

PEREZ - ARBELAEZIA

Vol. 5 No. 11 abril 2000

ISSN 0120-7717



Jardín Botánico de Bogotá
José Celestino Mutis

Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia



Junta Directiva del Jardín Botánico de Bogotá
José Celestino Mutis

Manuel Felipe Olivera Ángel

Cristian Samper Kutsshbach

Alberto Gómez Mejía

Enrique Forero González

Lázaro Rafael Mejía Arango

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.

Los editores se reservan el derecho de aceptar o rechazar los trabajos presentados a su consideración.

Carátula:

Palma de cera *Ceroxylon quindiuense* (Karst) Wendl, Árbol Nacional de Colombia,
una de las especies amenazadas

PEREZ - ARBELAEZIA

Jardín Botánico de Bogotá

José Celestino Mutis

Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia

Publicación del Jardín Botánico de Bogotá
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 tomada 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, designando al género con el nombre de Mutisia.

Es una planta trepadora con zarcillos, hojas tomentosas en tonalidades verde grisáceo y flores pendulares, que con su color rojo vivo atraen insectos y colibríes; esta especie se encuentra amenazada en los cerros de Bogotá.

PEREZ - ARBELAEZIA

Vol. 5 No. 11 abril 2000

ISSN 0120-7717

Alcalde Mayor de Santa Fe de Bogotá

Enrique Peñalosa Londoño

Directora General

Jardín Botánico de Bogotá

José Celestino Mutis

María Consuelo Araújo Castro

Secretaría General

Margarita Hernández Valderrama

Subdirectora Educativa y Cultural

María Margarita Gaitán Uribe

Subdirector Científico

David Rivera Ospina

Subdirector de Conservación

Francisco Sánchez Hurtado

Editor

David Rivera Ospina

Comité Editorial

María Consuelo Araújo Castro

María Margarita Gaitán Uribe

Francisco Sánchez Hurtado

Marta Losada Piamonte

Jesús Idrobo

Hernán Cardozo

Guadalupe Caicedo

Orlando Vargas

Juan Ricardo Olmos

Jardín Botánico de Bogotá

José Celestino Mutis

Av. (Cil.) 57 No. 61-13

E-mail: bogotanico@jbb.gov.co

www.jbb.gov.co

Tel. 4377060 Fax: 6305075

Producción

Jardín Botánico:

Marta Losada Piamonte

Coordinadora Editorial

Comunicación Ambiental:

Patricia Jaramillo Martínez

María Angélica Rojas Ríos

• **Ilustraciones**

Nicolás Lozano Galarza

• **Corrección de estilo**

Juan Carlos Gómez Amaya

• **Diseño y diagramación**

Nicolás Lozano Galarza

• **Preprensa Digital**

Digital Gráfica Ltda.

Impresión

• **Procesos Gráficos**

ISSN No. 0120-7717

«Los artículos que aparecen en esta edición se publican bajo la responsabilidad de sus autores y no reflejan necesariamente el pensamiento del Jardín Botánico de Santa Fe de Bogotá.»

CONTENIDO

Presentación

- 9 **Introducción**
Flora amenazada

Módulo I. Conceptualización y Problemática

- 13 **Explicación del fenómeno de la pérdida de diversidad, específicamente la extinción de plantas**
CRISTIAN SAMPER
- 20 **Amenazas sobre la flora, la vegetación y los ecosistemas de Colombia**
ORLANDO RANGEL
- 29 **Aporte de la sistemática en la identificación de especies amenazadas**
GONZALO ANDRADE
- 38 **Estrategia para la conservación de plantas amenazadas en el Distrito Capital y su área de influencia**
DAVID RIVERA & RICARDO OLMOS

Módulo II. Estudios de Caso: criptógamas, palmas y orquídeas

- 49 **La flora amenazada: criptógamas**
JAIME AGUIRRE, M. PULIDO, L. G. HENAO-M,
D.L. RESTREPO-M, M. MURILLO, J. MURILLO,
E. LINARES & S. CHURCHIL
- 70 **Estado de conservación de las palmas de Colombia**
GLORIA GALEANO
- 73 **Las orquídeas de Colombia**
PEDRO ORTIZ

Módulo III. Poblaciones

- 79 **Uso de modelos demográficos en el manejo de especies amenazadas**
JORGE AHUMADA

Módulo IV. Legislación

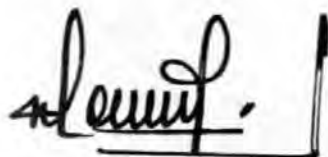
- 89 **Estado de la legislación en materia de flora silvestre**
HERNANDO ZAMBRANO
- 101 **Noticias de la red**
- 106 **Instrucciones a los colaboradores**

PRESENTACIÓN

Hemos realizado una edición especial de la Revista Pérez Arbelaez dedicada a la Flora Amenazada, con motivo del Encuentro Nacional llevado a cabo entre el 18 y 19 de Noviembre de 1998 con la participación del Instituto Alexander von Humboldt, el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, la Red de Jardines Botánicos y el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mútis.

En esta revista se recogen algunos de los principales aportes académicos, estudios de caso y avances en legislación sobre el tema.

Agradecemos a todas las organizaciones que contribuyeron con sus experiencias de trabajo para la conservación de especies amenazadas de extinción. De igual manera a las universidades, a las 47 instituciones del nivel nacional y a las organizaciones no gubernamentales que asistieron al evento.

A stylized, handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Consuelo Araujo Castro'.

María Consuelo Araújo Castro

FLORA AMENAZADA

La realización del primer encuentro sobre FLORA AMENAZADA en nuestro país marca un hito importante, que da comienzo al proceso de un estudio serio y detallado de esta situación, para llegar a la elaboración de un instrumento válido de información y conservación sobre los peligros que amenazan la Flora Colombiana.

Constituye el primer paso hacia una mejor comprensión del estado en que se encuentra la conservación de las plantas vasculares y no vasculares en Colombia, con el fin de trazar las futuras políticas y líneas de investigación en la conservación de plantas y en general de la biodiversidad, y de medir el impacto ecológico en la introducción de especies, los efectos de la alteración del clima, la distribución geográfica, la reproducción de las especies en estos grupos y, sobre todo, para evaluar el costo social y humano de la pérdida de diversidad por extinción de especies.

Además de conocer los factores de riesgo de extinción o vulnerabilidad sobre nuestra flora, el propósito es —con la información básica— construir y publicar listas preliminares actualizadas de la flora amenazada, generar instrumentos de conservación y normatividad para evaluar el progreso alcanzado en esta materia, y que sea la fuente de información sobre las especies de plantas y los ecosistemas en los cuales viven.

Los datos documentados de fanerógamas y un grupo amplio de criptógamas (Pteridófitos, Hongos, Musgos, Hepáticas y Líquenes), sobre su estado de amenaza o riesgo de extinción en algunos grupos son el resultado del trabajo obtenido y de la información suministrada por los botánicos. Esta información es «gris», son datos tomados de diversas fuentes en todo el país, pero especialmente de los centros en donde se han concentrado tradicionalmente los estudios botánicos, y que ha sido complementada con datos de la literatura y de los especialistas.

En esta tarea impresionante de colección de información falta determinar con certeza qué porcentaje de especies de plantas se encuentra en peligro de extinción. ¿Qué porcentaje se encuentra restringido en su distribución a la región Andina? ¿Serán estas las zonas que enfrentan las mayores amenazas? El número de especies de plantas vasculares amenazadas registradas en el país, y el porcentaje de

la flora nacional que estas representan fueron expuestos en las Tablas de las diferentes ponencias.

En forma tímida se dan los primeros pasos para el estudio de la biología de poblaciones, aspecto fundamental para comprender los procesos involucrados en el fenómeno de la extinción. Ya son tantas las especies amenazadas, que prácticamente han desbordado la capacidad de los pocos biólogos dedicados a este campo. ¿Qué hacer? ¿Buscar modelos predictivos, seleccionar especies prioritarias, fortalecer la conservación *in situ* y *ex situ*?

Desde la perspectiva de ecosistemas, aún no comprendemos bien cuál es el papel que desempeñan estas especies. ¿Qué sucede si se extinguen? ¿Cuáles serían los ajustes esperados del ecosistema? De otra parte, vemos que procesos a nivel del paisaje —como la fragmentación— son nefastos para muchas especies vulnerables, y que su estudio proporcionaría las bases para diseñar áreas de conservación más efectivas.

En este cálculo inicial de la amenaza que pesa sobre las especies de plantas colombianas debemos resaltar que hay muchas regiones de Colombia de las cuales no se tiene la información necesaria, o simplemente no existe ningún tipo de ella para poder evaluar correctamente el estado de conservación de las plantas allí representadas. Sin embargo, esperamos que se produzca una primera edición de una Lista Roja de plantas extintas en Colombia y se tracen —en concordancia con el I Congreso Colombiano de Botánica en abril de 1999— políticas y tareas en estos aspectos como estímulo y reto para los botánicos y conservacionistas del país, con el fin de que contribuyan a divulgar el conocimiento sobre las plantas y las amenazas que se ciernen sobre ellas, y promuevan una acción activa para su conservación.

Jaime Aguirre Ceballos
David Rivera Ospina

USO DE MODELOS DEMOGRÁFICOS EN EL MANEJO DE ESPECIES AMENAZADAS

JORGE A. AHUMADA *

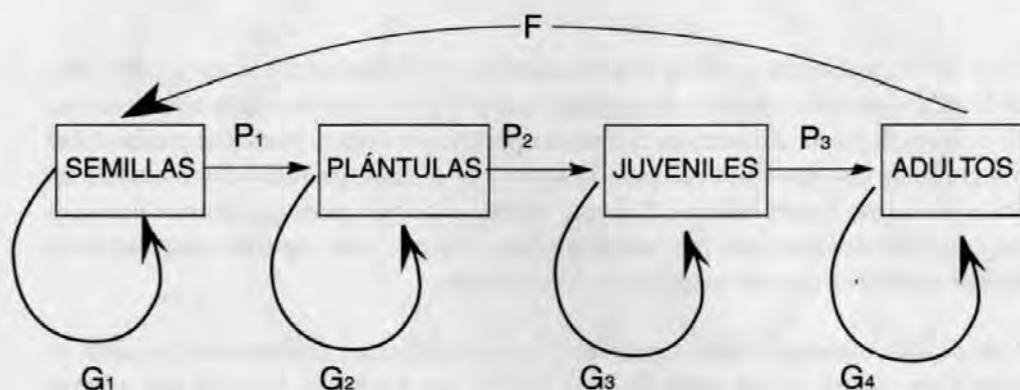
Uno de los problemas críticos de conservación de la biodiversidad en nuestro país es la identificación y manejo de especies que por alguna razón u otra se encuentran en grave peligro de desaparecer. La preocupación por estas especies se puede deber a algunas de las siguientes razones: 1) son especies ecológicamente importantes en los ecosistemas donde habitan, 2) tienen alguna importancia de tipo económico para las comunidades humanas que coexisten con ellas o, 3) son especies singularmente únicas desde el punto de vista histórico evolutivo.

Una posible estrategia para conservar y manejar especies amenazadas consiste en identificar dentro de su ciclo de vida cuáles son los pasos críticos que afectan la persistencia de la población a largo plazo y concentrar los esfuerzos de conservación en estos pasos. Esta aproximación no es novedosa en la ecología, aunque su uso se ha intensificado en los últimos años (Brault & Caswell, 1993; Crouse, *et al.*, 1987; Heppell, *et al.*, 1996; Pfister & Bradbury, 1996; Pinard, 1993; Zea & Ahumada, en preparación). Para ello, sin embargo, es importante realizar estudios demográficos siguiendo individuos de diferentes edades o estados de la población, y usar estos datos para construir modelos demográficos que arrojen recomendaciones para concentrar los esfuerzos de conservación en un determinado estado o clase. Este documento se concentrará en el uso de estos modelos para el manejo de especies y se utilizará un ejemplo para ilustrar específicamente su utilidad.

* Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

MODELOS ESTRUCTURADOS DE ESTADOS O EDADES

Debido a que diferentes partes del ciclo de vida de una especie pueden afectar de manera diferente la persistencia de una población a largo plazo es importante identificar estas partes y coleccionar los datos en el campo para simular el crecimiento de la población. La base teórica de esta aproximación fue diseñada por Leslie (1945) para modelos basados en edades y posteriormente modificada por Lefkovitch (1965) para modelos basados en estados o clases (agrupaciones o edades). La idea fundamental es comenzar con el ciclo de vida del organismo en cuestión:



En este caso tenemos el ciclo de vida de una planta hipotética con 4 estados o clases: semillas, plántulas, juveniles y adultos. Los adultos producen F semillas de las cuales solamente una proporción P_1 germinará a plántulas, una proporción P_2 pasará a juveniles y una proporción P_3 llegará a adultos. Adicionalmente, cada estado tiene una cierta probabilidad de permanecer en su misma clase (G 's). Se puede modelar demográficamente esta población a partir de un vector con el número inicial de cada clase y proyectarlo en el futuro:

$$\vec{v}_{t+1} = A\vec{v}_t$$

donde v_i es el vector con las condiciones iniciales del sistema y A es la matriz:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & F \\ P_1 & G_1 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & G_2 & 0 \\ 0 & 0 & P_3 & G_3 \end{bmatrix}$$

El valor propio dominante de esta matriz representa la tasa de crecimiento de la población por unidad de tiempo (λ). Este valor propio satisface la ecuación:

$$A\vec{v} = \lambda\vec{v}$$

donde v es el vector propio derecho asociado al valor propio dominante de la matriz. Biológicamente hablando, y para una población que está creciendo ($\lambda > 1$), el vector propio representa la distribución de edad/clase estable de la población; es decir, la abundancia relativa de cada edad/clase a largo plazo. Otro vector de interés es el de valores reproductivos de cada edad/clase. El valor reproductivo es una medida del «valor agregado» en términos de reproducción y supervivencia de un individuo como contribuyente al crecimiento de la población, y se puede expresar como:

$$v(x) = \frac{\lambda^{x-y-\max}}{l_x} \int_{y-x}^{\infty} \lambda^{-y} l_y b_y$$

donde l es la supervivencia de la clase x , y b es la fecundidad neta de cada clase. De manera conveniente el vector de valores reproductivos se puede obtener directamente de la matriz A transponiendo la matriz y hallando el vector propio asociado:

$$A^T \vec{w} = \lambda^T \vec{w}$$

donde A^T es el transpuesto de la matriz original, λ^T es el valor propio asociado a esta matriz y w es el vector de valores reproductivos.

El valor reproductivo de una clase es muy importante desde el punto de vista demográfico para una especie que está en peligro de desaparecer, pues identifica a

la clase que más aporta al crecimiento de la población. En general, sobre esta clase deberíamos concentrar nuestros mayores esfuerzos de conservación.

Dos conceptos adicionales de trascendental importancia en el manejo de poblaciones en peligro de desaparecer son la sensibilidad y la elasticidad de los parámetros demográficos. Si cambiáramos un parámetro de la matriz de Lefkovitch, manteniendo los demás parámetros constantes, ¿cómo afectaría esto la tasa de crecimiento de la población (λ)? Esto se define como la sensibilidad de λ al parámetro. En términos analíticos la sensibilidad de λ a un parámetro a_{ij} se puede calcular como:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial a_{ij}} = \frac{v_i w_j}{\langle v, w \rangle}$$

donde v_i es la proporción de la clase i en la distribución de edad estable, w_j es el valor reproductivo de la clase j y el denominador de la expresión es el producto punto de los vectores de distribución de edad estable y valor reproductivo.

Como muchas veces los parámetros de la matriz están en unidades diferentes (algunos son fecundidades y otros son probabilidades de transición), la sensibilidad no refleja de manera real la manera como cada parámetro afecta porcentualmente a λ . De Kroon, *et al.* (1986) propusieron una medida proporcional de la sensibilidad. Esto se puede expresar analíticamente como:

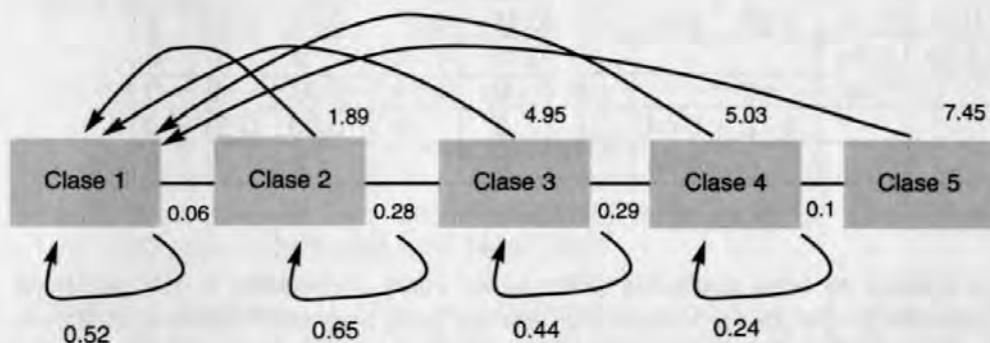
$$e_{ij} = \frac{a_{ij}}{\lambda} \frac{v_i w_j}{\langle v, w \rangle}$$

que normalmente se conoce como la elasticidad del parámetro con respecto a λ . Obviamente la suma de las elasticidades de la matriz debe dar 1.

Un conocimiento detallado de las sensibilidades y elasticidades de cada parámetro permite identificar las partes críticas del ciclo de vida y concentrar esfuerzos de conservación en estas etapas. A continuación se presenta un ejemplo para ilustrar la utilidad de esta metodología.

UN MODELO DEMOGRÁFICO DE *Espeletia barclayana*

Espeletia barclayana es una de las especies de frailejón más comunes en los páramos colombianos. Esta especie, aunque no está en peligro de extinción (?) sirve como un modelo para ilustrar la utilidad de simulaciones demográficas. Cavelier, *et al.* (1992) colectaron datos de crecimiento de *Espeletia barclayana* en el páramo de Guerrero durante un año. Los autores midieron el crecimiento de rosetas de frailejón agrupadas en cinco clases (0-30 cm, 31-60 cm, 61-90 cm, 91-120 cm, 121-150 cm de altura) y calcularon el número de semillas producidas por cada clase. Estos datos arrojan el siguiente modelo gráfico para la especie.



Este ciclo de vida corresponde a la siguiente matriz de Lefkovitch:

0.52	1.89	4.95	5.03	7.45
0.06	0.65	0	0	0
0	0.28	0.44	0	0
0	0	0.29	0.24	0
0	0	0	0.1	0

El valor propio dominante de esta matriz es $\lambda=1.12$, lo que indica que la población crecería en condiciones ideales a un 12 por ciento anual. La siguiente tabla muestra los vectores propios derecho (distribución de estable de clases) e izquierdo (valor reproductivo) asociados a esta matriz y tasa de crecimiento en particular:

Clase	DEC	VR
1	0.83	1
2	0.11	10
3	0.04	10
4	0.01	6.47
5	0	6.65

y las correspondientes matrices de sensibilidad y elasticidad:

Matriz de Sensibilidad

0.34	0.04	0.02	0.01	0
3.42	0.44			
	0.44	0.18		
		0.12	0.04	
			0.04	

Matriz de elasticidad

0.16	0.07	0.08	0.03	0
0.18	0.25	0	0	0
0	0.11	0.07	0	0
0	0	0.03	0.01	0
0	0	0	0	0

El análisis de estos resultados indica varias cosas interesantes si esta población estuviera en peligro de desaparecer. Por un lado, bajo condiciones «ideales» la población estaría dominada por individuos de la clase 1 (83 por ciento). Sin embargo, los individuos de mayor valor reproductivo corresponden a las clases 2 y 3 (31-60 y 61-90 cm). Si por alguna razón se quisiera «cosechar» esta población estos serían los individuos «intocables». Por otro lado, la matriz de sensibilidad indica que el parámetro que más afecta el crecimiento de la población es la probabilidad de transición de la clase 1 a la clase 2 (3.42). Otros parámetros de importancia son la probabilidad de permanecer en la clase 2 (0.44), la probabilidad de pasar de la clase 2 a la 3 (0.44) y la probabilidad de permanecer en la clase 1 (0.34). Los demás parámetros (fertilidades y otras probabilidades de transición) en general no aportan demasiado al crecimiento de la población. La estrategia de conservación que sugiere este análisis es un énfasis de conservación en las clases más pequeñas, asegurándose que puedan crecer hasta llegar por lo menos hasta la clase 3. La matriz de elasticidad muestra cómo contribuyen proporcionalmente los diferentes parámetros a la tasa de crecimiento de la población. Nótese que los parámetros más sensibles contribuyen aproximadamente con un 70 por ciento a la tasa de crecimiento de la población.

Aunque este análisis es relativamente sencillo, y se puede complementar aun con simulaciones estocásticas y otras complicaciones (Ahumada, *et al.* en preparación), constituye una herramienta inicial para priorizar esfuerzos de conservación de una manera más sistemática y efectiva.

Por primera vez en Colombia hemos dado el primer paso hacia la conservación y manejo de especies de plantas amenazadas. Este primer paso consistió en identificar cuáles son estas especies dentro del universo de la flora del país (aproximadamente 555). El siguiente paso lógico es comenzar a estudiar la demografía de estas especies con miras a su manejo y conservación futuros. Solamente a través de un conocimiento detallado de su biología poblacional (demografía, genética) podemos comenzar a hacer recomendaciones más centradas y acordes con el potencial natural de estas poblaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Brault, S. & Caswell, H. 1993. Pod-specific demography of killer whales (*Orcinus orca*). *Ecology*, 74: 1444-1454.
- Cavelier, J.; Machado, J. L.; Valencia, D.; Montoya, J.; Laignelet, A.; Hurtado, A.; Varela, A. & Mejía, C. 1992. Leaf demography and growth rates of *Espeletia barclayana* Cuatrec. (Compositae), a caulescent rosette in a Colombian Paramo. *Biotropica*, 24: 52-63.
- Crouse, T. D.; Crowder, L. B. & Caswell, H. 1987. A stage-based model for loggerhead sea turtles and implications for conservation. *Ecology*, 68: 1412-1423.
- De Kroon, H.; Plaisier, A.; Van Groenendaal, J. & Caswell, H. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. *Ecology*, 67: 1427-1431.
- Heppell, S. S.; Crowder, L. B. & Crouse, D. T. 1996. Models to evaluate headstarting as a management tool for long-lived turtles. *Ecological Applications*, 6: 556-565.
- Lefkovich, L. P. 1965. The study of population growth in organisms grouped by stages. *Biometrics*, 21: 1-18.

- Leslie, P. H. 1945. On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika*, 33: 183-212.
- Pfister, C. A. & Bradbury, A. 1996. Harvesting red sea urchins: recent effects and future predictions. *Ecological Applications*, 6: 298-310.
- Pinard, M. 1993. Impact of stem harvesting on populations of *Iriartea deltoidea* (Palmae) in a extractive reserve in Acre, Brazil. *Biotropica*, 25: 2-14.
- Zea, E. & Ahumada, J. A. Demography of *Mauritia flexuosa* in a poorly drained savanna. En preparación para publicación en *Ecology*.

