

PÉREZ ARBELAEZIA

Diciembre de 2006

ISSN 0120-7717



Mutisia clematis L

Jardín Botánico de Bogotá
José Celestino Mutis
Centro de Investigación y Desarrollo Científico



ENRIQUE PÉREZ ARBELÁEZ
1986 - 1972

Sacerdote - Investigador
Fundador del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

PÉREZ
ARBELAEZIA

Publicación del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis,
dedicada a la memoria de su fundador, el doctor *Enrique Pérez Arbeláez*,
quien consagró su vida a institucionalizar la tradición científica de
Colombia y a fomentar la investigación, divulgación y defensa de
nuestros recursos naturales.



Mutisia clematis L.

Planta ornamental nativa seleccionada como emblema del Jardín Botánico de Bogotá. Debe su nombre a la exaltación que el ilustre botánico *Linneo* quiso hacer en homenaje a *José Celestino Mutis*.

Es una planta trepadora con zarcillos, hojas tomentosas en tonalidades verde grisáceo y flores casi siempre pedunculares, que con su color rojo vivo atraen insectos y colibríes.



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D. C.**

Alcalde Mayor de Bogotá D. C.
Luis Eduardo Garzón

Jardín Botánico de Bogotá
"José Celestino Mutis"

Directora
Martha Liliana Perdomo Ramírez

Secretaria General
Angélica Díaz Ortiz

Jefe Oficina Asesora Jurídica
Edna Patricia Rangel Barragán

Jefe Oficina Asesora de Control Interno
Nancy Sanabria Rojas

Asesor de Planeación
Vladimir Forero Serrano

Subdirectora Científica
Claudia Córdoba García

Subdirector Técnico Operativo
Rolando Higueta Rodríguez

Subdirectora Educativa y Cultural
Paola Liliana Rodríguez Suárez

PÉREZ ARBELAEZIA

Número 17 - Diciembre de 2006

Publicación Anual

PÉREZ - ARBELAEZIA

La revista *Pérez Arbelaezia* es la publicación científica anual del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Está dirigida a investigadores, estudiantes, científicos y a todas las personas interesadas en los temas que esta aborda.

Publica artículos científicos originales e inéditos que desarrollan temas de botánica, biología de especies y ecología de ecosistemas altoandinos; a la vez, abre el espacio para la presentación de ensayos, reflexiones, revisiones y conferencias que aportan al conocimiento de dichas disciplinas, así como de otras áreas misionales de la entidad tales como la arborización urbana, la agricultura urbana y la educación ambiental.

Comité Editorial

Martha Liliana Perdomo	Directora
Claudia Córdoba	Subdirectora Científica
Paola Rodríguez	Subdirectora Educativa y Cultural
Santiago Madriñán Restrepo	Profesor. Departamento de Ciencias Biológicas Universidad de los Andes
Hernán Mauricio Romero	Profesor. Departamento de Biología Universidad Nacional de Colombia
Andrés Etter Rothlisberger	Profesor - Investigador Departamento de Biología y Territorio Universidad Javeriana

Editores

Patricia Jaramillo Martínez
Germán I. Andrade Pérez

Comité Científico



Alberto Gómez Mejía	Presidente	Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia
Claudia Córdoba	Subdirectora Científica	Jardín Botánico
Francisco Sánchez	Asesor	Jardín Botánico
Gustavo Morales	Coordinador Colecciones	Jardín Botánico
Ricardo Pacheco	Investigador	Jardín Botánico
Rito Hernán Cardozo	Investigador	Jardín Botánico
Rolando Higueta	Subdirector	
	Técnico Operativo	Jardín Botánico
Sandra Cortés	Investigadora	Jardín Botánico

Grupo de Árbitros

Antonio Luis Mejía	Biólogo - Investigador	Labfarve
Carlos César Parrado	Director	Institución Ferial de Barbastro - IFB
Carlos Valderrama	Coordinador Diseño de Áreas y SIG	Wildlife Conservation Society - Programa Colombia
David Rivera	Biólogo - Investigador	Independiente
Edgar E. Cantillo H.	Ingeniero Forestal - Investigador - Docente	Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Heliodoro Sánchez	Ingeniero Forestal - Investigador - Docente	Independiente
Jaime Aguirre	Director	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
María Teresa Pulido	Profesora - Investigadora	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Méjico.
Marina A. Correa	Docente	Universidad Nacional de Colombia
Orlando Vargas	Profesor - Investigador	Universidad Nacional de Colombia
Santiago Díaz P.	Presidente	Academia de Historia

PÉREZ ARBELAEZIA

Publicación anual

© 2006 - Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

ISSN 0120-7717

La reproducción total o parcial de un artículo debe citar la fuente.

Corresponde a los autores la total responsabilidad de las ideas, tesis y conceptos emitidos en sus respectivos artículos.

Coordinación general

Paola Rodríguez Suárez - Subdirectora Educativa y Cultural

Coordinación editorial

Patricia Jaramillo M. - Comunicación Ambiental

- Corrección:

Germán Ignacio Andrade Pérez

Camila Gaitán Gaitán

Juan Carlos Gómez Amaya

- Diseño y diagramación: Bibiana Andrea Alturo M.

Impresión

Universidad Nacional de Colombia - Unibiblos

Ilustración carátula

Alfonso Robledo Anzola - Arquitecto.

Logo Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Mutisia clematis L.

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Av. Calle 63 No. 68-95 / Teléfono: 437 7060 / Fax: 630 5075

www.jbb.gov.co

CONTENIDO

Presentación.....	8
Dinámica de la germinación y desarrollo plantular en <i>Plantago australis</i> Lam. ssp. <i>oreades</i> (Decne) Rahn	
Héctor Orlando Lancheros.....	11
Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la producción de biomasa en <i>Plantago australis</i> Lam. ssp. <i>oreades</i> (Decne) Rahn	
Héctor Orlando Lancheros / Hernán Cardozo.....	23
Estudio etnobotánico del manejo, uso y comercialización de plantas arvenses comestibles en las plazas de mercado de Bogotá, D.C. Colombia	
Nathalia Molina.....	37
Extracción de taninos de frutos del mortiño, <i>Hesperomeles goudotiana</i> Decne Killip. Rosaceae, Para ser utilizado en la formulación de un jabón con propiedades astringentes	
María Eugenia Torres.....	53
Planes locales de arborización urbana: estructura y distribución del arbolado de la localidad de Chapinero	
Manuel José Amaya Arias.....	67
Producción de estructuras reproductivas de <i>Ulex europaeus</i> y <i>Teline monspessulana</i> en tres tipos de vegetación en el Cerro de Monserrate, Bogotá, D.C. – Colombia	
Héctor Felipe Ríos A.....	93
Contribución al estudio de la distribución vertical de epifitas vasculares en un relicto boscoso de Junín, Cundinamarca. Colombia.	
Carlos A. Rodríguez Beltrán.....	121
Hongos liquenizados como bioindicadores: macrozonas de isocontaminación atmosférica de Bogotá, D.C. (Cundinamarca, Colombia)	
Wilmer González Aldana.....	137
Hongos fitopatógenos de cuatro especies arbóreas en el contexto urbano	
Raúl Manuel Posada.....	155
Los ecosistemas de manglar en Colombia: situación actual y perspectivas	
Ricardo Álvarez León.....	169
Estudio corológico y fenológico de ocho especies del bosque andino con fines de restauración ecológica	
Yesid Lozano Ramírez / Leonardo Molina Portuguese / Jairo Silva Herrera / Claudia Alexandra Pinzón.....	187
Requerimientos de edición para la publicación de artículos en la revista.....	211

PRESENTACIÓN

Apreciado lector:

Me complace mucho tener el gusto de presentar el ejemplar número 17 de la revista científica del Jardín Botánico *Pérez Arbelaez*. Con este hemos logrado dar continuidad a la publicación y cumplir los requisitos para su indexación, posición que vincula las investigaciones aquí presentadas al saber de la comunidad científica internacional. Esperamos sea un logro a partir de este número, en el cual podremos apreciar cómo cada vez con mayor claridad se perfila la especialización de las investigaciones adelantadas en el Jardín por un selecto grupo de científicos, así como por parte de las entidades afines sobre los ecosistemas tropicales de alta montaña.

Por tal motivo encontrarán en este ejemplar los resultados de investigaciones que aportan al conocimiento de nuestros ecosistemas y sus componentes como: Dinámica de la germinación y desarrollo plantular en *Plantago australis* Lam. ssp. *oreades* (Decne) Rahn; Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la producción de biomasa en *Plantago australis* Lam. ssp. *oreades* (Decne) Rahn; Estudio etnobotánico del manejo, uso y comercialización de plantas arvenses comestibles en las plazas de mercado de Bogotá, D.C., Colombia; Extracción de taninos de frutos del mortiño (*Hesperomeles goudotiana* Decne Killip. Rosaceae) para ser utilizados en la formulación de un jabón con propiedades astringentes.

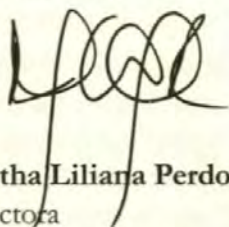
También encontrarán los artículos: Planes locales de arborización urbana: estructura y distribución del arbolado de la localidad de chapinero; Producción de estructuras reproductivas de *Ulex europaeus* y *Teline monspessulana* en tres tipos de vegetación en el Cerro de Monserrate, Bogotá D.C., Colombia; Contribución al estudio de la distribución vertical de epifitas vasculares en un relicto boscoso de Junín, Cundinamarca, Colombia; Hongos liquenizados como bioindicadores: macrozonas de isocontaminación atmosférica de Bogotá,

D.C., Cundinamarca, Colombia; Hongos fitopatógenos de especies arbóreas;
Los ecosistemas de manglar en Colombia: situación actual y perspectivas;
Estudio corológico y fenológico de ocho especies del bosque andino con fines
de restauración ecológica.

Sea esta la oportunidad para despedirme, pues a partir del próximo año estaré
prestando mis servicios al Distrito y a la comunidad a través de la dirección de la
recién creada Secretaría Ambiental, desde donde seguiré velando por el futuro
del Jardín, entidad en la cual, gracias a un equipo humano comprometido, pude
avanzar en la concreción de muchos de sus objetivos y proyectos.

Espero que el conocimiento aquí publicado sea de gran utilidad para la
conservación, conocimiento y adecuado manejo de nuestros ecosistemas.

Cordialmente,



Martha Liliara Perdomo Ramírez

Directora

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la producción de biomasa en *Plantago australis* Lam. ssp. *oreades* (Decne) Rahn

Por

HÉCTOR ORLANDO LANCHEROS¹

HERNÁN CARDOZO²

Recibido: 27 de abril de 2006 / Aceptado: 16 de octubre de 2006

Resumen

Existe un déficit en el conocimiento del potencial de uso y manejo de la flora de la región andina, a partir de lo cual se plantea la necesidad de realizar estudios de las historias de vida de especies vegetales potencialmente útiles y su repuesta a diversos factores medioambientales. De acuerdo con esto, se lleva a cabo un ensayo en campo con el fin de analizar el efecto de la concentración de nitrógeno y fósforo en el suelo sobre la producción de biomasa de los componentes, vegetativo y reproductivo, de *Plantago australis* ssp. *oreades* (especie que presenta amplio espectro de uso potencial, principalmente en lo que se refiere a propiedades medicinales), lo cual constituye un aporte al conocimiento de la respuesta de esta especie en condiciones de cultivo.

El ensayo se basa en un experimento factorial, con cuatro niveles de fósforo y cinco de nitrógeno. El valor más alto de biomasa vegetativa se produjo con la aplicación de 38 mg/kg de fósforo y 152 mg/kg de nitrógeno; para biomasa reproductiva se obtuvo con 38 mg/kg de fósforo y 107 mg/kg de nitrógeno.

Palabras clave

Plantago australis Lam., nutrición mineral, nitrógeno, fósforo, producción de biomasa, clorofila.

1. Biólogo. Subdirección Científica. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá. Colombia. hlancheros@jbb.gov.co

2. Botánico MSc en nutrición de plantas y MSc en Ecología. Subdirección Científica. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá. Colombia. hcardozo@jbb.gov.co



Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on the biomass production of *Plantago australis* Lam. ssp. *oreades* (Decne) Rahn

Abstract

There's a deficit in the knowledge of the potential of use and managing of the flora of the Andean region. From this materializes the need to make studies of the plant's life histories of potentially useful species and their responses to diverse environmental factors. Due to this, a field experiment was carried out in order to analyze the effect of the concentration of nitrogen and phosphorus in the soil on the production of biomass of them components, vegetative and reproductive, of *Plantago australis* ssp. *oreades* (species that presents a wide spectrum of potential use, principally in what it recounts to medicinal properties). This constitutes a contribution to the knowledge of the response of this species in culture conditions.

The essay is based on a factorial experiment, with four levels of phosphorus and five of nitrogen. The highest value of vegetative biomass was produced with the application of 38 mg/kg of phosphorus and 152 mg/kg of nitrogen; for reproductive biomass it was obtained with 38 mg/kg of phosphorus and 107 mg/kg of nitrogen.

Key words

Plantago australis Lam., mineral nutrition, nitrogen, phosphorous, biomass production, chlorophyll.

INTRODUCCIÓN

En la región andina existe una gran diversidad de especies vegetales con potencial para uso sostenible, destacándose las que presentan propiedades medicinales. El grado de conocimiento de las especies nativas es aún escaso en cuanto a sus historias de vida y aspectos fisiológicos.

En las últimas décadas ha cobrado gran importancia el estudio de la historia de vida de las especies vegetales y dentro de esta son destacables los estudios que sobre las especies del género *Plantago* se han realizado; algunas de estas han sido ampliamente estudiadas desde los puntos de vista de la ecología (Hawrton

& Cavers, 1978; Hawrton, 1974; Madox & Antonovics, 1983; Primack, 1979; Teramura, Antonovics & Strain, 1981), la fisiología (Poot et al, 1997; Schmidt & Fühner, 1998) y el cultivo para usos comerciales (Gupta, 1982; Patel, Patel & Sadaria, 1996; Sign, Sharma & Kumar, 1996), en Europa, Asia y Norteamérica, lo cual está escasamente representado en Sudamérica.

Existen en la bibliografía muchas referencias acerca del uso de estas especies, ya sean sus semillas o sus hojas para el tratamiento de diversas enfermedades, en la medicina popular, así como sus aplicaciones industriales. *Plantago ovata* es utilizado por la industria farmacéutica para la fabricación de medicamentos (Ansari & Ali, 1997). De acuerdo con Gupta (1982) en India se cultiva extensivamente *P. ovata*, con una cosecha de corta duración (119-130 días), desarrollándose en suelos con pH de 7.2 a 8.5. En Europa, *P. major*, *P. lanceolata* y *P. Media* han sido usadas como plantas medicinales desde la edad media; en América la gente utiliza las especies locales semejantes a estas probablemente como parte de esta tradición y, al parecer, *P. guilleminiana* y *P. myosurus* son utilizados como febrífugos y astringentes; además, en Argentina *P. paralias* es vendida en los mercados con la misma finalidad (Rahn, 1966). *Plantago australis* y otras especies nativas encontradas en los Andes de Colombia (*P. tenuipala*, *P. sericea*, *P. linearis*) tienen potencial para uso sostenible al igual que las especies originarias del Viejo Mundo, además, por el tipo de hábitats en que se encuentran, estas especies podrían ser utilizadas en trabajos de restauración de áreas alteradas como cobertura viva del suelo.

A partir de lo anterior se plantea la necesidad de estudios encaminados a un mejor conocimiento de las especies nativas de *Plantago*; como parte inicial es necesario conocer sus historias de vida y su respuesta a las condiciones del ambiente, así como la distribución y el estado en que se encuentran sus poblaciones. Es así como, dentro del programa de conservación de la flora andina del Jardín Botánico José Celestino Mutis, subprograma de conservación *In Situ* (Rivera, 2001) se realizó un estudio cuyo objetivo fue analizar la respuesta de *Plantago australis* ssp. *oreades* a cambios en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, teniendo en cuenta la variación en producción de biomasa de las diferentes partes de la planta, así como su relación con la producción de clorofila (Lancheros, 2001). El presente trabajo presenta los resultados de producción de biomasa de las estructuras vegetativas y reproductivas de la planta, así como de biomasa total al alcanzar la etapa de producción de semillas.



Figura 1. Individuo adulto de *P. australis* ssp. *oreades*.

Características generales de la especie

Plantago australis Lam es una especie perenne, presenta raíces fibrosas; pelos en el escapo dirigidos hacia arriba; flores menos densamente agrupadas en la parte baja de la espiga; lado interno de la semilla plano (Rahn, 1974). En Colombia esta especie se encuentra representada por al menos tres subespecies: ssp. *birtella*, ssp. *oreades* y ssp. *sodiroana*, las cuales se diferencian entre sí principalmente por la forma de la hoja, el margen y el tipo de indumento.

P. australis Lam. ssp. *oreades* (Decne) Rahn se caracteriza por presentar hojas glabras, pecíolo ancho; brácteas ovadas; ovario con 2 o 3 óvulos, cápsula con 1-3 semillas. Esta subespecie se

distribuye entre 2600-4000 msnm, pero principalmente sobre los 3400 msnm (Rahn, 1974). Es común en el subpáramo húmedo y vegetación de pastos en el páramo. En la cordillera Oriental de Colombia esta subespecie se encuentra con baja cobertura en diferentes comunidades azonales de páramo húmedo: ejemplo, turberas de *Lupinus alopecuroides*-*Mimulus glabratus* en pequeños valles de subpáramo, pantanos espesos de *Blechnum loxense*-*Espeletia* diversas especies de subpáramo, pastizales fangosos de *Calamagrostis ligulata*, también en sucesiones hidroserales de lagos, arbustos húmedos de *Hypericum laricifolium* ssp. *laricoides* y frailejonales en suelos de valles glaciales pantanosos (Cleef, cit. en Hooghiemstra, 1983). Se desarrolla en condiciones mesotróficas o eutróficas, por lo cual el pH en la zona radical varía de 4.5 a 7.5 (Cleef, 1981).

Características y asimilación de los nutrientes analizados

Nitrógeno: La disponibilidad de este elemento es fundamental para las plantas; se absorbe directamente por la raíz como ion nitrato y amonio o mediante fijación por simbiosis en algunas especies. Se utiliza para la síntesis de proteínas



y de otros compuestos orgánicos vegetales, entre los cuales se encuentran moléculas importantes como las purinas, las pirimidinas, las porfirinas, las coenzimas y algunos reguladores de crecimiento (Fassbender, 1982). El nitrato (NO_3^-) constituye la principal forma de absorción de nitrógeno por las plantas, este es reducido a amonio (NH_4^+) y seguidamente incorporado en esqueletos carbonados para la síntesis de aminoácidos. El amonio es un compuesto tóxico para la mayoría de las plantas, por esta razón no se transporta ni almacena como tal, haciéndolo bajo la forma de grupo amino de ciertos compuestos orgánicos nitrogenados. El NO_3^- absorbido por la raíz es en parte asimilado en esta y el resto viaja vía xilema a las hojas, donde por lo general es reducida la mayor parte; en cambio la totalidad de NH_4^+ es asimilado directamente en la raíz. Cuando hay un exceso de NO_3^- , puede ser almacenado en las vacuolas (Maldonado, 1993).

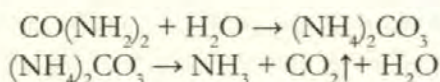
Fósforo: Funcionalmente se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, los fosfolípidos, las coenzimas NAD y NADP y como componente del ATP. Después del nitrógeno, el fósforo es el elemento que con mayor frecuencia resulta limitante en los suelos, se presenta casi exclusivamente como ortofosfato; todos los compuestos se derivan del ácido fosfórico H_3PO_4 (Fassbender, 1982). Entre los fosfatos inorgánicos se diferencian las formas químicamente bien definidas y cristalizadas, no bien cristalizadas o amorfas, fosfatos adsorbidos y los presentes en la solución del suelo. Las dos formas de fósforo en el suelo que la planta puede aprovechar directamente son: el fósforo en solución y en fase sólida en estado intercambiable (Malavolta et al, 1967). El fósforo se absorbe principalmente como anión fosfato (H_2PO_4^-) y con menor rapidez como anión bivalente (HPO_4^{2-}). El pH del suelo regula la proporción de estas dos formas: el H_2PO_4^- es favorecido a un pH menor de 7 y el HPO_4^{2-} lo es por encima de este valor (Salisbury & Ross, 1992).

En contraste con el nitrógeno, el fósforo no es reducido en las plantas, permanece como fosfato, ya sea libre o unido a formas orgánicas como ésteres. Con frecuencia las plantas con deficiencia de fósforo presentan madurez retardada, en comparación con las que lo contienen en abundancia. En muchas especies la interacción entre el fósforo y el nitrógeno afecta la madurez, de modo que la abundancia del primero la acelera y el exceso del segundo la retarda (Salisbury & Ross, 1992).

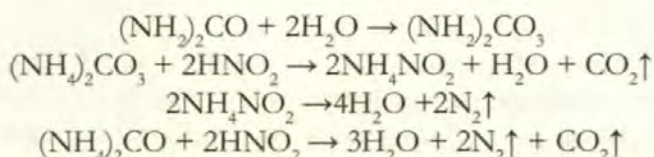


Características de los fertilizantes utilizados

Transformaciones de la urea en el suelo: La urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 45 por ciento de nitrógeno, hidroliza formando carbonato de amonio, el cual es inestable y se descompone en NH_3 y CO_2 como indican las siguientes reacciones:



El NH_3^- o NH_4^+ liberado es adsorbido por el complejo coloidal o nitrificado a NO_3^- ; pueden originarse reacciones que causen pérdidas de nitrógeno (denitrificación) como se indica a continuación:



Transformación del superfosfato triple en el suelo: El superfosfato triple es uno de los fertilizantes de mayor producción y consumo mundial: se fabrica acidulando rocas fosfatadas con ácido fosfórico para obtener fosfato monocalcico. Al ser aplicado en el suelo se presenta un transporte de vapor de agua en los gránulos, seguido por disolución y resulta una solución saturada de H_2PO_4^- en la zona del fertilizante.

METODOLOGÍA

Sitio de trabajo

El trabajo se desarrolló en predios de la finca «La Playa» ubicada a 2800 msnm en la vereda Las Ánimas Altas, corregimiento de Nazaret, perteneciente a la localidad de Sumapaz en el Distrito Capital (Figura 2, izquierda). El sitio presenta una vegetación de bosque nativo con matorrales, pastos y cultivos transitorios, con forma general de montañas y laderas (Figura 2, centro). Sus coordenadas son 4°09'04" N / 74°10'05" W.

En el área las poblaciones de esta subespecie se desarrollan entre los límites del bosque con las áreas utilizadas para cultivos y ganado, por lo cual se escogió para analizar el efecto de la variación del contenido de nutrientes manteniendo unas condiciones similares a las naturales.

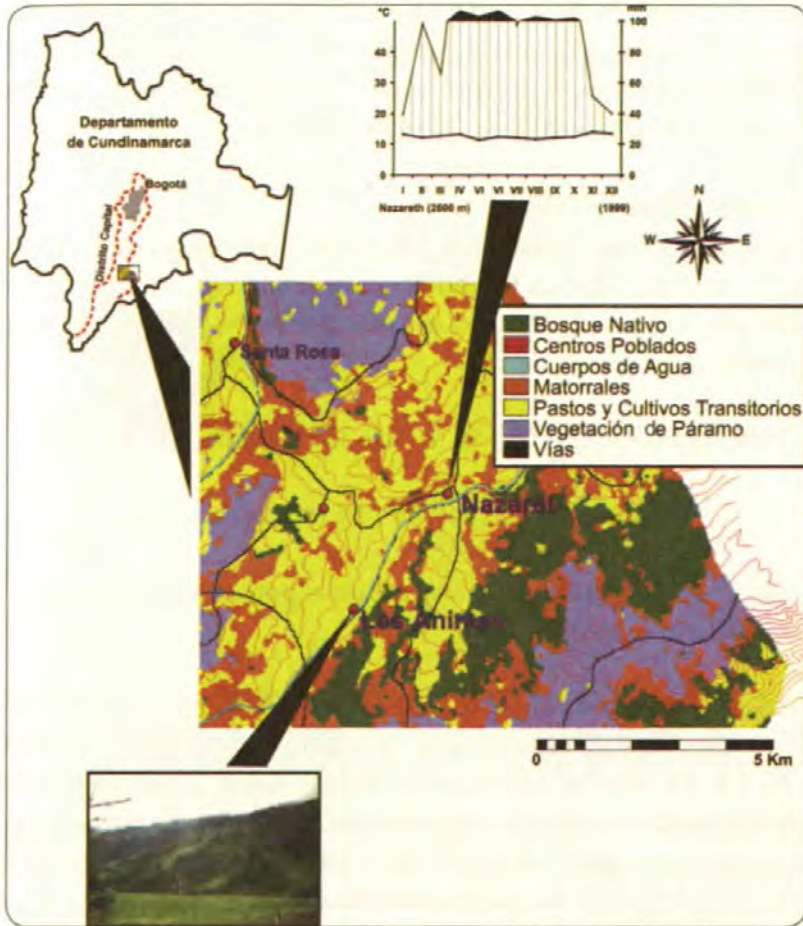


Figura 2. Localización y características generales del sitio de trabajo; tipo de cobertura (subescena de LANDSAT, 1997), climadiagrama (datos de la estación Nazareth de 1999); vista general del área.

El clima del sitio se caracteriza por un exceso de precipitación durante la mayor parte del año, sin que se presente déficit hídrico en ninguno de los meses, aunque esto puede variar entre los diferentes años, presentándose la precipitación más baja durante los meses de diciembre y enero (Figura 2).

Obtención de plántulas

El material vegetal se obtuvo a partir de semillas provenientes de material colectado en el corregimiento de San Juan en la localidad de Sumapaz. La germinación se obtuvo en caja de petri, utilizando como sustrato papel filtro



Whatman No 1, bajo un fotoperiodo natural. Una vez obtenidas, las plántulas se transplantaron a cajas plásticas con sustrato de suelo esterilizado. Esta fase del experimento se realizó en el laboratorio de fisiología vegetal de la subdirección científica del Jardín Botánico José Celestino Mutis.

Tratamientos seleccionados

Se trabajó un experimento bifactorial, utilizando cinco niveles de concentración de nitrógeno en forma de urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ y cuatro de fósforo como superfosfato triple (46 por ciento de P_2O_5). La aplicación se hizo en las siguientes concentraciones:

Nitrógeno ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$): 0, 76, 107, 152 y 214 mg/kg de suelo.

Fósforo (P_2O_5): 0, 19, 38 y 76 mg/kg de suelo.

Para el cálculo de la cantidad se tuvo en cuenta el porcentaje de cada compuesto en su presentación comercial.

En total fueron 20 tratamientos (5 de N x 4 de P). Como sustrato se utilizó suelo nativo previamente caracterizado en cuanto a composición química, con un pH de 5.2. La siembra se realizó utilizando bolsas plásticas de 13 cm de diámetro de abertura, utilizando en promedio 1.5 kg de suelo por individuo. La siembra en campo se realizó entre los días 7 y 8 de abril de 1999; en la Figura 3 se muestra la distribución de los tratamientos en el terreno.

Toma de datos

Seis meses después de la siembra se tomaron cuatro plantas por tratamiento, extrayéndolas cuidadosamente de las bolsas y limpiando las raíces por inmersión en agua; luego fueron transportadas en bolsas plásticas al laboratorio. Cada individuo se dividió en los componentes vegetativos aéreos, subterráneos y reproductivos (Figura 4). El material se secó a 80°C por 24 horas y se midió el peso seco de cada parte.

Análisis de los datos

Los efectos de los tratamientos sobre las diferentes variables fueron probados utilizando el análisis de varianza bifactorial (Montgomery, 1991) con efectos fijos. Se trabajó con las hipótesis nulas (H_0) de no variación entre las medias

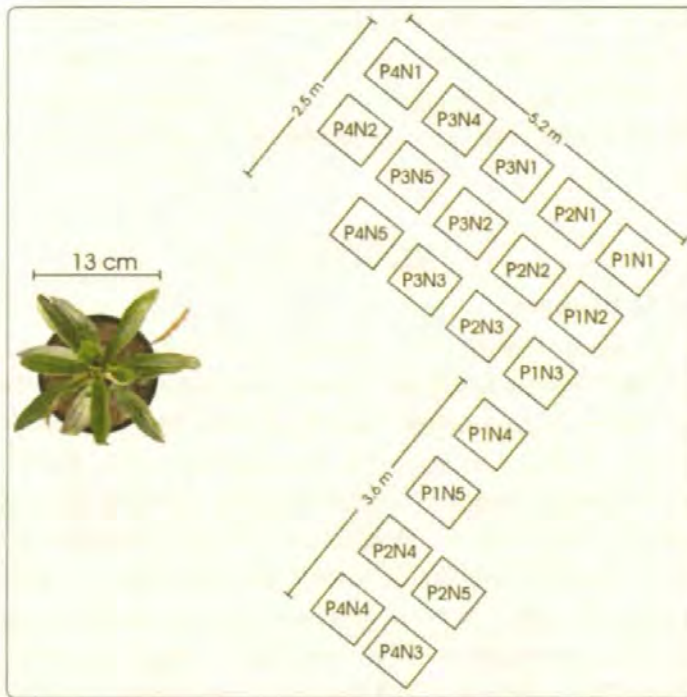


Figura 3. Izquierda: planta sembrada en bolsa. Derecha: distribución de los tratamientos; los niveles de nitrógeno se indican como N_1 a N_5 , y los de fósforo como P_1 a P_4 .

Órganos vegetativos		Órganos reproductivos (escapo, botones florales, flores, frutos)
Subterráneo (raíz)	Aéreo (hojas, tallo)	
		

Figura 4. División de la planta en sus componentes vegetativo y reproductivo.



de los efectos de cada y factor y no diferencia entre las medias de los efectos de la interacción de los factores y las hipótesis alternativas (H_1) de diferencia en al menos el efecto de un nivel de cada factor y diferencia en al menos una combinación de los dos factores. Se utilizó la estadística F con una región crítica $\alpha = 0.10$.

RESULTADOS

Producción de biomasa

Se observó un efecto significativo ($\alpha < 0.10$) del fósforo, el nitrógeno y de su interacción sobre la producción de biomasa vegetativa aérea, sobre biomasa subterránea y sobre el total de biomasa vegetativa, presentándose en las tres variables un efecto más significativo de la concentración de fósforo. En biomasa reproductiva y biomasa total solo fue significativo el efecto del fósforo y de la interacción de los dos elementos. Para las tres primeras variables se rechaza H_0 con respecto al efecto de los dos factores y su interacción, es decir, al menos uno de los niveles de cada factor y de la interacción de estos presenta diferencia con los demás; mientras que para las variables biomasa vegetativa y biomasa total se rechaza H_0 para el efecto del fósforo y para el efecto de la interacción fósforo-nitrógeno y no se rechaza H_0 para el efecto del nitrógeno.

Variable	Fósforo		Nitrógeno		Interacción PxN		R2
	F	Signif.	F	Signif.	F	Signif.	
Subterránea	3.725	0.016**	2.579	0.046**	1.699	0.089*	0.945
Vegetativa aérea	4.326	0.008***	3.456	0.013**	2.195	0.023**	0.971
Vegetativa total	7.140	0.000***	5.174	0.001***	3.319	0.001***	0.977
Reproductiva	2.647	0.065*	1.856	0.141	2.143	0.040**	0.891
Biomasa	6.517	0.001***	0.953	0.446	3.160	0.004***	0.959

* = $\alpha < 0.10$, ** = $\alpha < 0.05$, *** = $\alpha < 0.01$

Tabla 1. Resultados del análisis de varianza para las variables biomasa vegetativa aérea, biomasa subterránea y biomasa reproductiva.



En la Figura 5 se observan las superficies de respuesta de las variables biomasa reproductiva y biomasa vegetativa en función de la concentración de nitrógeno y fósforo. Los valores más altos se presentaron con una aplicación de fósforo de 38 mg/kg, con 107 mg/kg de nitrógeno para biomasa reproductiva y 152 mg/kg para biomasa vegetativa.

La biomasa subterránea y la vegetativa aérea (Figura 6) presentan un patrón de repuesta muy similar, con el promedio más alto con 38 mg/kg de fósforo y 152 mg/kg de nitrógeno.

Los valores más altos de biomasa total se presentan con la combinación de 38 mg/kg de fósforo y 107-152 mg/kg de nitrógeno.

La superficie de respuesta de biomasa total (Figura 7) no refleja la respuesta de cada parte de la planta, presentando un efecto combinado de los efectos de los tratamientos sobre las estructuras vegetativas y las reproductivas.

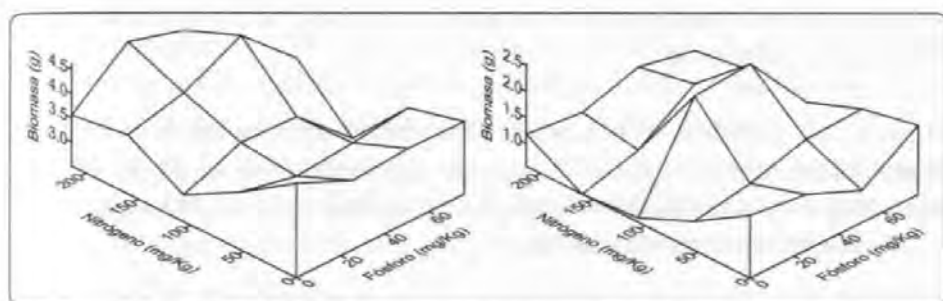


Figura 5. Biomasa vegetativa (izquierda) y reproductiva (derecha) en función de los niveles de nitrógeno y fósforo aplicados.

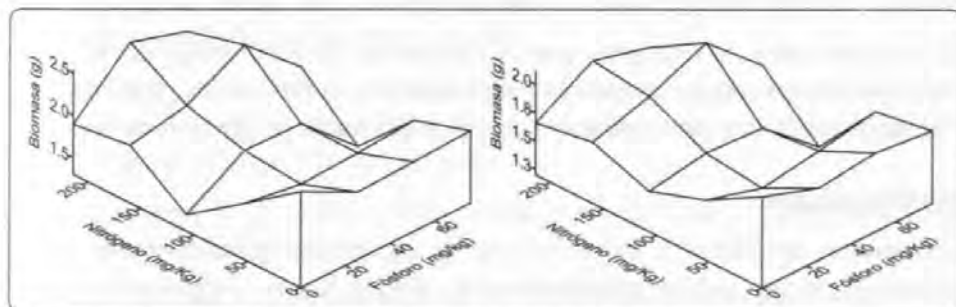


Figura 6. Biomasa subterránea (izquierda) y vegetativa aérea (derecha) en función de los niveles de nitrógeno y fósforo aplicados.

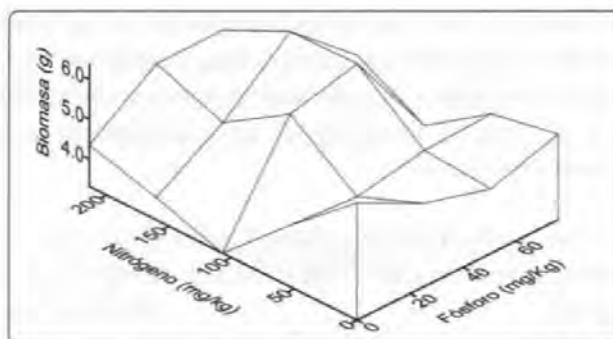


Figura 7. Biomasa total en función de los niveles de nitrógeno y fósforo aplicados.

CONCLUSIONES

La concentración de nutrientes dentro de los rangos estudiados tiene un efecto significativo sobre la producción de biomasa, siendo más contrastante el efecto del fósforo, ya que la aplicación de nitrógeno no fue significativa sobre la producción de biomasa reproductiva, aunque sí lo fue el efecto de la interacción entre los dos elementos.

El patrón de respuesta de la biomasa reproductiva en función de la cantidad de nutrientes aplicados (N y P) presenta diferencias con el de la biomasa vegetativa, lo cual puede deberse a la distribución diferencial de los elementos en las diferentes partes de la planta.

El mayor promedio de producción de biomasa para las variables analizadas se produjo con el nivel 3 de fósforo, que corresponde a una aplicación de 32 mg/kg de suelo seco.

La concentración de nitrógeno parece determinar la distribución de biomasa entre los componentes vegetativos y reproductivos del individuo, presentando promedios más altos con aplicación de 107 y 214 mg/kg respectivamente.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los que de alguna forma colaboraron en el desarrollo de este trabajo; principalmente a David Rivera Ospina por todo el apoyo prestado como subdirector científico, a Iván Ortiz y su familia, en cuyo predio se desarrolló la fase de campo y a los revisores del escrito final.

Bibliografía

- Ansari, S. H. & Ali, M. 1997. *Chemical, pharmacological and clinical evaluation of Plantago ovata* Forsk. Hamdard Medicus, 39(2): 58-63.
- Cleef, A. M. 1981. *The Vegetation of the Paramos of the Colombian Cordillera Oriental*. J. Cramer, Vaduz.
- Fassbender, H. W. 1982. *Química de Suelos*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica.
- Gupta, R. 1982 *Recent advances in cultivation of isabgol (Plantago ovata) in India*. In C. K. Atal & B. M. Kapur (de). *Cultivation and utilization of medicinal plants*. Regional Research Lab, Jomma-Tani, India.
- Hawrton, W. R. & Cavers, P. 1978. *Resource allocation in young plants of two perennial species of Plantago*. Canada Journal of Botany, 56(20): 2533-2537.
- Hawrton, W. R. 1974. *The Biology of Canadian Weeds*. 4. *Plantago major* and *P. rugelii*. Canadian Journal of Plant Science, 54: 383-393.
- Hooghiemstra, H. 1983. *Pollen morphology of the Plantago species of the Colombian Andes and its application to fossil material*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 15 (58): 41-65.
- Lancheros, H. O. 2001. *Efecto de la concentración de nitrógeno y fósforo en el crecimiento y desarrollo de Plantago australis Lam. ssp. oreades (Decne) Rahn*. Trabajo de grado para optar el título de biólogo. Universidad Nacional de Colombia.
- Madox, G. & Antonovics, J. 1983. *Experimental ecological genetics in Plantago: A structural equation approach to fitness components in P. aristata and P. patagonica*. Ecology, 64(5): 1092-1099.
- Malavolta, E. et al. 1967. *Nutrição mineral de algumas culturas tropicais*. Livraria Pionera Editôra. Sao Paulo, Brasil.
- Maldonado, J. M. 1993. *Asimilación del nitrógeno y del azufre*. En Azcon-Bieto, J. y Talon, M. eds. *Fisiología y bioquímica vegetal*. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid, España.
- Montgomery, D. C. 1991. *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D. F.
- Patel, B. S., Patel, J. C. & Sadaria, S. G. 1996. *Response of blond psyllium (Plantago ovata) to irrigation, nitrogen and phosphorus*. Journal of Agronomy, 41 (2): 311-314.



- Poot, P., Van Der Broek, T., Van Damme, J. M. & Lambers, H. 1997. *A comparison of the vegetative growth of male-sterile and hermaphroditic lines of Plantago lanceolata in relation to N supply*. New Phytologist, 135: 429-437.
- Primack, R. B. 1979. *Reproductive effort in annual and perennial species of Plantago (Plantaginaceae)*. The American Naturalist, 114 (1): 51-62.
- Rahn, K. 1974. *Plantago section Virginica*. Dansk Botanisk Arkiv, 30 (2): 1-180.
- Rivera, D. 2001. *La investigación en el Jardín Botánico de Bogotá: periodo 1998-2000*. Pérez-Arbelaezia 5(12): 7-35
- Salisbury, F. B. & Ross, C. W. 1992. *Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D. F.
- Schmidt, W. & Fühner, C. 1998. *Sensitivity to and requirement for iron in Plantago species*. New Phytologist, 138: 639-651.
- Sign, H., Sharma, O. L. & Kumar, R. 1996. *Economics nitrogen and phosphorus fertilization in isabgol (Plantago ovata Forsk)*. Crop Research 11 (299) 246-247.
- Steubing, L. & Fangmeier, A. 1992. *Pflanzen – Ökologisches Prakticum*. Eugen Umer GmbH & Co. Stuttgart.
- Teramura, A., Antonovics, J. & Strain, B. 1981. *Experimental ecological genetics in Plantago IV*. Effects of temperature on growth rates and reproduction in three populations of *Plantago lanceolata* L. (Plantaginaceae). American Journal of Botany, 68(3): 425-434.