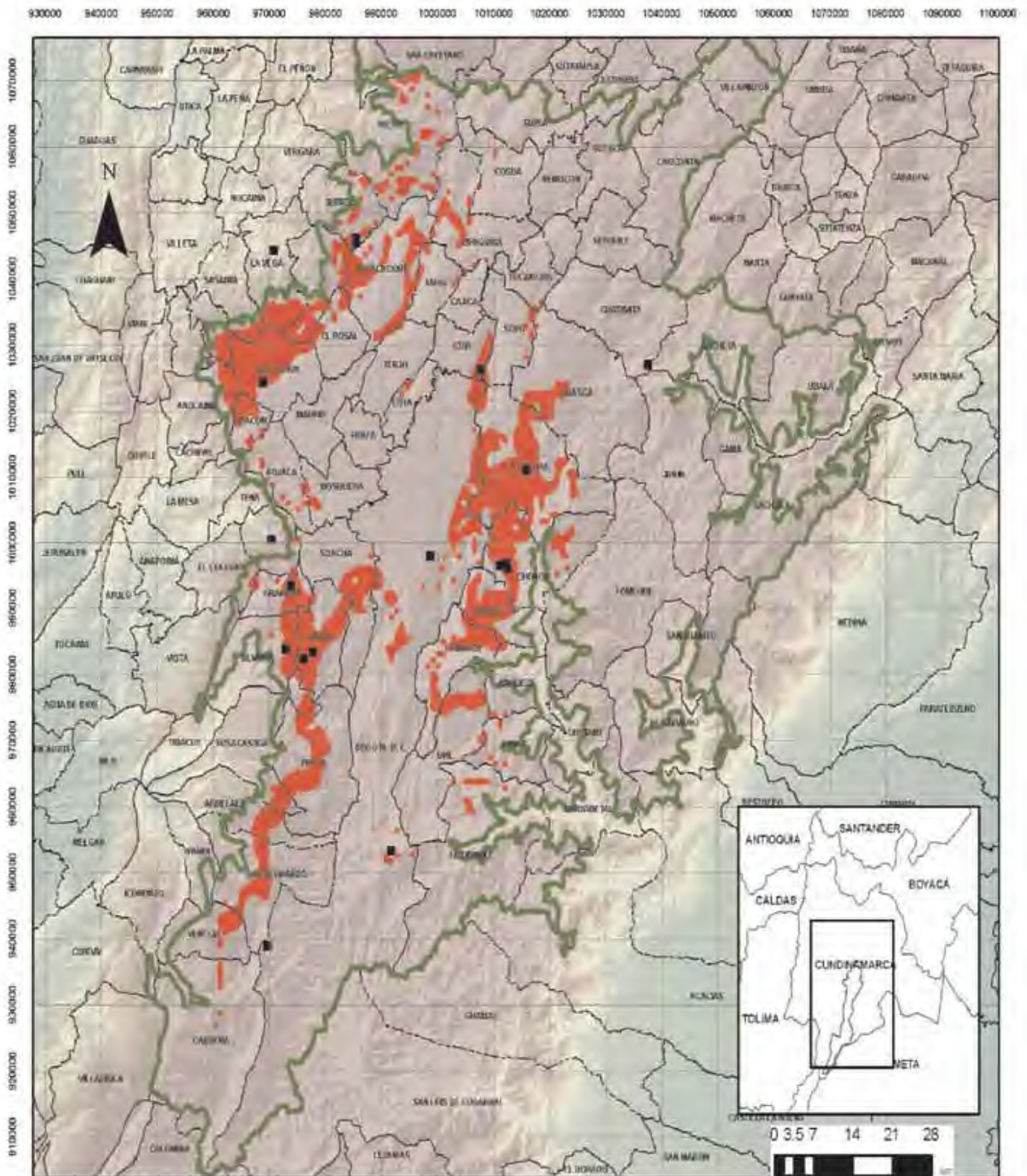


Figura 7. Distribución potencial *Dicksonia sellowiana* (rojo), registros biológicos (cuadrados), límite área de estudio (línea verde). La distribución final se restringió al considerar el de Minimum training presence (0,512) hasta el mayor valor de probabilidad.

Estructura poblacional

Las poblaciones de *Dicksonia sellowiana* estudiadas, presentaron características fisonómicas y de paisaje específicas para cada una, la población PCIDSP-1 ubicada en la finca Llantenal, en la vereda San Fortunato en el municipio de Sibaté se encuentra inmersa en relictos de bosque andino y en la ronda de quebradas entre los 2800 y 2900 m, rodeados de potreros utilizados por los pobladores para el cultivo de papa, fresa y el pastoreo de ganado de leche (Figura 8). La diversidad florística se ve enriquecida por la presencia de *Chusquea* sp., *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb., *Vallea stipularis* L. f., *Verbesina crassiramea* S.F. Blake y *Xylosma spiculifera* (Tul.) Triana & Planch. como elementos emergentes y sotobosque de varios estratos con predominio de bejucos como *Mutisia clematis* L. f. y *Rubus* spp. Otras especies de importancia en el sotobosque y ecotonos fueron *Barnadesia spinosa*, L. f. *Cyathea caracasana* (Klotzsch) Domin, *Cyathea conjugata* (Spruce ex Hook.) Domin, *Dryopteris wallichiana* (Spreng.) Hyl., *Fuschia boliviana* Carrière, *Geranium* sp., *Miconia squamulosa* Triana, *Oreopanax floribundum* Decne. & Planch., *Plagiogyria semicordata* (Pr.) Christ y varias especies de rubiáceas.

La población cuenta con 46 individuos que van desde acaules hasta alturas de cerca de 6 m. Durante los seis meses de medición esta población presentó entre el 56% y el 65% de plantas agrupadas en la primera categoría o de plantas con alturas entre 0 y 1 m (Figura 9), con un máximo de altura de 6,2 m, los ejemplares de esta población incrementaron su altura en promedio 8 cm año⁻¹ con mínimo de 0 cm y máximo de 80 cm. En el periodo de toma de datos 18 individuos no crecieron en altura. Solo 18 individuos tuvieron altura superior o igual a 80 cm con una tasa



Figura 8. Aspecto general del relicto de bosque donde se ubica la población PCIDSP-1. (Foto R. Alfonso).

promedio de ensanchamiento del tallo negativa de -0,053 cm mes. Un total de quince individuos presentaron DAP superior a 10 cm, con máximos a la altura del pecho de 25,78 cm y de diámetro a 80 cm un máximo de 29,6 cm. Entre el 61% y 68% de los ejemplares medidos entre agosto de 2009 y febrero de 2010 se agruparon en la primera categoría de 0 a 5 cm de diámetro con un segundo grupo de abundancia relativa alta (20% a 24%) con DAP entre 15 y 20 cm (Figura 9).

Durante todo el tiempo de observación, se generaron frondas nuevas en el 86,97% de los individuos medidos y tan solo en el 13,04% no se presentó ninguna vernación, en febrero de 2010 fue en el mes en que mas frondas en vernación se presentaron (112) en el 78,26% de las *Dicksonia* de la población y en agosto solo el 38,9% de los individuos, lo que coincidió con el inicio atípico de la temporada de lluvias. Se produjeron en promedio 1,28 frondas nuevas por individuo al mes, lo que indica una producción de 15,36 frondas nuevas por año. La generación de frondas en vernación o frondas nuevas fue irregular con máximos en 9,

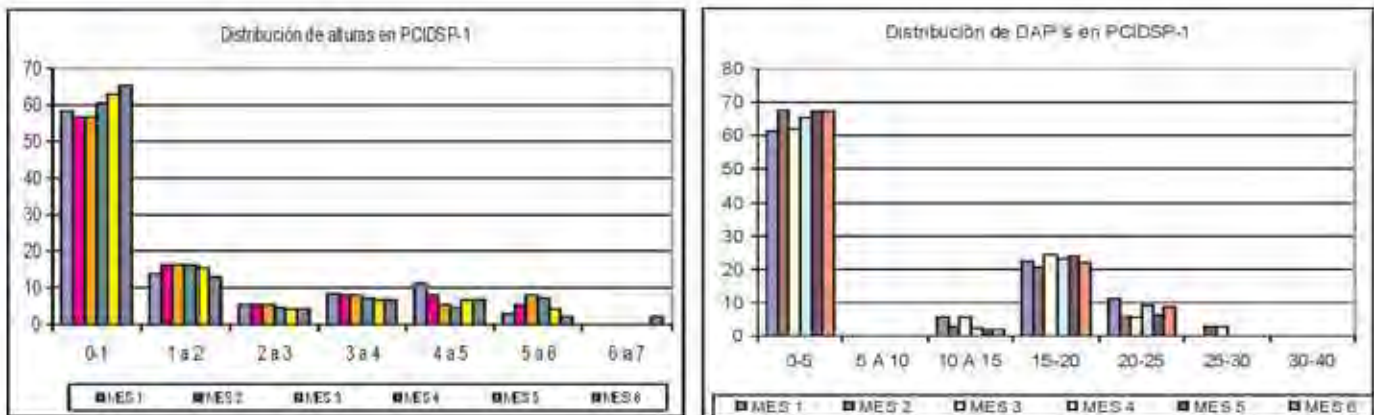


Figura 9. Distribución de las variables altura total y DAP de *Dicksonia sellowiana* en la población PCIDSP-1.

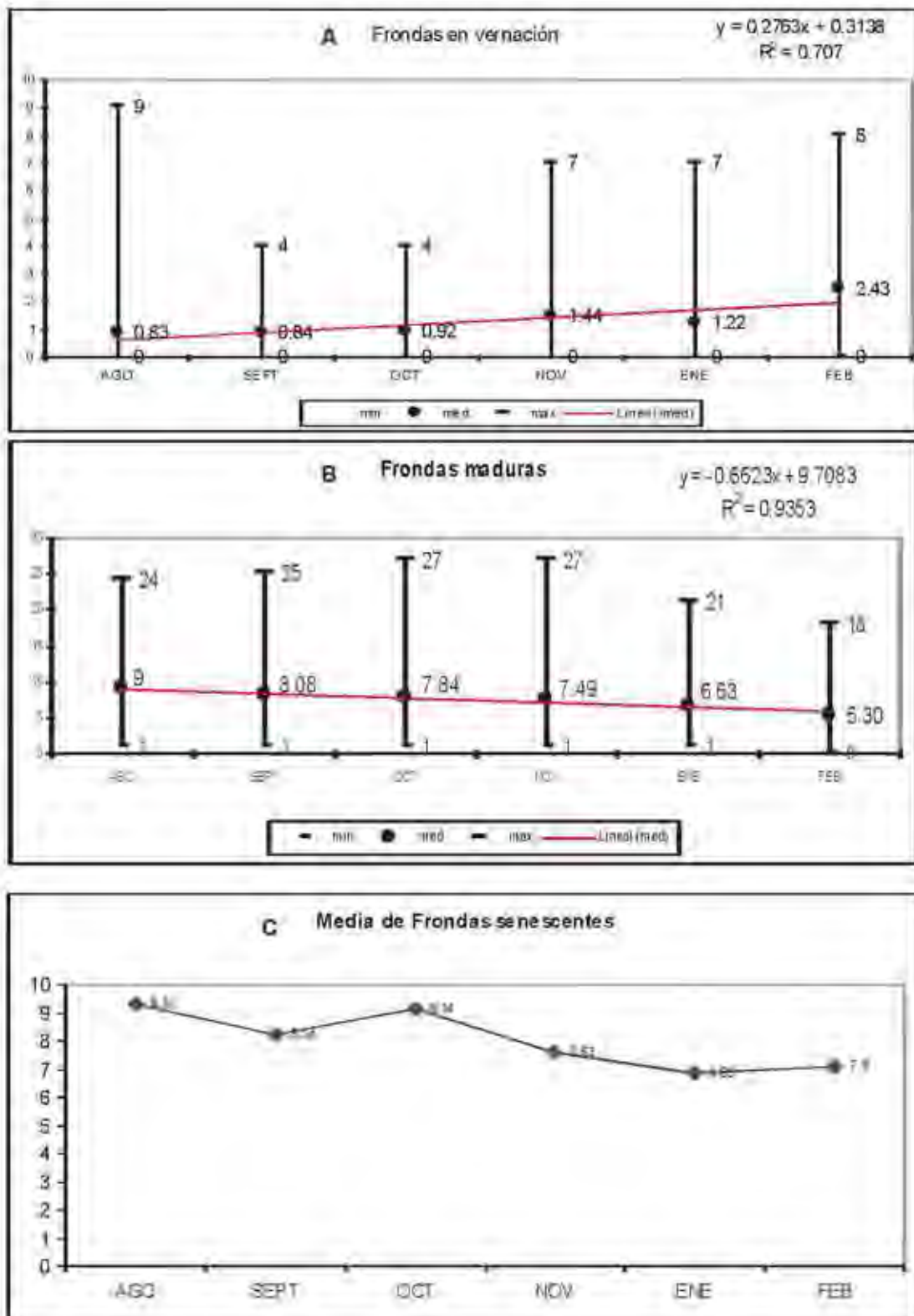


Figura 10. Medias, máximos y mínimos de frondas nuevas (A), maduras (B) y senescentes (C) de *Dicksonia sellowiana* en la población PCIDSP 1.

con crecimiento promedio mensual hasta febrero donde se presentaron 2,43 frondas en vernación (Figura 10 A). Los ejemplares de esta población presentaron un máximo 27 frondas maduras por individuo y un mínimo de 0, con regularidad en el número de frondas en la población durante los meses de las mediciones (Figura 10 B). La senescencia de las frondas se presentó con mayor abundancia en las plantas mayores y más altas, en las que se contabilizó siempre un número mayor a 20; lo anterior se presentó en 12 individuos (el 26,08%) del total de individuos de la población; en agosto se presentó la media mas alta y disminuyó a medida que se acercó la época de lluvias en el mes de febrero (Figura 10 C). La longitud total de fronda tuvo un máximo de 4,56 m con lámina de 4,43 m y peciolo de 0,18 m con una tasa de crecimiento mensual de 1,5 cm.

La población PCIDSP-2 se ubica en la Reserva El Tablazo, vereda Pantano de Arce del Municipio de Subachoque a una altura de 3000 m. Esta población se encuentra en un bosque altoandino de niebla con alto grado de conservación (Figura 11) y dominado por *Brunnelia* sp., *Centronia* spp., *Clusia* sp., *Drymis* sp., *Macleania rupestris* (Kunth) A.C.Sm., *Miconia* spp., *Oreopanax floribundus* Decne. & Planch., *Schefflera* sp. y *Tibouchina lepidota* Baill. El sotobosque está compuesto principalmente por individuos de *Blechnum cordatum* (Desv.) Hieron., *Cestrum nocturnum* L., *Cyathea caracasana* (Klotzsch) Domin, *Deprea bitteriana* (Werderm.) Sawyer & Benitez, *Dryopteris wallichiana* (Spreng.) Hyl., *Greigia stenolepis* L.B.Sm., *Hedyosmum bonplandianum* Kunth, *Piper* sp., *Plagiogyria semicordata* (Pr.) Christ, *Solanum* spp., *Swallemochloa tessellata* (Munro) McClure y *Verbesina crassiramea* S.F. Blake entre otros.

La población PCIDSP 2 está conformada por 258 individuos de los cuales cerca del 99% se agruparon en el primer rango de altura, es decir de 0 a 1 m y menos del 1% entre los rangos de 1 m a 2 m y de 2 m a 3 m (Figura 12), con un



Figura 11. Aspecto general de la población PCIDSP-2. (Foto R. Alfonso).

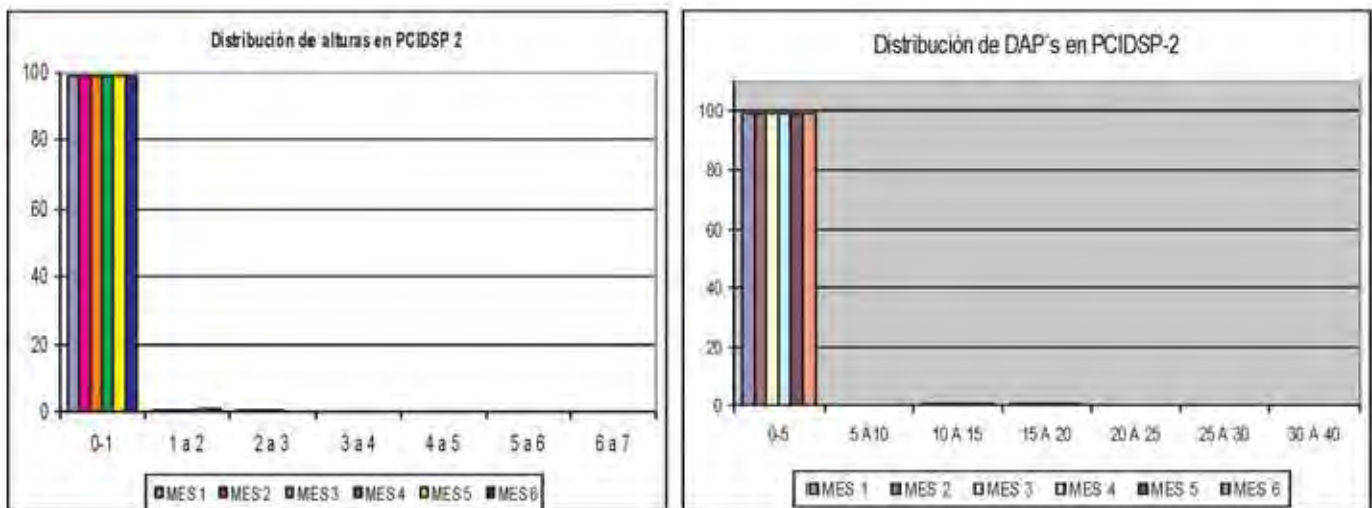


Figura 12. Distribución de las variables altura total y DAP de *Dicksonia sellowiana* en la población PCIDSP-2.

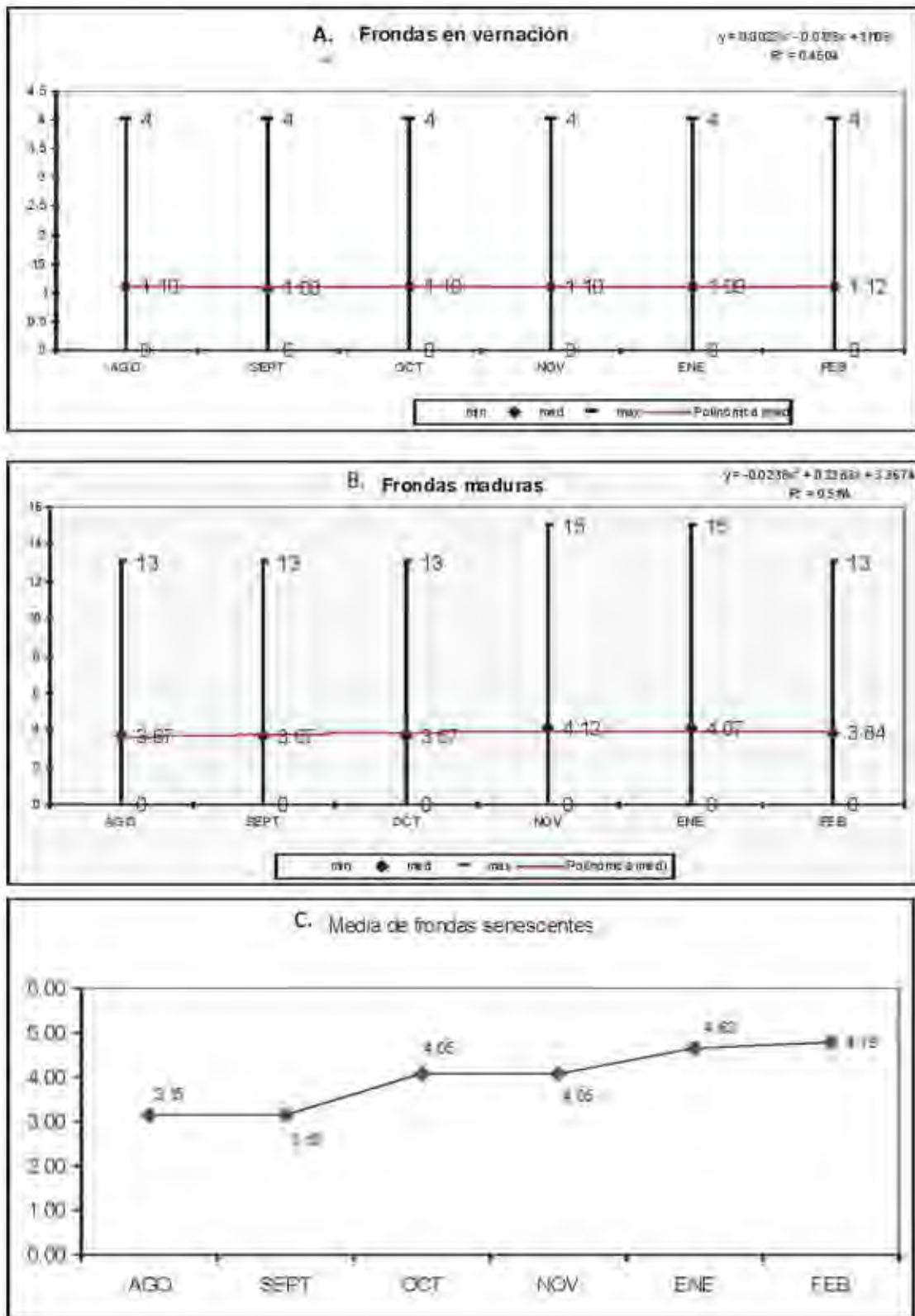


Figura 13. Medias, máximos y mínimos de frondas nuevas (A), maduras (B) y senescentes (C).

máximo de altura de 2,15 m. Los ejemplares de esta población incrementaron su altura en promedio 4 cm año⁻¹ con mínimo de 0 cm y máximo de 75 cm. En el periodo de toma de datos, 123 (47,67%) individuos no crecieron en altura, 50 (19,38%) ejemplares crecieron negativamente disminuyendo la altura promedio total y en el 32,95% (85 individuos) presentaron crecimiento positivo. Tan solo 3 individuos tuvieron altura superior o igual a 80 cm, con un máximo de 18,62 cm de diámetro y una tasa promedio de ensanchamiento del tallo de 1 cm/mes. Dos individuos presentaron DAP superior a 10 cm, con máximo de DAP de 16,23 cm; el 99,22% de la población presentó DAP menor de 5 cm (Figura 12).

En el tiempo de observación se generaron frondas nuevas en el 95% de los individuos medidos y tan solo en el 5% no se presentaron hojas jóvenes aún no desenvueltas (esto es, con vernación circinada observable); febrero de 2010 fue en el mes durante el cual se observaron más frondas aún no desenvueltas (288) en el 83,33% de los individuos y en agosto en el 82,94% de los individuos, lo que indica un comportamiento muy parecido en los meses de medición, el mayor número de frondas nuevas en febrero de 2010 coincidió con el inicio atípico de la temporada de lluvias. Se produjeron en promedio 1,09 frondas nuevas por individuo al mes, lo que indica una producción de 13,19 frondas nuevas por año. La generación de frondas en vernación o frondas nuevas fue muy regular con máximos en 4, con crecimiento promedio mensual igual en todos los meses (Figura 13a). Los ejemplares de esta población presentaron un máximo de 15 frondas maduras por individuo y un mínimo de 0, con regularidad en el número de frondas en la población durante los meses de las mediciones (Figura 13b). La senescencia de las frondas se presentó con mayor abundancia en las 29 (11,24%) plantas de mayor edad y en las más altas en las que se contabilizó un número mayor a 10; se observó un crecimiento constante de la media a medida que se acercó la época de lluvias en el mes de febrero (Figura 13c). La longitud de fronda tuvo un máximo de 2,75 m, correspondiente a 1,45 m de lámina y 1,30 m de peciolo; la fronda presentó una tasa general promedio de crecimiento mensual de 1 cm. de *Dicksonia sellowiana* en la población PCIDSP 2.

La población PCIDSP-3, ubicada en el predio La Esquina, vereda Agua dulce, municipio de Choachí, está localizada cerca a los 3000 m, rodeada de potreros para ganado de leche y en un relicto de bosque altoandino con *Brunellia colombiana* Cuatrec., *Centronia* sp., *Clusia multiflora* Kunth, *Critoniopsis* sp., *Drimys granadensis* L. f., *Prunus buxifolia* Koehne, , *Weinmannia balbisiana* Kunth (Figura 14). En el sotobosque predomina la presencia de



Figura 14. Aspecto general de la población PCIDSP-3. (Foto R. Alfonso).

Lophosoria quadripinnata (J.F.Gmel.)C.Chr., *Nastus chusque* Kunth, *Pennisetum longistylum* var. *clandestinum* (Hochst. ex Chiov.) Leeke y *Pteridium aquilinum* (Kaulf.) Brade.

La población PCIDSP 3 está conformada por 39 individuos de los cuales cerca del 54% se agruparon en el primer rango de altura, es decir de 0 a 1 m, seguido por porcentajes entre el 20 y 39% en alturas entre 3 y 4 m y menos del 5% se midieron en el rango de 4 m a 5 m; no se presentaron alturas superiores en la población (Figura 8). Con una altura máxima de 4.68 m, los ejemplares de esta población incrementaron su altura en promedio 6 cm año⁻¹ con mínimo de 0 cm y máximo de 45 cm. En el periodo de toma de datos, 21 (53,85%) individuos no crecieron en altura, 5 (12,82%) ejemplares crecieron negativamente y en el 33,33% (13 individuos) presentaron crecimiento positivo. Dieciocho individuos tuvieron altura superior o igual a 80 cm, con un máximo de 33,74 cm y una tasa promedio de ensanchamiento del tallo de 1.4 cm mes. De toda la población, solamente un individuo presentó un DAP superior a 30 cm con un máximo 38,20 cm; al final de las mediciones el 41,03% de los individuos presentaron DAP superior a 15 cm. Ningún individuo obtuvo valores de DAP entre 5 y 15 cm y el 56,41% del total tuvieron DAP entre 0 y 5 cm (Figura 15).

En el tiempo de observación, se generaron frondas nuevas en el 74,36% de los individuos medidos y en el 25,64% no se presentó ninguna vernación. Febrero de 2010 fue el mes en que más frondas en vernación se presentaron (60) en el 56,41% de las *Dicksonias* de la población, seguido por la vernación en septiembre de 2009, cuando se presentaron 53 frondas nuevas en el 66,7% de la población; en agosto se presentaron 44 frondas nuevas en el 61,9% de la población; el mayor número de frondas nuevas en febrero de 2010 coincidió con el inicio atípico de la temporada de lluvias. Se produjeron en promedio 1,38 frondas nuevas por individuo al mes, lo que indica una producción de 16,53 frondas nuevas por año en la población. La generación de frondas en vernación o frondas nuevas

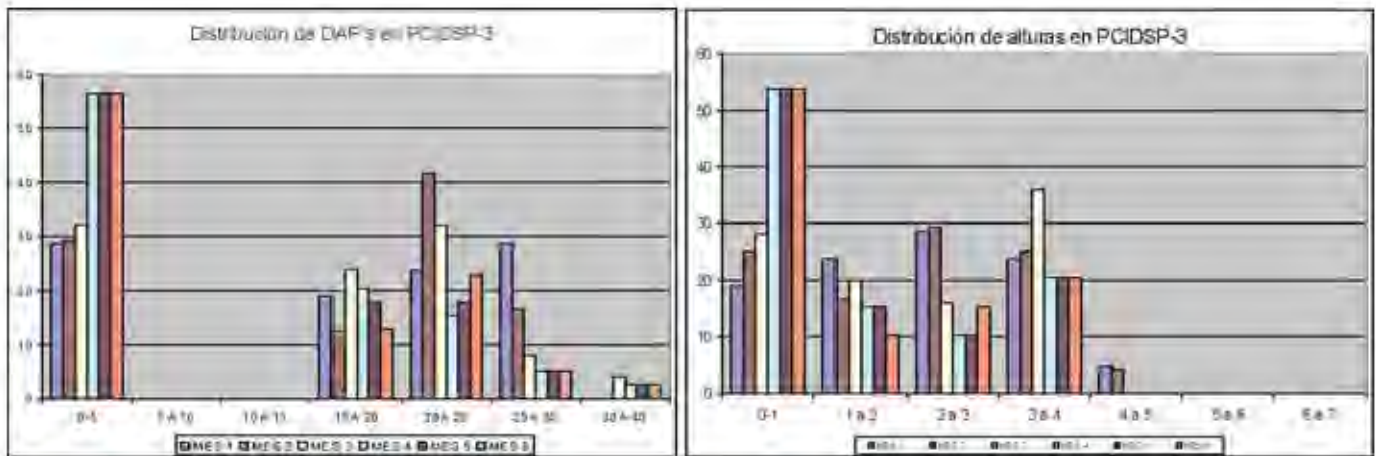


Figura 15. Distribución de las variables altura total y DAP de *Dicksonia sellowiana* en la población PCIDSP-3.

fue irregular con máximos en 16 en un solo individuo en una sola medición, con crecimiento promedio mayor en agosto de 2009, disminuyó hacia noviembre y volvió a incrementarse en enero y febrero de 2010 (véase la línea de tendencia; Figura 16a). Los ejemplares de esta población presentaron un máximo de 29 frondas maduras en el individuo No.17 y un mínimo de 0 en dos ejemplares juveniles observados desde la cuarta medición; los meses con mayor número de frondas maduras fueron noviembre y enero, con 344 frondas en total; en agosto se presentó el menor número (235); la línea de tendencia muestra un aumento hacia el pico normal de lluvias (octubre) y disminución hacia los meses secos (Figura 16b). La senescencia de las frondas se presentó con mayor abundancia en las 17 (43,59%) plantas de mayor edad y más altas en las que se contabilizó un número mayor a 10; se presentó un descenso constante de la media hacia el mes más seco (enero de 2010) e inició un aumento nuevamente al llegar el periodo de lluvias atípico en el mes de febrero (Figura 16c). La longitud de fronda tuvo un máximo de 3,85 m, de los cuales 10 cm corresponden al peciolo; la tasa general promedio de crecimiento mensual es de 1,4 cm. de *Dicksonia sellowiana* en la población PCIDSP 3 (Se debe tener en cuenta que la inicio de la medición de esta población en agosto de 2009 solo existían 21 individuos, en septiembre 24, en octubre 25 y al terminar el experimento se midieron 39 ejemplares.

La distribución espacial de *Dicksonia sellowiana* se desarrolló en pequeñas áreas, sin ocurrencia homogénea ni continua, al lado de arroyos permanentes o zonas muy húmedas de bosques bien conservados; lo anterior coincide con las observaciones de Mantovani (2004) en las poblaciones de *D. sellowiana* en la Serra do Corvo Branco

y del Parque Nacional Sao Joaquim, lo cual sugiere que esta especie prefiere hábitat con alta humedad en el suelo y la atmósfera, y concentraciones elevadas de materia orgánica, lo cual también se observó en el experimento de germinación de esporas realizado para este estudio, donde los factores limitantes para la germinación de esporas fueron la humedad y la temperatura (resultado similar al obtenido por Ranal (1999, citado en Mantovani, 2004) y la acción “catalizadora” de hongos en la fase inicial de la germinación.

El número de ejemplares por hectárea fue desigual en cada una de las poblaciones, así: Las poblaciones PCIDSP1 y PCIDSP 3 reportaron 287,5 plantas/ha y 243,75 plantas/ha respectivamente; en contraste, la población PCIDSP 2 aporta 1612,5 plantas/ha. La distribución de los ejemplares dentro de las clases diamétricas y alturas siguieron aproximadamente un modelo de J invertida, con una dominancia en la frecuencia de los individuos con alturas menores a 80 cm y con diámetros reducidos la altura del pecho, lo que indica una alta tasa de regeneración o reclutamiento de las poblaciones con individuos juveniles en mayor número en relación con los ejemplares adultos, lo que es comparable con los estudios anteriores en poblaciones naturales de *D. sellowiana* en el Estado de Santa Catarina y Senna, en poblaciones en Río Grande do Sul Brasil (Mantovani 1996, citado en Mantovani 2004) y estudios para *Cyathea lasiosora* realizados por Young & León (1989). Poulsen & Nielsen (1995), afirman que una gran concentración de individuos de regeneración se favorece por las condiciones topográficas y edáficas que benefician las condiciones de supervivencia de la especie. Lo anterior se evidencia claramente en la población PCIDSP 2, donde el efecto antrópico no ha tenido efecto sobre la población a

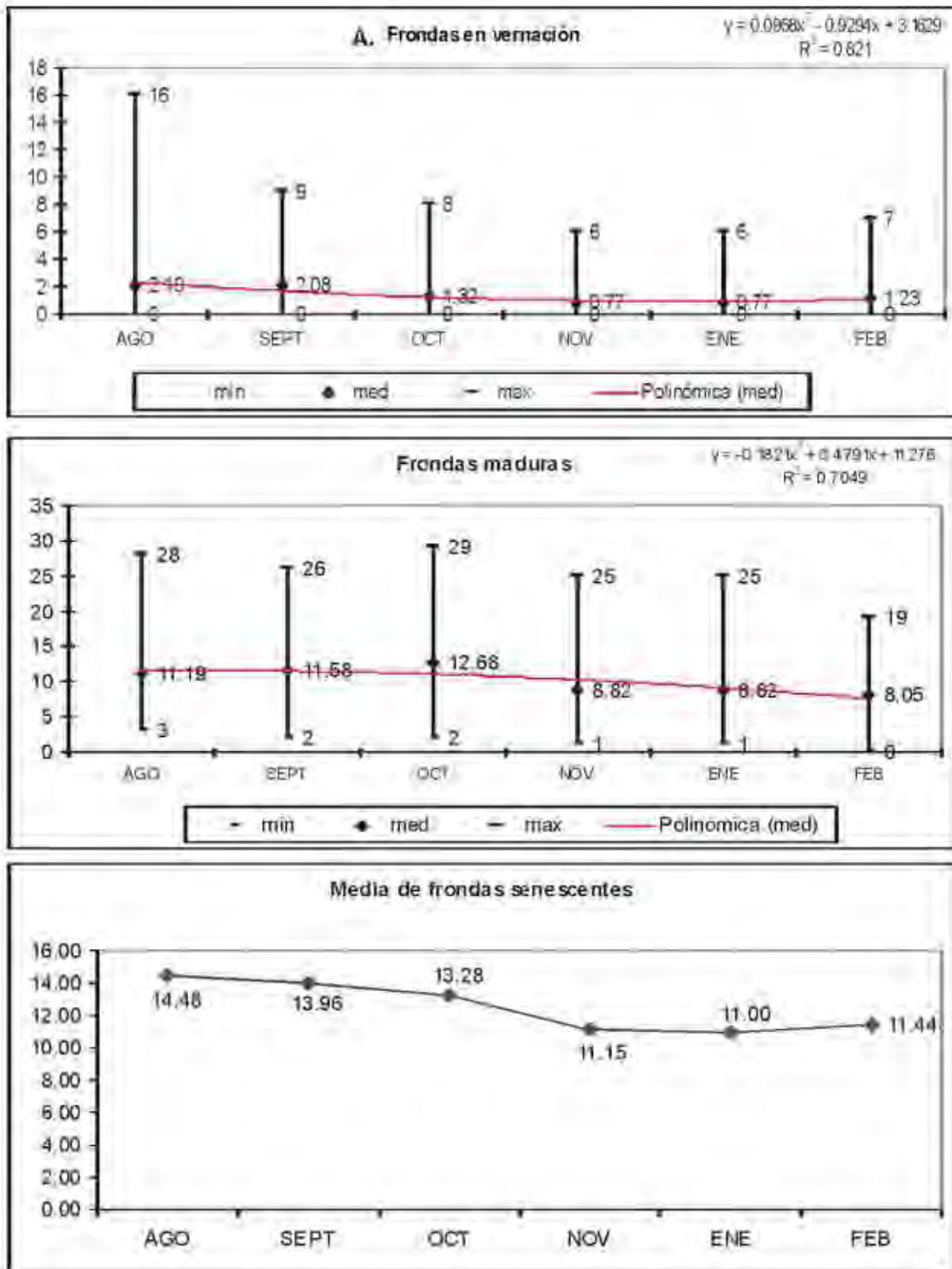


Figura 16. Medias, máximos y mínimos de frondas nuevas (A), maduras (B) y senescentes (C).

diferencia de las otras dos poblaciones donde la deforestación y el ingreso de ganado vacuno ha generado la desaparición principalmente de individuos juveniles y la competencia con especies de pteridofitas de crecimiento rápido como *Lophosoria quadripinnata*.

Se pudo determinar que el crecimiento medio del rizoma aéreo (tallo) de *Dicksonia sellowiana* es lento y constante, lo cual ratifica los resultados de la especie en el sur de Brasil (Schmitt *et al.*, 2009) y en la Reserva Forestal Protectora del Río Blanco en Caldas, Colombia (Ramírez-Valencia *et al.*, 2009), con una tasa promedio anual de 6 cm año⁻¹. El individuo más alto estudiado se encontró en la población PCIDSP 1 del municipio de Sibaté con una altura máxima de 6,2 m; con la tasa promedio de crecimiento establecida en este estudio, se puede deducir que este ejemplar tiene aproximadamente 103 años, teniendo en cuenta además el ciclo completo a partir del resultado de implantación del esporófito que en este estudio fue de aproximadamente 1 mes (31 día \pm 2 días) en el cultivo en sustrato natural y en condiciones de humedad óptimas pero sin la aparición de tallo.

Comparando el desarrollo de los individuos de las poblaciones estudiadas se pudo observar que las plantas más altas y gruesas (de mayor edad) presentan mayor producción de frondas nuevas, mayor senescencia, mayores tasas de crecimiento y mayores longitudes de lámina y fronda pero con peciolo más cortos que los de las plantas y frondas juveniles que tuvieron peciolo igual o casi tan largos como las láminas, lo que comprueba las tendencias observadas en estudios ya realizados en *Dicksonia sellowiana* (Schmitt *et al.*, 2009); Ramírez-Valencia *et al.*, 2009) y en otras especies de helechos arborescentes (p. ej. *Cyathea delgadii*; Schmitt & Windisch, 2007, citado en Schmitt *et al.*, 2009; *Alsophiila setosa*, Schmitt & Windisch, 2003 citado en Schmitt *et al.*, 2009). Adicionalmente, se comprobó que el área foliar es mayor en los individuos adultos que se encontraban cubiertos por la vegetación y menor en los ejemplares adultos con exposición directa al sol, con producción de frondas nuevas por ciclos con máximos de 16 hojas en vernación en una sola planta en un solo mes y mayor número de frondas nuevas en el mes de febrero en las tres poblaciones lo que coincidió con un incremento atípico de la pluviosidad en la Sabana de Bogotá, lo que puede indicar que variables ambientales pueden modificar los ciclos biológicos de este tipo de plantas. La producción de frondas maduras y senescencia se encontró más o menos estable en todo el periodo de observación y en las tres poblaciones estudiadas. Las plantas adultas fértiles siempre tuvieron mas de 1,6 m de altura del tallo, con presencia de esporangios durante todo el tiempo de estudio como lo pudo



Figura 17. Cultivo in vitro de *Dicksonia sellowiana* en medio MS., para el desarrollo de las esporas.

observar Ricker & Dali (1997), en especies arbóreas pioneras en bosques de México, que exhiben floración a lo largo del año.

Propagación in-vitro

Las esporas sometidas a la desinfección con hipoclorito de sodio al 0,5% (T1) presentaron una contaminación del 100% a la semana de evaluación. Bajo el tratamiento T2

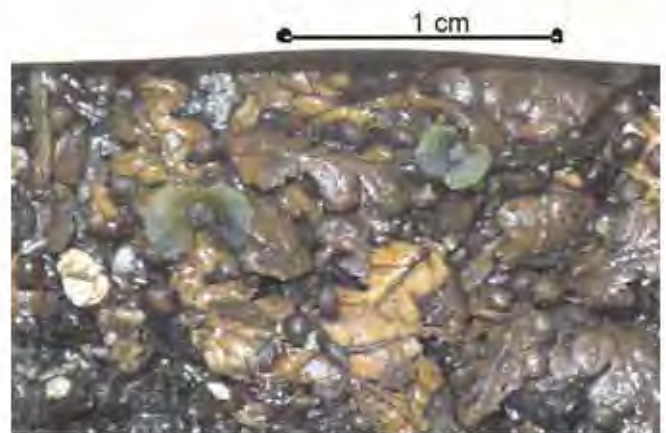


Figura 18. Primeros dos prótalos registrados en el experimento de germinación in suelo de esporas de *D. sellowiana* (Foto R. Alfonso).

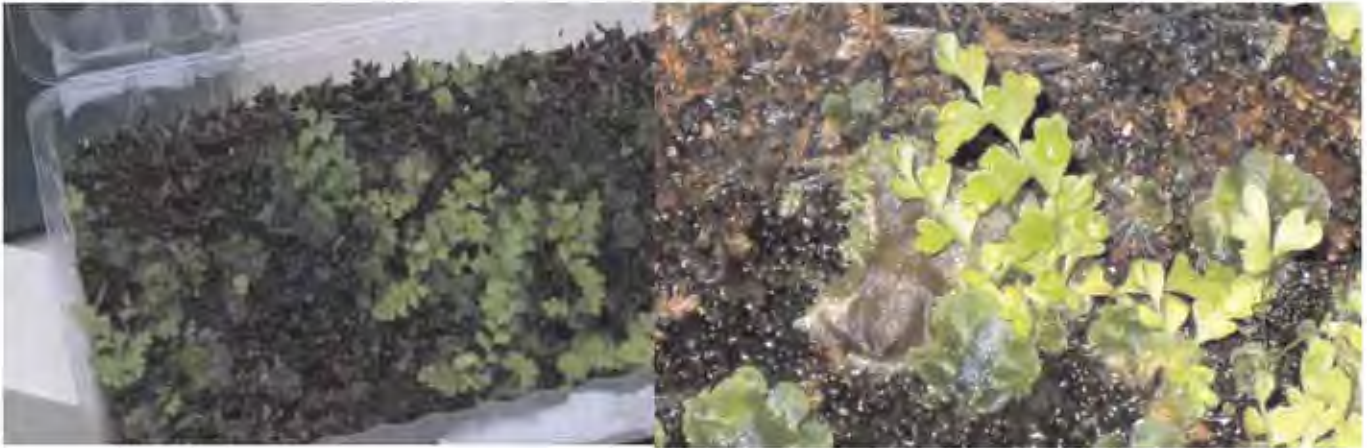


Figura 19. Esporofito de *Dicksonia sellowiana* de 3.5 meses de edad (Foto R. Alfonso).

(1%) la desinfección evaluada una semana después de la siembra fue del 33,3%.

En los explantes sobrevivientes se observa una germinación del 100% cuatro semanas después de la siembra (Figura 17), por lo que se puede determinar que las sales y la sacarosa presentes en el medio MS empleado tuvieron un efecto positivo en el desarrollo de ésta variable dependiente.

Propagación en suelo

El seguimiento que se hizo diariamente para verificar el comportamiento de las esporas sembradas en sustrato estéril para este estudio, dio como resultados después de un mes siembra, el registro de la aparición de los dos primeros prótalos (Figura 18); a éstos se le sumaron más prótalos, a los cuales se les hizo seguimiento hasta llegar a estabilizarse en un máximo de 129 con una densidad de 0,46 prótalos/cm² y una generación de 34 esporofitos con dos frondas en promedio y máximos de 3 cm de longitud. La Figura 19 muestra los esporofitos juveniles de 3 meses y medio de edad.

Para complementar el estudio se hicieron muestreos de frondas juveniles atacadas por lepidópteros (Figura 20) en las poblaciones PCIDSP 1 y PCIDSP 2, posiblemente provenientes de los cultivos de papa y fresa aledaños a las poblaciones estudiadas y que se convierten en un factor limitante para el desarrollo normal de las frondas juveniles al no lograr extenderse completamente, ocurre herbivoría en la vernación de las hojas y en el peciolo, lo cual produce la muerte de la hoja, por lo cual se pierde el esfuerzo de generación de nuevas hojas. La herbivoría impide el normal desarrollo de las frondas (Figura 21) y muchas de éstas se atrofian.



Figura 20. Frondas en vernación de *Dicksonia sellowiana* atacadas por larvas de lepidoptera (Foto R. Alfonso).



Figura 21. Frondas juveniles de *Dicksonia sellowiana* afectadas por larvas de lepidoptera (Foto R. Alfonso).

Conservación y manejo de *Dicksonia sellowiana*

Escenario deseado

El área de estudio cuenta aún con una baja categorización de áreas de manejo especial que conserven la diversidad biológica típica de esta región, como son los bosques andinos y altoandinos. La implementación de programas de producción limpia y la inclusión del componente forestal dentro de los sistemas de producción locales permitiría una reducción notable de los impactos ambientales generados sobre *Dicksonia sellowiana*, igualmente los programas de educación ambiental en veredas y sitios retirados de los centros urbanos lograrían la concientización y educación de las comunidades locales en aspectos relacionados al manejo del medio ambiente.

Autores como **Carvalho** (1992), **Oyama** (1993) y **Fantini et al.** (1992); citados por **Mantonavi**, 2004), proponen que para el manejo viable de poblaciones naturales se debe procurar la continuidad de estudios desde cuatro puntos importantes: la estructura poblacional, las tasas de desarrollo, el número de plantas reproductivas por hectárea y la caracterización genética. Además, estos autores destacan que es necesario el estudio de la regeneración natural para dar garantía de sustentabilidad y de manejo forestal debido a que aporta conocimientos sobre la autoecología de las especies; así, todas las estrategias de conservación se basarían en criterios técnico-científicos y contribuirían con la discusión de la necesidad de áreas de protección permanentes y que se conviertan en fuente de ingresos para los propietarios de los terrenos y poder ampliar las zonas con cobertura vegetal (**Mantovani**, 2004); además, se deben ampliar las acciones de protección al banco de plántulas y de la diversidad en conjunto de las áreas protegidas.

El desconocimiento de la normatividad ambiental vigente sobre flora silvestre y bosques en el contexto nacional y distrital como la veda permanente de individuos de especies de helechos arborescentes (Resolución 0801 de 1977) es otro aspecto importante de tratar al momento de implementar el manejo y conservación de *Dicksonia sellowiana*.

La continuidad y estandarización de métodos y estudios de propagación tanto *in-vitro* como en suelo, se hace necesaria para producción de nuevos ejemplares y propiciar la utilización de *D. sellowiana* en procesos de restauración ecológica principalmente en estadios avanzados.

Conclusiones

La distribución potencial de *Dicksonia sellowiana* se encuentra en la periferia del altiplano cundiboyacense y

de las zonas con variación altitudinal. Su extensión potencial (1215 km²) abarca escasas áreas de conservación establecidas, por lo cual es clara la necesidad de promover estrategias que protejan las poblaciones identificadas y realizar restablecimiento con individuos propagados *ex-situ* en sitios con figuras de manejo especial.

Algunas variables relacionadas con la precipitación son importantes en la modelación, lo cual coincide con información que la señala picos de esporulación en los meses de mayor precipitación.

Reconociendo que *Dicksonia sellowiana* posee un rango de extensión más amplio al área analizada, se recomienda hacer el estudio a nivel regional, incorporando más registros biológicos con el fin de identificar otras variables que determinan su distribución y conocer el estado de conservación. Además es importante generar modelos con información de escala detallada que representen la variación ambiental a nivel local.

A pesar que la distribución de *Dicksonia sellowiana* no es restringida, es una especie amenazada y vale la pena considerar que se encuentra en zonas con altas tasas de cambio de cobertura como los bosques andinos. De acuerdo con esto, ningún plan de conservación para la especie es integral sin propiciar la conectividad entre los diferentes fragmentos de bosque que se encuentran en la matriz del sector.

El reclutamiento es importante en la regeneración de poblaciones naturales, en PCIDSP-2, *Dicksonia* alcanzó porcentajes por encima de 90%, lo que hace de esta, una población juvenil, con potencial de generación de material para reintroducción en otros paisajes.

Los factores ambientales, junto con las características de suelo y agua que se presentan en gran parte del área estudiada son favorables para el crecimiento de poblaciones viables de *Dicksonia sellowiana* condiciones observadas muy bien en la reserva El Tablazo en el municipio de Subachoque, Cundinamarca, donde la diversidad, el estado de conservación y las condiciones de luminosidad debido al dosel son propicias para la vigorosidad y prosperidad del reclutamiento.

Poblaciones de *Dicksonia sellowiana* que crecen en sitios abiertos, aunque son vulnerables, la presencia de ejemplares adultos, reproductivamente activos y la gran producción de materia orgánica que producen, preservan condiciones favorables para la generación de nuevos relictos boscosos.

El efecto antrópico es fundamental en el desarrollo y estructura de poblaciones de especies de relictos de bosque.

Aunque el método convencional de propagación por semillero dio mejores resultados en el estudio para la generación de nuevos individuos de *D. sellowiana*, la propagación *in vitro* a partir de esporas es ventajosa, porque facilita la manipulación de prótalos, permite la medición cuantitativa de variables, elimina las condiciones ambientales adversas y ofrece la posibilidad de inducir cambios en el desarrollo con el fin de realizar estudios genéticos y acortar el ciclo de vida (**Constantino et al.**, 1994).

El empleo de hipoclorito de sodio al 1% brindó el más alto nivel de desinfección de esporas, lo cual permitió que se estableciera una siembra libre de agentes contaminantes y se pudiera evaluar la germinación de las mismas bajo el medio de cultivo MS. Estos resultados preliminares se consideran de suma importancia ya que se podrían constituir como la base para el desarrollo de un sistema de propagación *in vitro* que permita obtener prótalos con una alta capacidad de aclimatación y de formación de esporofitos *in vitro* y *ex vitro*.

Agradecimientos

Al Jardín Botánico José Celestino Mutis por el apoyo a la investigación en infraestructura y logística; a los operarios del proyecto 2006 que con diligencia colaboraron con varios de los temas tratados en este estudio y su compañía en campo a la hora de tomar información primaria.

Referencias bibliográficas

- Alcázar, C.** 2008. Distribución espacial y aspectos sobre el estado actual de las poblaciones de algunas especies arbóreas de Bogotá D.C y la región, *Aegiphila bogotensis*, *Persea mutisii* y *Prunus buxifolia*. Informe final. Contrato 118-2008. Subdirección Científica. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- Cabrera, E. & D. Ramírez.** 2007. Estado actual y cambio en los ecosistemas de los Andes Colombianos: 1985-2005. Pp. 39-63. En: Monitoreo de los ecosistemas andinos 1985-2005: Síntesis y perspectivas. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.
- Calderón, E.** 1997. Lista selecta de plantas de Colombia, extintas o en peligro de extinción. Anexo 1.17. 448-462 pp. En: Chávez-S, M. y N. Arango (eds.), Diversidad Biológica. Tomo I. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad, Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Colombia.
- Cabrera, E. & D. Ramírez.** 2007. Estado actual y cambio en los ecosistemas de los Andes Colombianos: 1985-2005. Pp 39-63 in Monitoreo de los ecosistemas andinos 1985-2005: Síntesis y perspectivas. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.
- Cayuela, L., Golicher, D., Newton, A., Kolb, H, de Albuquerque, F. S., Arets, E. J. M. M, Alkemade, J. R. M. & Pérez, A. M.** 2009. Species distribution modeling in the tropics: Problems, potentialities, and the role of biological data for effective species conservation. *Tropical Conservation Science* 2:319-352.
- Constantino, C.H. S., Santamaría, L. M. Gustavo, G. & Elizabeth, H.** 1994. Cultivo de tejidos vegetales como una alternativa para la preservación ex-situ de *Dicksonia sellowiana*, un helecho arborecente amenazado. Pontificia Universidad Javeriana. I Congreso Nacional sobre Biodiversidad. Santiago de Cali.
- _____. 2000. Storage and in-vitro germination of tree fern spores. Pontificia Universidad Javeriana. Botanic Gardens Micro-propagation News.
- Davidse, G., Sousa, M. & Charter, A. (eds.)**. 1995-1996. Flora Mesoamericana. Volumen I Psilotaceae a Salviniaceae. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Departamento Administrativo del Medio Ambiente- DAMA-Fundación Bachaqueros.** 2002. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Segunda Edición. Bogotá. Colombia.
- Gentry, A. H.** 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 15:1-84.
- Giraldo, C.** 2007. Distribución geográfica y modelos de distribución potencial de cinco especies andinas en la sabana de Bogotá y la cuenca media del río Tunjuelo, Cundinamarca, Colombia. Subdirección Científica. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- Hurtado, C.** 2007. Uso de modelos de predicción como herramienta para estimar el área de distribución potencial de la especie *Aniba perutilis* Hemsley (comino crespo) en el departamento del Valle del Cauca. Tesis de pregrado para optar al título de Ecólogo. Fundación Universitaria de Popayán. Colombia.
- Mantovani, M.** 2004. Caracterização de populações naturais de Xaxim (*Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hooker), em diferentes condições edafo-climáticas no estado de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
- MAVDT.** 2010. Resolución número (383) 23 de febrero de 2010 "Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones".
- Murillo, M. T.** 1988. Pteridofita I. Flora de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Imprenta Nacional. Bogotá.
- Murillo, M. T. & Harker, M.** 1990. Helechos y plantas afines de Colombia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Editorial Guadalupe. Bogotá.
- Phillips, S., R. Anderson & R. E. Schapire.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- PNUMA-CMCM (Comps.)** 2008. Lista de Especies CITES (CD-ROM). Secretaría CITES, Ginebra, Suiza, y PNUMA-CMCM, Cambridge, Reino Unido.

- Poulsen, A. D. & Nielsen, I.** 1995. H. How many ferns are there in one hectare of tropical rain Forest? *Amer Fern J* 85:29-35.
- Ramírez-Valencia, V. D. Sanín & Álvarez-Mejía, L. M.** 2009. Estimación del crecimiento de *Dicksonia sellowiana* Hook., (Dicksoniaceae Hook.), en la reserva forestal protectora de Río Blanco, Manizales, Caldas, y registros colombianos de su fertilidad. *Bol.Cient.Mus.Hist.Nat.* 13(1):17-29.
- Rodríguez, N., Armenteras, D. Morales, M. & Romero, M.** 2004. Ecosistemas de los Andes colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.
- Sistema de Información en Biodiversidad. (SIB).** 2009. <http://www.siac.net.co/>. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt.
- Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia - SiB.** 2009. Sistema distribuido de búsquedas. <http://www.siac.net.co/>
Fecha de consulta: 01/10/2009
- Schmitt J. L., Schneider, P. H. & Windisch, P. G.** 2009. Crecimiento do cáudice e fenologia de *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae) no sul do Brasil. *Acta Bot Bras* 23(1):282-291.
- Senna, R.M.** 1996. Pteridófitas no interior de uma floresta com Araucária: composição florística e estrutura ecológica. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 105 p.
- Tuomisto, H. & Poulsen, A. D.** 1994. Influence of edaphic specialization on pteridophyte distribution in Neotropical Rain Forest. *In* Tuomisto, H. Academic dissertation. Pp. 1-19 University of Turku, Finland.
- Young, K. R. & León, B.** 1989. Pteridophyte species diversity the Central Peruvian Amazon: importance of edaphic specialization. *Brittonia* 41:388-395.
- UNEP-WCMC (Comps.)** 2008. Checklist of cites species (CD-ROM). CITES Secretariat, Geneva, Switzerland, and UNEP-WCMC, Cambridge, United Kingdom. http://www.cites.org/eng/resources/pub/checklist08/About_the_Checklist_of_CITES_species.pdf.

Recibido: octubre 12 de 2010.

Aceptado para su publicación: febrero 28 de 2011.