

ISSN 0120-7717

PEREZ - ARBELAEZIA

Volumen 1 No. 2 Enero de 1986



JARDIN BOTANICO DE BOGOTA
"JOSE CELESTINO MUTIS"

JARDIN BOTANICO DE BOGOTA
"JOSE CELESTINO MUTIS"

JUNTA DIRECTIVA

Sven Zethelius Peñalosa
Germán Botero de los Ríos
Joaquín Caicedo Salazar
Patricio Samper Gnecco

Rafael García Espinosa
Ma. Paulina Espinosa de López
Hernán López G.
Victoria Eugenia Virviescas

DIRECCION

Teresa Arango Bueno

JARDIN BOTANICO

Carrera 66A N° 56-84
Tels.: 2313-965 y 2400-483
Apartado Aéreo 59887
Bogotá, Colombia

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
de rechazar los trabajos.

CARATULA:

Emblema del Jardín Botánico de Bogotá. *Mutisia Clematis* L.

PEREZ - ARBELAEZIA

Bogotá, D. E. Colombia	Vol. 1 N° 2; pp. 105-248 Enero 1986	ISSN 0120-7717
---------------------------	--	-------------------

Directora de la Revista
Teresa Arango Bueno

Comité Editorial
César Escallón E.
Gustavo Morales L.
Orlando Vargas R.

Dibujante
David Rivera O.

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 fomentar la investigación, divulgación y defensa de nuestros recursos naturales.

CONTENIDO

Presentación	110
Vegetación desde el aire. Enrique Pérez Arbeláez	113
Clasificación y ordenación de comunidades vegetales de páramo. Orlando Vargas R. y Silvio Zuluaga	125
Composición y estructura de la avifauna del Jardín Botánico "José Celestino Mutis", Bogotá, Colombia. Enrique Zerda Ordoñez y Pedro Rodríguez Tolosa	145
Identificación de plántulas de algunas especies arbóreas del bosque de niebla. Segunda parte. Eduardo Barrera Torres	165
Efectos de la luz y los reguladores del crecimiento sobre el porcentaje de germinación de <i>Alnus Acuminata</i> H. B. K.: (Betulaceae). María Cristina Ruiz Peña y Martha Orozco de A.	211
Aspectos geográficos e importancia ecológica de los manglares con especial referencia a Colombia. César Escallón Estupiñán y Magda Rodríguez Acosta	225
Instrucciones a los colaboradores	243

PRESENTACION: NUESTRO ARBOL NACIONAL

Enhiesta, con sus elegantes estípites blancos y su copa en forma de roseta, se destaca en nuestros Andes Centrales la Palma de cera del Quindío (Ceroxylon quindiuense), hoy Arbol Nacional, según Ley 61 del 16 de septiembre de 1985.

Largo proceso debió recorrer la iniciativa desde 1959 en que los doctores Enrique Pérez-Arbeláez, Emilio Robledo y Luis María Murillo, en representación de la Academia de Ciencias, presentaron al gobierno la iniciativa de convertir la palma de cera en símbolo nacional, para tratar de conservar las áreas de su dominio. Y sólo ahora cuando está amenazada de extinción, logró el representante del Quindío Carlos Arturo López Angel, sacar adelante esta Ley de la República.

Crece la palma hasta los 2800 o 3000 m. en la Cordillera Central a 4°27' Lat. N y 75°25' Long. W, en medio de la neblina y llovizna fina que azotan el área comprendida entre Anaime y Cajamarca por la vertiente occidental, casi hasta descender a Calarcá; y por la ladera oriental, hasta la quebrada Boquia y Salento, ya a 1895 m, en cuya jurisdicción se encuentran preciosos especímenes.

Esa palma altísima que formaba doseles y que parecía según Alejandro von Humboldt "un bosque sobre el bosque", fué su admiración cuando la tuvo de cerca en su histórica travesía en 1801, cuando viajó a pie por el tortuoso camino real, construido y trajinado por los indios en la cordillera y tal fué su admiración que la dibujó en un magnífico grabado, tantas veces reproducido, cuyo original adorna el Museo de su nombre en el Palacio de Tegel y que se conoce como el Paso del Quindío. Edward André que también la conoció a finales del siglo pasado, nos dejó un bello dibujo para explicar cómo los indígenas trepaban por las palmas a raspar la cera y a coger sus racimos y sus hojas. Con la colonización del Quindío vino la utilización de la cera, como valioso producto, porque su punto de fusión se eleva hasta los 106°C y se prestaba entonces a singulares aplicaciones en la fabricación de discos de fonógrafo; de barnices; de aisladores de cables subterráneos, de proyectiles y hasta de betunes. Esa cera se empleó en la Colonia para hacer cirios y hachones que presentaban la ventaja de no torcerse al calor de los climas calientes; por eso con ellas se iluminaron los altares de Cartago y se alumbraron las procesiones de Popayán; con sus fustes se construyeron postes para cercas y vigas y sus hojas sirvieron para techar las viviendas y la grasa de sus racimos se utilizó como alimento de porcinos, y en su medio natural, fuente de alimento de ardillas y pájaros. Este beneficio excesivo que hizo de la hermosa especie, la ha llevado a los límites de agotamiento.

Al fundarse el Jardín Botánico en 1955 el doctor E. Pérez-Arbeláez planeó las primeras excursiones a Salento para buscar pequeñas plántulas y traer racimos maduros con semillas viables, que le permitieran estudiar la germinación de la valiosa especie, teniendo en cuenta que en Bogotá había logrado una magnífica adaptación como lo atestigua el elegante conjunto del Parque de la Independencia. De esas primeras plántulas y recolecciones del fundador, quedaron unas pocas, pero más tarde se ha enriquecido la entidad, hasta mostrar hoy el Palmetum de tierra fría, que en el futuro será un verdadero enclave de los Andes en el centro de Bogotá.

Muchos Jardines Botánicos del exterior, Washington el primero, han llevado como maravilloso dón, semillas de nuestra palma para exhibirla, sin que, a pesar de la técnica, hayan logrado aclimatarla. Es decir, que este privilegio ha quedado reservado hasta hoy a nuestro Jardín Botánico.

TERESA ARANGO BUENO

Directora Jardín Botánico de Bogotá
"Jose Celestino Mutis"

Las especies más características de nuestro páramo, son, sin duda, las de *Espeletia*, pero hay otras circunscritas a su ámbito: *Puya* (puyón); muchas compuestas, *Valeriana*, *Genciana*, *Paepalanthus*, *Alchemilla*, que en ciertas condiciones de suelo forman cojines altos del suelo, apretados, de plantas empequeñecidas, que a veces se dan por especies diferentes, no siendo sino nuevos jordanones o mutantes de las que se dan en zonas más bajas respecto del nivel marino. Muchos de estos caracteres se distinguen en la aerofotografía.

A la altura del páramo termina todo cultivo humano y la tierra sólo da para alguna ganadería de reses peludas.

12. *Región nival*: FRIGORIDESERTA. Super-páramo.

Esta zona, de vegetación muy fría, y en Colombia, limitada a las grandes alturas cercanas a las nieves perpetuas, (4500 msm) presenta unas pocas especies caracterizadas por el tomento que las cubre y por la reacción de su crecimiento contra el frío y el viento excesivo. Las cumbres nevadas, que en su mayoría son, dentro de Colombia, volcanes más o menos extintos, se presentan también cubiertas de bombas volcánicas, lapilli, basaltos y cenizas de explosiones. Así que esta región o provincia nival pudiera también llamarse SAXIDESERTA.

Pocas dicotiledoneas se producen en tales condiciones. Aquí y allá algún *Culcitium*, monocotiledoneas gramíneas y abundantes líquenes vienen a servir de penacho a la gigante flora del intertrópico americano. C. Chapman y tras él, H. Pittier, han explicado, cómo la flora nuestra lanzó sus primeras semillas sobre tierras bajas, que apenas emergían de los mares terciarios. Pero ellas se fueron levantando, seleccionándose las especies por la altura y el frío y así, los bosques que en nuestro período postglacial crecen al nivel del mar, serían los últimos en originarse cuando emergieron las bases de los Andes. Por eso las PLUVIISILVAS son complejos de formas terminales de evolución.

Para terminar recordemos un raciocinio que hace el geógrafo de Bonn C. Troll, en su discurso pronunciado hoy hace un año (12 de abril de 1956) ante la Academia de Geografía de Berlín:

"La geografía tiene una misión trascendental que cumplir y es colaborar en la perfección de la humanidad; en su sostenimiento, su bienestar y su desarrollo espiritual. Su centro de gravedad es el paisaje y el trabajo de los geógrafos no puede integrarse con solo las causalidades físicas del fenómeno *Paisaje* sino que necesita comprender, analizar y declarar los fenómenos biológicos que en él influyen. De éstos, el principal es el fitogeográfico".

CLASIFICACION Y ORDENACION DE COMUNIDADES VEGETALES DE PARAMO

Orlando Vargas R.¹

Silvio Zuluaga²

INTRODUCCION

Los métodos para la organización de datos con destino al análisis de vegetación se han incrementado notoriamente en los últimos años no sólo, en cuanto al manejo del tabuleo y estructuración de tablas de asociación de la escuela fitosociológica de BRAUN - BLANQUET (VAN DER MAAREL et. al. 1978, VAN DER MEULEN et. al. 1978), sino también en lo que se refiere a la precisión de la sintaxonomía (clasificación) y en la combinación y búsqueda de métodos capaces de relacionar cambios florísticos en las comunidades y en las variaciones del ambiente de su espacio ecológico (ordenación); junto al interés de llegar a tener modelos regionales sobre la estructura, función y dinámica de la vegetación.

La combinación de métodos es una actividad relativamente reciente y busca dar consistencia a la utilización de datos cualitativos y semicuantitativos cuando se aplican metodologías que exigen cierto grado de subjetividad tanto en el muestreo como en la toma de datos; tal es el caso de la escuela de BRAUN - BLANQUET (véase por ejemplo KOMARKOVA 1980, MOORE et. al. 1970, MUELLER - DOMBOIS y ELLENBERG 1974).

En fitosociología numérica los métodos más conocidos y desarrollados se refieren a la clasificación y ordenación, los cuales permiten cubrir gran parte del conjunto de objetivos fundamentales en el análisis de vegetación. Según MATTEUCCI y COLMA (1982) cuatro son estos objetivos, de los cuales 3 forman parte los métodos de clasificación y ordenación, así: 1. "Detección de tendencias o clases de variación en las relaciones de similitud o disimilitud de las comunidades o grupos de especies. 2. Detección de patrones espaciales, horizontales o verticales de los individuos o de las especies. 3. Establecimiento de correlaciones o de asociaciones entre los patrones espaciales de las comunidades o de grupos de especies y patrones de una o más variables ambientales, y formulación de hipótesis acerca de las relaciones causales entre los factores ambientales y las respuestas de la vegetación".

¹ Biólogo. Jardín Botánico de Bogotá A. A. 59887.

² Biólogo. Asociación de Biólogos Universidad Nacional A. A. 23227 Bogotá.

Para reducir la complejidad de microgradientes ambientales y sus relaciones florísticas se aplicaron métodos numéricos de clasificación y ordenación a las unidades de vegetación establecidas por el método de BRAUN - BLANQUET.

Esta metodología combinada nos permitió examinar las siguientes hipótesis:

a. La clasificación sintaxonómica derivada del método de BRAUN - BLANQUET se puede derivar también por métodos numéricos.

b. Los métodos numéricos sirven para precisar los límites de la complejidad de los gradientes ambientales y como consecuencia la respuesta de las especies diagnósticas que se deducen de las tablas sintaxonómicas de BRAUN BLANQUET.

1. Área de estudio

El área de estudio se localiza en la región de Monserrate (serranía de Bogotá) desde el páramo del mismo nombre, a una altura de 3230 m. situado arriba de la estación pluviométrica del Granizo (3125 m.), hasta el cerro de la Picota (3250 m.) vereda de la Quebrada de los Santos.

Esta región ha sido objeto de diferentes estudios ecológicos entre los que cabe mencionar los de STURM y ABOUCHAR (1981), STURM (1978), BERNAL y FIGUEROA (1980) y (1985), HERRERA y RUIZ (1981).

El área tiene una precipitación de 1208 mm. (promedio de 30 años); presenta una distribución de lluvias en períodos secos y húmedos; los meses secos comprenden de diciembre a marzo y de junio a septiembre; los húmedos abril y mayo, octubre y noviembre. Como es característico del clima de la alta montaña tropical presenta una isoterminia anual. Un estudio mesoclimático y microclimático comparativo puede consultarse en VARGAS y ZULUAGA (1980).

El área presenta una topografía accidentada y pedregosa debido a los afloramientos de arenisca del Grupo Guadalupe; lo cual ha determinado que en zonas no muy extensas se presente una rápida variación de la vegetación en microgradientes que constituyen verdaderos mosaicos de vegetación: Bosque altoandino, comunidades de turbera en diferentes etapas sucesionales, comunales típicas de páramo y subpáramo, vegetación alterada, vegetación litofítica y fisurícola.

Las fluctuaciones de los cinturones de vegetación (historia de clima y vegetación) en los alrededores de la Sabana de Bogotá han sido estudiados por VAN DER HAMMEN y GONZALEZ (1963) y HOOGHIEMSTRA (1984).

2. Métodos

2.1. Clasificación

2.1.1. Sistema de BRAUN - BLANQUET

Se realizaron 119 levantamientos fitosociológicos (relevés) con el método de BRAUN - BLANQUET (WESTHOFF y VAN DER MAAREL 1973, MUE-

LLER - DOMBOIS y ELLENBERG 1974, BECKING 1957). Esta metodología en resumen consta de las siguientes fases: 1. Selección de áreas de muestreo (stands) 2. Determinación de las áreas mínimas. 3. Levantamientos fitosociológicos (estratificación, abundancia, cobertura, sociabilidad, y demás datos ecológicos de los protocolos de campo). 4. Tabla bruta o primaria. 5. Tabla de constancias. 6. Tabla parcial. 7. Tabla parcial ordenada. 8. Tabla diferencial. 9. Tabla sinóptica (con las especies características y diferenciales). 10. Determinación de la Fidelidad. 11. Reordenamiento de la tabla diferencial en una tabla sintaxonómica final.

El sistema de clasificación de BRAUN - BLANQUET es un procedimiento politético, aglomerativo y jerárquico (MATTEUCCI y COLMA 1982) el cual se basa en la composición florística para expresar las relaciones entre tipos de vegetación y ambiente y en la elección de un conjunto de especies características, con cierto grado de fidelidad a la comunidad, las cuales expresan mejor esta relación.

En el presente trabajo solo se utilizan tipos de vegetación con fisonomía herbácea y arbustiva de difícil delimitación por la interrelación de sus elementos florísticos.

En VARGAS y ZULUAGA (1980) se explica detalladamente todo el proceso metodológico hasta obtener las unidades sintaxonómicas.

2.1.2. Análisis de grupos

Coefficiente de comunidad de Sorensen

Para datos cualitativos (presencia - ausencia) se utilizó el índice de Sorensen su cálculo se efectuó para comparaciones florísticas de los estratos rasante, herbáceo y arbustivo en 12 stands estudiados, en los cuales se realizó 119 levantamientos fitosociológicos.

Se simboliza así:

$$I.S = \frac{2C}{A + B} \times 100$$

En donde; C: Número de especies comunes a ambas comunidades

A: Número total de especies en la comunidad o stand A

B: Número total de especies en la comunidad o stand B

El análisis de grupos es una técnica aglomerativa y jerárquica la cual se basa en la comparación de valores de similitud en una matriz, dichos valores se van fusionando hasta agotar todas las posibilidades de comparación, siempre empezando por los valores más altos. Esta técnica de clasificación representa gráficamente las relaciones de la matriz de similitud; los stands se muestran como grupos unidos a ciertos niveles (clases) formando un arreglo jerárquico

en un dendrograma. De esta manera se expresa las afinidades entre stands o levantamientos en relación con una escala gráfica.

Los pasos a seguir son: 1. Comparación de los stands entre sí ($n \times (n - 1) / 2$ comparaciones) con el índice de similitud y elaboración de la matriz. 2. Fusión de los mayores índices y reordenación de los cálculos para cada grupo después de cada fusión. 3. Construcción del dendrograma.

(véase SOUTHWOOD 1968).

Coefficiente de comunidad de Spatz

El índice de Spatz se considera una modificación cuantitativa del índice de Jaccard (MUELLER - DOMBOIS y ELLENBERG 1974); tiene dos componentes, el primero es una expresión de la similitud relativa de las dos unidades en comparación, el segundo es la comparación de Jaccard en la que se da doble peso a las especies comunes.

se simboliza así:

$$I.Sp = \frac{Mw / Mg}{a + b + c} \times \frac{Mc}{Ma + Mb + Mc} \times 100$$

En donde; Mw: Valor más pequeño de la especie común a los levantamientos A y B.

Mg: Valor más grande de la especie común a los levantamientos A y B.

a: No de especies que solo ocurren en el levantamiento A.

b: No de especies que solo ocurren en el levantamiento B.

c: No de especies comunes a los levantamientos A y B.

Ma: Suma de los valores de las especies únicas al levantamiento A.

Mb: Suma de los valores de las especies únicas al levantamiento B.

Mc: Suma de los valores comunes a A y B.

Para la aplicación de este índice los valores semicuantitativos de la escala de cobertura - abundancia se transformaron de la siguiente manera:

Escala de Cobertura - Abundancia:	r	+	1	2	3	4	5
Transformación utilizada:	0.01	0.25	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0

Los valores de cobertura - abundancia así transformados se sumaron para la misma especie en los diferentes estratos, de tal manera que cada especie quedó con un solo valor en una matriz de levantamientos - especies. Para ello

se utilizaron 24 levantamientos tipo tomados de las tablas sintaxonómicas de BRAUN - BLANQUET.

Para este índice se utilizó una computadora IBM 370 la cual elaboró una matriz de similitud - disimilitud para el análisis de grupos y ordenamiento.

Para la interpretación de los valores de similitud se tuvo en cuenta el rango de porcentaje propuesto por MUELLER - DOMBOIS y ELLENBERG (1974), para el índice de Jaccard en el cual menos del 25% de similitud denota una baja homogeneidad. Si el valor excede el 50% la homogeneidad de la comunidad es alta y se puede hacer subdivisiones dentro de ella. Cuando se aplican a los mismos datos el I. de Sorensen y el I. de Jaccard el primero da valores más altos que el segundo. WESTHOFF y VAN DER MAAREL (1973) afirman que los valores de Sorensen son 10% mayores a Jaccard. En síntesis, para los efectos del análisis de grupos en la interpretación de los valores se tuvo en cuenta que un 30% de similitud es alta con el índice de Sorensen. En la interpretación del índice de Spatz una similitud arriba del 30% es muy alta.

2.2. Ordenamiento.

A partir de las matrices de similitud elaboradas con los índices de Sorensen y Spatz se calculó la similitud ($100 - \text{Valor de similitud}$) y con esta matriz se realizó la técnica del ordenamiento de BRAY y CURTIS (MUELLER - DOMBOIS y ELLENBERG 1974, COTTAM et. al. 1978). Un ejemplo sencillo de este procedimiento con datos de este trabajo puede consultarse en VARGAS (1982).

Con los métodos de ordenación se obtienen secuencias o gradientes al disponer los individuos (muestras o atributos) a lo largo de ejes de variación continua.

La ordenación trata de reducir el número de dimensiones, expresando la variación de la vegetación en unos pocos ejes (MATTEUCCI y COLMA 1982).

Este ordenamiento multidimensional o polar es indirecto porque los ejes de ordenamiento son construcciones matemáticas y no corresponden directamente a una cualidad ambiental (POOLE 1974).

Los pasos en el ordenamiento se enumeran así:

1. Cálculo de los índices de similitud y disimilitud en una matriz.
2. Construcción de los ejes X, Y y Z.
3. Ordenamientos X/Y - X/Z .

Para la elaboración de este método se siguieron todas las recomendaciones de diferentes autores resumidas en MUELLER - DOMBOIS y ELLENBERG (1974). El principal objetivo de la ordenación de datos de vegetación es generar hipótesis acerca de las relaciones entre composición de la vegetación y el ambiente y de otros factores que la determinan (GREIG - SMITH 1983).

3. Resultados

3.1. Clasificación

Se reconocieron las siguientes unidades regionales con el método de BRAUN - BLANQUET.

Alianza de *Arctophyllum nitidum*

Asociación secundaria de *Calamagrostis effusa*, *Puya nitida* y *Calamagrostis planifolia*.

Subasociación de *Cortaderia colombiana* y *Vaccinium floribundum*

Comunidad de *Puya nitida* y *Rhynchospora macrochaeta*.

Asociación de *Calamagrostis effusa* y *Espeletia grandiflora*.

Subasociación de *Espeletiopsis corymbosa*.

Asociación de *Befaria resinosa* y *Cladina rangiferina* var. *abbayesii*.

Comunidad de *Aragoa abietina* y *Arctophyllum nitidum*.

El número de taxa evaluados en estas unidades de vegetación fué de 97.

Las tablas sintaxonómicas completas junto con la descripción de las unidades, sus levantamientos tipo, especies diagnósticas, flora regional y los criterios para la elección de las unidades sintaxonómicas puede consultarse en VARGAS y ZULUAGA (1980) recientemente VARGAS Y ZULUAGA (1985) con base en la comparación de tablas fitosociológicas de diferentes localidades realizada por STURM y RANGEL (1985) y otros autores, reportan otros nombres sintaxonómicos provisionales para las unidades de vegetación dadas en el presente trabajo.

3.2. Análisis de grupos.

En la figura 1 se presentan tres dendrogramas jerárquicos de asociación basados en la comparación cualitativa (presencia - ausencia) con el índice de Sorensen: Estrato arbustivo (fig. 1a).

Los stands que conforman la Asociación secundaria de *Calamagrostis effusa*, *Puya nitida* y *Calamagrostis planifolia* con su subasociación de *Cortaderia colombiana* y *Vaccinium floribundum* se agrupan a un nivel de similitud de 66%.

La asociación de *Befaria resinosa* y *Gladina rangiferina* se agrupa al 60%.

Las demás unidades no tienen agrupación, es de esperarse que estas comunidades tengan baja similitud florística, 14.4%, por la variabilidad de las condiciones microclimáticas y topográficas. El estrato arbustivo está poco desarrollado en algunas comunidades y solamente toma fuerza en lugares pedregosos, pendientes y protegidos, y en las interfases bosques - cordones de ericáceas.

Estrato herbáceo (fig. 1b).

El estrato herbáceo es el más característico de la vegetación estudiada dentro de las dos fisonomías: frailejonal - pajonal y matorral. Este estrato repor-

ta en el dendrograma todas las unidades de vegetación sintaxonómicas de BRAUN - BLANQUET; con una homogeneidad total del 48.35%; todas sus unidades tienen sus stands arriba del 50% (entre el 55 y 79%) lo cual nos indica una alta homogeneidad.

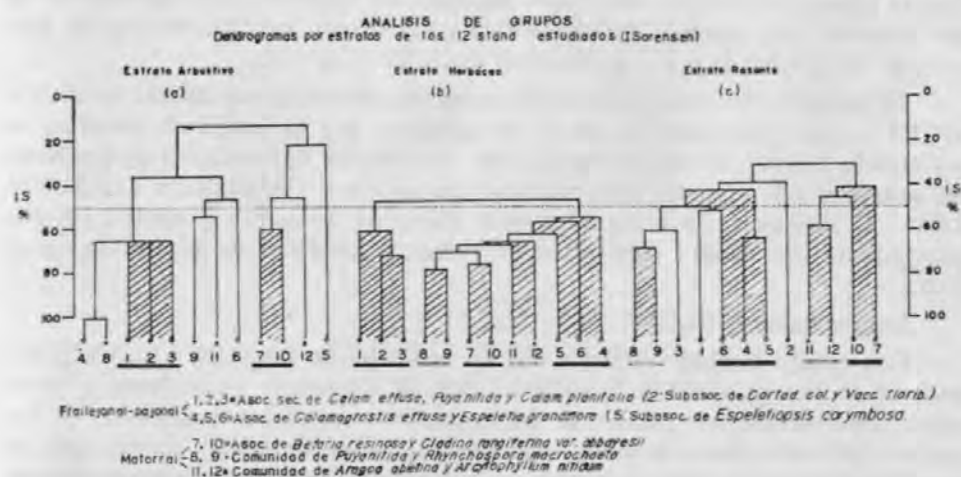


FIGURA 1

Dendrogramas jerárquicos de asociación para los 3 estratos de las unidades de vegetación estudiadas. Basados en valores de similitud de presencia-ausencia con índice de Sorensen. Todas las unidades sintaxonómicas conforman la alianza de *Arcytophyllum nitidum*.

La asociación secundaria de *Calamagrostis effusa*, *Puya nitida* y *Calamagrostis planifolia* es una unidad que se separa de las demás, formando un grupo aparte en el dendrograma, probablemente la causa es la reducción temporal de la diversidad florística del estrato herbáceo por acción del fuego; sin embargo conserva una similitud alta, (60%), entre sus stands.

A pesar de existir la asociación secundaria que baja la similitud por debajo del 50% (48.35%) esto indica que los elementos florísticos más importantes se conservan para mantener alta la homogeneidad del estrato. En comunidades no alteradas las alianzas regionales pueden estar por arriba del 50% de similitud tanto para páramo como para subpáramo. En solo páramo unidades más altas como clases y ordenes pueden estar entre el 30-50%.

Las subasociaciones definidas como unidades de vegetación por el método de BRAUN - BLANQUET, dentro de su respectiva asociación, son un hecho importante dentro de la comprobación metodológica, desde el tabuleo a la tabla sintaxonómica hasta el análisis de grupos. Para decidir si una comunidad pertenece o no a la misma asociación MUELLER - DOMBOIS y ELLENBERG

(1974) recomiendan para el índice de Jaccard (10% menor a los valores de Sørensen) valores de similitud entre el 25 y 50%; en este caso los valores se encuentran entre el 60 a 80%. Las unidades de vegetación que tienen fisonomía de matorral se agrupan casi que en un mismo orden formando un grupo entre el 67 y 79%. Esto nos lleva a formular la hipótesis, que los solos matorrales típicos de los subpáramos son más homogéneos florísticamente por la capacidad de las especies de resistir diferentes habitats, su capacidad de regeneración al ser alterados por quema. Probablemente asociaciones amplias dentro del subpáramo se pueden llegar a caracterizar entre el 60 a 80%.

En síntesis, todas las unidades definidas por el método de BRAUN - BLANQUET y que conforman la alianza se agrupan por la similitud florística de sus stands, lo cual nos indica la elección acertada de las unidades preliminares de muestreo en unidades fisonómicas y fisiográficas (VARGAS y ZULUAGA 1980). El sistema de la tabla diferencial, tabla de asociación y análisis de grupos, guarda una unidad conceptual en todas las unidades de vegetación analizadas.

Estrato rasante (fig. 1c).

Este estrato también define todas las unidades de BRAUN - BLANQUET excepto en la separación de la subasociación de *Cortaderia colombiana* y *Vaccinium floribundum* este cambio se debe a variaciones en las condiciones de humedad del suelo (suelo turboso, con alto contenido de agua durante todo el año) que hace variar notoriamente la composición florística del estrato rasante. Toda la similitud del estrato se encuentra en el 32% que se considera un valor alto.

Las mejores unidades definidas por la similitud florística de sus stands son la comunidad de *Puya nitida* y *Rhynchospora macrochaeta* con un 68% y la comunidad de *Aragoa abietina* y *Arcytophyllum nitidum* con 58%.

El estrato rasante está bien caracterizado para todas las unidades de vegetación y tiene la misma tendencia de agrupación que el estrato herbáceo.

En síntesis, los estratos que mejor definen las unidades de vegetación para la alianza son el estrato herbáceo y rasante, y el estrato arbustivo sólo es importante en comunidad de interfase entre bosque y matorral. Los valores de similitud para los diferentes estratos son:

Estrato arbustivo 14.4%.

Estrato rasante 32.0%.

Estrato herbáceo 48.35%.

El dendrograma de la figura 2, con escala de similitud del índice de Spatz y valores transformados de cobertura-abundancia de 24 levantamientos tipo, establece o separa los dos grandes grupos fisonómicos de la vegetación analizada: fisonomía matorral y fisonomía frailejona - pajonal (línea vertical de puntos), estos dos grandes grupos se unen al 5.38% de similitud. De este agrupamiento el dendrograma distingue vegetación alterada y no alterada (líneas verticales discontinuas).

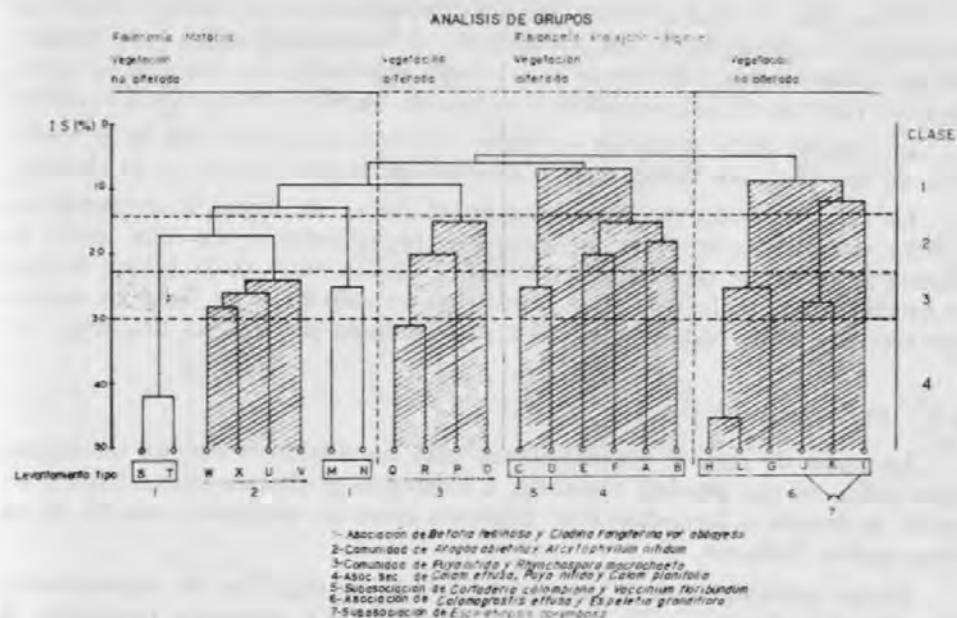


FIGURA 2

Dendrograma jerárquico de 24 levantamientos tipo basado en la comparación de índices de similitud (índice de Spatz), con valores semicuantitativos de cobertura-abundancia.

En la clase 2 se encuentran, en su mayoría, las uniones de los principales grupos de vegetación alterada, y en la clase 3 los grupos principales de vegetación no alterada. En la clase 1 se presentan las uniones entre la vegetación no alterada y la alterada, en la clase 4 las dos asociaciones típicas de las fisonomías de subpáramo y páramo. Los valores de similitud de Spatz para cada clase son:

Clase 1: Similitud entre el 5 y el 13%

Clase 2: Similitud entre el 14 y el 24%

Clase 3: Similitud entre el 24 al 30%

Clase 4: Similitud entre el 30 al 50%

Dentro de estas clases se definen todas las unidades de vegetación delimitadas por el sistema de BRAUN - BLANQUET; excepto la asociación de *Befaria resinosa* y *Cladina rangiferina* que presenta los levantamientos tipo de sus dos stand distanciados y con un 12.95% de similitud. Esta separación se debe a cambios en los valores de cobertura - abundancia de las especies debido a mayor vitalidad de la vegetación en el stand sur y no obedece a cambios en la composición florística, pues con el índice de Sorensen presenta valores del 60%, para el estrato arbustivo, 77% para el herbáceo y 42.5% para el rasante.

Como para el caso anterior, las dos subasociaciones se definen dentro de su respectiva asociación lo cual comprueba el fundamento teórico de considerar las subasociaciones dentro de asociaciones regionales, en este caso se ajusta mejor al concepto de subasociaciones edáficas de BRAUN - BLANQUET (1979).

El impacto de la alteración se puede evaluar con la reducción de la similitud, en este caso, por debajo del 10% entre vegetación alterada y no alterada.

La caracterización de la alianza en el índice de Spatz se encuentra al 5.38%; sin embargo, en áreas no alteradas, probablemente con este índice la alianza se encuentre en niveles cercanos que oscilan entre el 10 y 15% lo cual es un valor aceptable para esta unidad sintaxonómica si se tiene en cuenta que con este índice valores muy altos se consideran por encima del 30%.

3.2. Ordenamientos

La razón de realizar ordenamientos para los diferentes estratos de vegetación radica en que pueden responder a diferentes gradientes ambientales y resultar de interés la formulación de hipótesis sobre las relaciones causales de su composición florística.

En los ordenamientos de las figuras 3, 4, 5; las unidades de vegetación delimitadas con el sistema de BRAUN - BLANQUET presentan tendencias al agrupamiento; siendo el estrato herbáceo y el rasante los que mejor dejan ver esta relación.

En todos los ordenamientos las unidades de vegetación se disponen en un gradiente humedo-seco. Pertenecen así al rango menos húmedo la asociación secundaria de *Calamagrostis effusa*, *Puya nitida* y *Calamagrostis planifolia* y en el rango más húmedo su subasociación de *Cortaderia colombiana* y *Vaccinium floribundum* que corresponde al área con suelo turboso que se mantiene húmedo durante todo el año. En el rango menos húmedo también se encuentra la asociación de *Calamagrostis effusa* y *Espeletia grandiflora*. En el rango de sequedad se encuentran la Asociación de *Befaria resinosa* y *Gladina rangiferina*, la comunidad de *Aragoa abietina* y *Arcytophyllum nitidum* y la subasociación de *Espeletiopsis corymbosa* que permanece cerca a la subasociación por la similitud florística pero que en el ordenamiento está próxima a las unidades del rango seco. Existe sólo una comunidad de transición entre el gradiente húmedo - seco que es la comunidad de *Puya nitida* y *Rhynchospora macrochaeta*. Si se hubiera utilizado un gran número de stand que llenaran el hiperespacio en un área mayor de muestreo podríamos llegar a tener una nube de puntos (para el estrato herbáceo) de difícil delimitación en un gradiente húmedo seco, y sólo los puntos extremos más húmedo o más seco serían de fácil localización.

Esto se ajusta a la hipótesis del continuum; pero en un estrato como el arbustivo el modelo cambia por agrupaciones de puntos separados, y para el estrato rasante el modelo se ajusta al del estrato herbáceo pero con mayor separación de puntos.

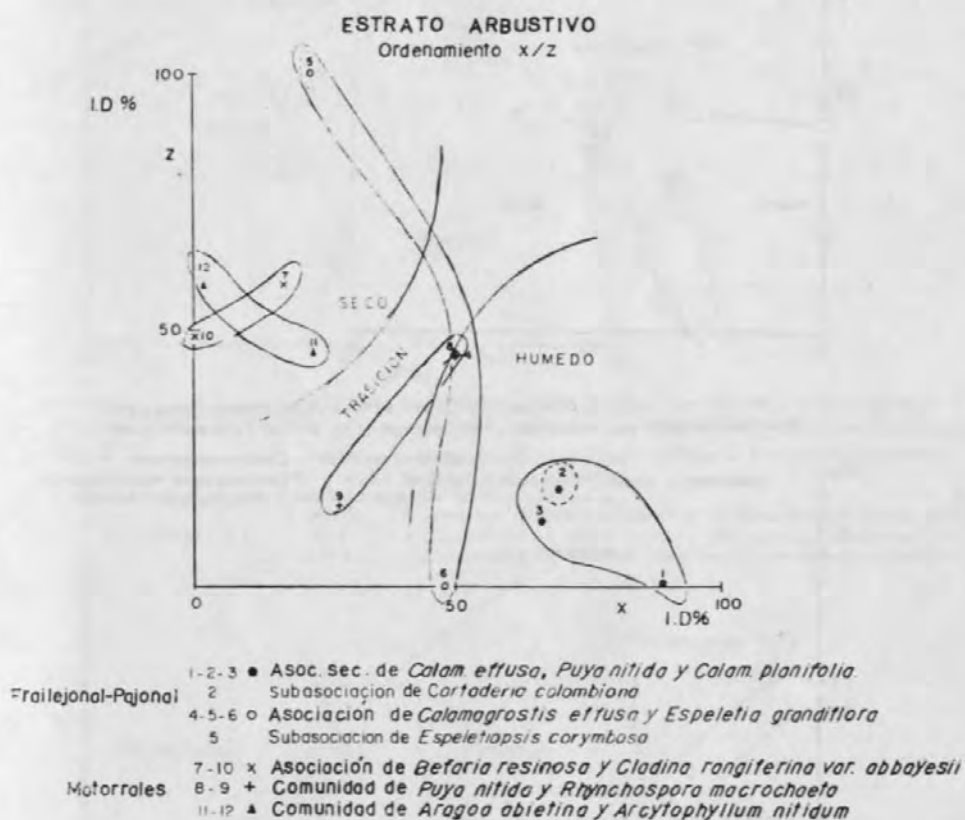


FIGURA 3

Ordenamiento X/Z del estrato arbustivo de 12 stands. Los ejes son valores de disimilitud (100-I.S) basados en el índice de Sorensen.

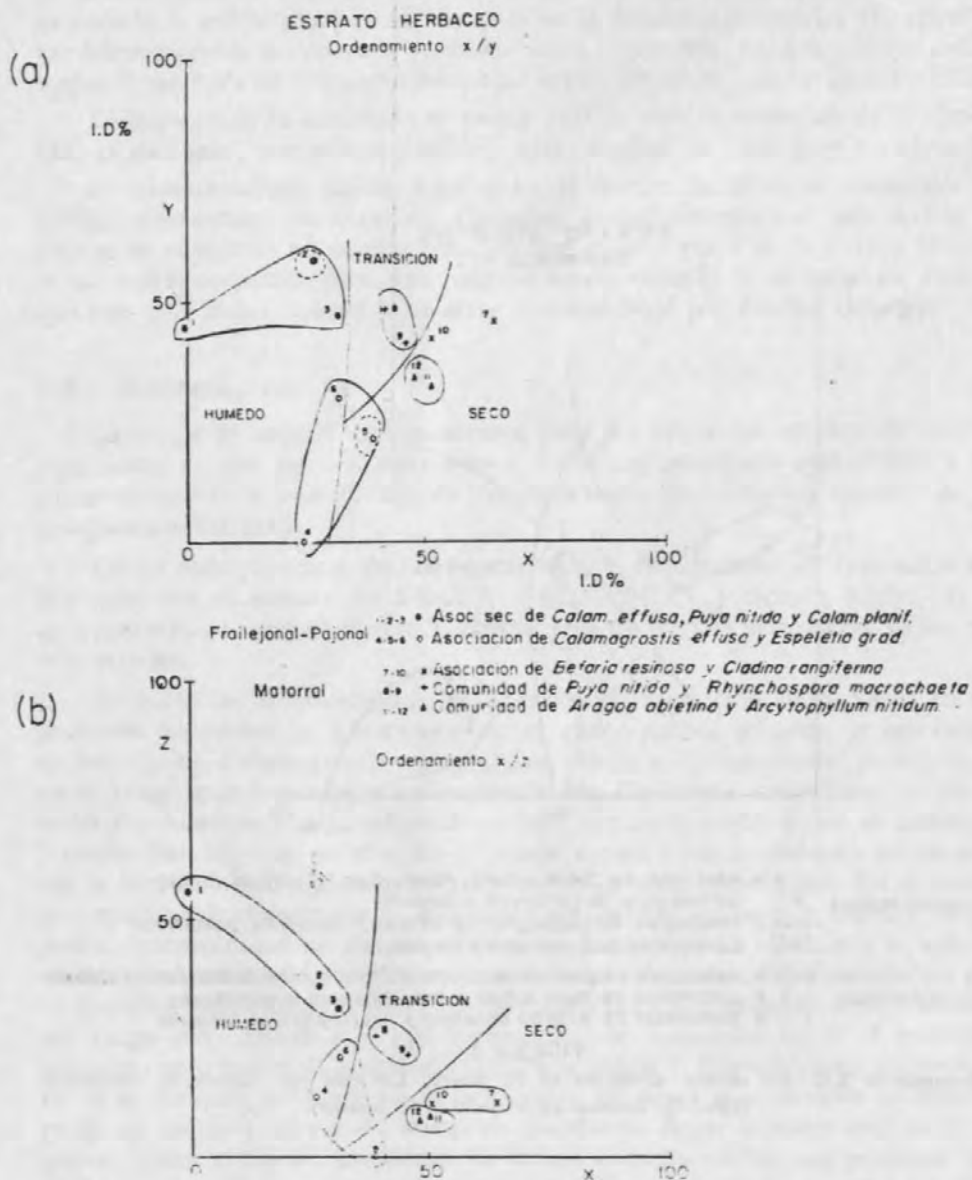


FIGURA 4

Ordenamiento X/Y y X/Z del estrato herbáceo de 12 stands. Los ejes son valores de disimilitud (100-I.S.) basados en el índice de Sorensen.

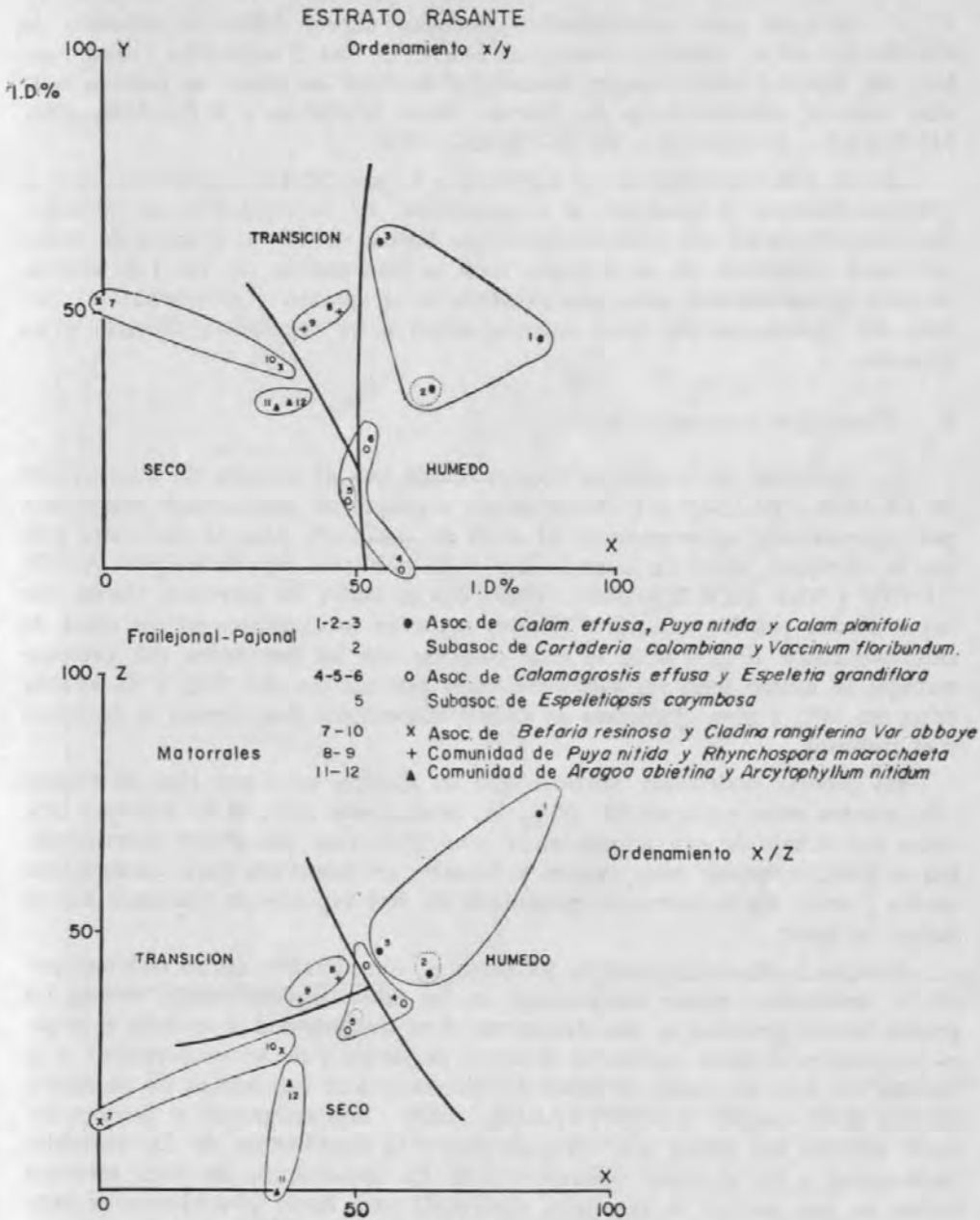


FIGURA 5

Ordenamientos X/Y y X/Z del estrato restante de 12 stands. Los ejes son valores de disimilitud (100.I.S) basados en el índice de Sorensen.

A partir de estos ordenamientos podemos sugerir diferentes modelos de distribución en un mismo gradiente. El interés de esta distribución radica también en localizar luego especies taxodiagnósticas en las cuales se pueden estudiar aspectos autoecológicos de interés (véase VARGAS y ZULUAGA 1980, MUELLER - DOMBOIS y ELLENBERG 1974).

En los ordenamientos de las figuras 6 y 7, para 24 levantamientos tipo, se presenta también la tendencia al agrupamiento de las unidades; sin embargo, las correlaciones no son lo suficientemente buenas debido al número de levantamientos utilizados. Si se utilizara toda la información de los 119 levantamientos probablemente sería más evidente la agrupación y se ajustaría al modelo del continuum con leves interrupciones entre vegetación alterada y no alterada.

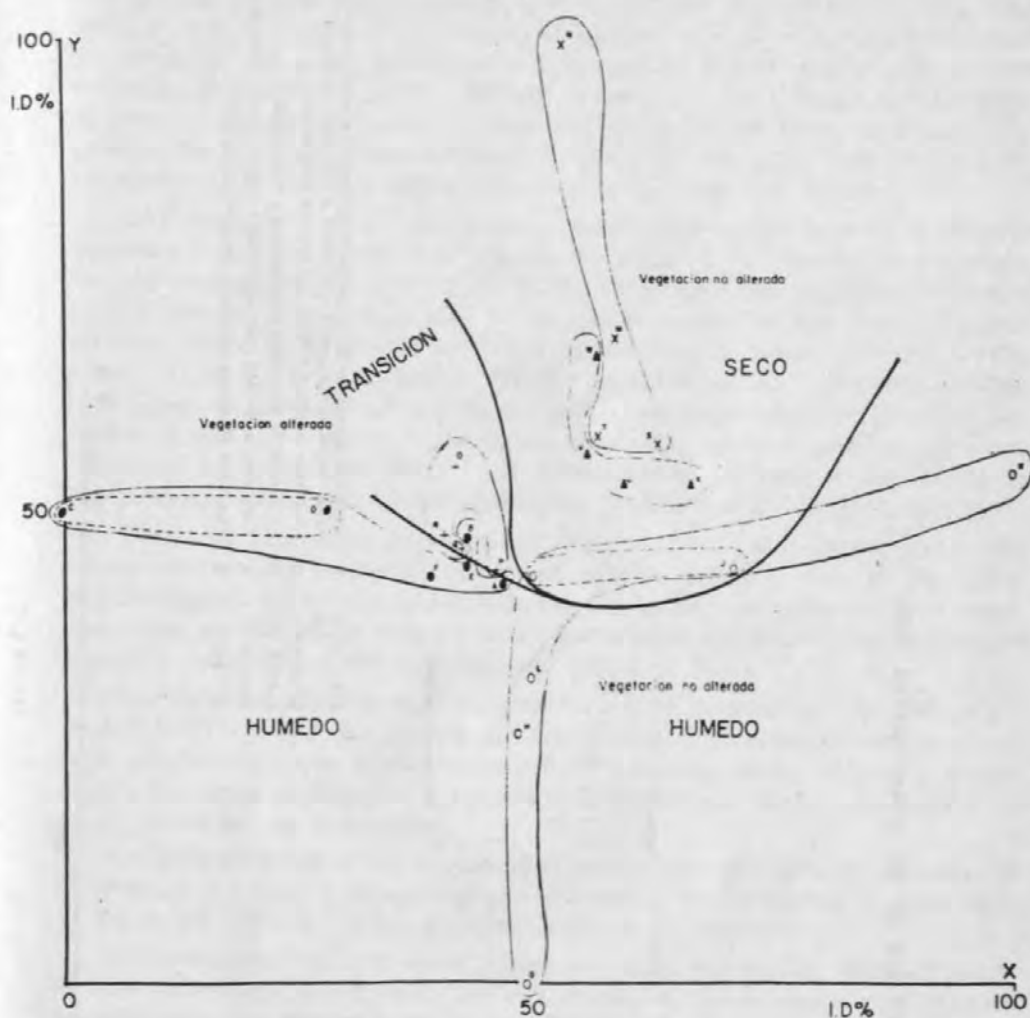
4. Discusión y conclusiones

Las unidades de vegetación determinadas con el método de clasificación de BRAUN - BLANQUET corresponden a grupos de asociaciones producidas por agrupaciones aglomerativas. El nivel de similitud, para el cual éstos grupos se formaron, están de acuerdo con datos similares reportados por WHES-THOFF y VAN DER MAAREL (1973) con el índice de Sorensen. Varios trabajos citados por los anteriores autores reportan asociaciones en un nivel de similitud entre 40% y 60% lo cual coincide con los resultados del presente trabajo; lo mismo para las subasociaciones por encima del 60% y la alianza entre un 40% a 50% (teniendo en cuenta sus estratos dominantes el herbáceo y el rastrero).

En general, podríamos concluir que las alianzas para este tipo de vegetación pueden estar entre un 40 - 50%, las asociaciones entre el 40 a 60% y unidades por debajo de asociaciones entre 60 a 70%. Con posteriores investigaciones se podrá constatar éstos valores y hacerlos comparativos para páramos húmedos y secos. En la literatura consultada no hay reportes de similitud con el índice de Spatz.

Aunque la discontinuidad de los datos es considerable, en los ordenamientos, la continuidad puede comprobarse en las tablas sintaxonómicas donde los grupos taxodiagnósticos se ven claramente. Esta discontinuidad se debe a la poca proporción de datos analizados (número de stands y de levantamientos) y al tamaño del área estudiada. A pesar de que no se hizo un análisis de gradiente directo en el sentido de WHITTAKER (1978), indirectamente se pueden deducir factores del medio que corresponden a la distribución de las variables ambientales y las unidades sintaxonómicas. La importancia de estos métodos radica en que precisa el muestreo ambiental para hacer posteriormente análisis más rigurosos de las especies (autoecología) y de las comunidades (sinecología), y en la generación de nuevas hipótesis causales a nivel regional como una primera aproximación a un modelo. La respuesta de los taxa, sintaxa y grupos taxodiagnósticos a su espacio ecológico o ambiente individual y a sus variables, puede ser fácilmente demostrada con el principio a la apro-

ORDENAMIENTO X/Y DE 24 LEVANTAMIENTOS TIPO



- | | | |
|-------------|---|---|
| A-B-C-D-E-F | ● | Asoc. sec de <i>Calamagrostis effusa</i> , <i>Puya nitida</i> y <i>Calam planifolia</i> |
| C-D | | Subasoc. de <i>Cortaderia colombia</i> y <i>Vaccinium floribundum</i> |
| G-H-I-J-K-L | ○ | Asociacion de <i>Calamagrostis effusa</i> y <i>Espeletia grandiflora</i> |
| i-j | | Subasociacion de <i>Espeletia corymbosa</i> |
| O-P-Q-R | + | Comunidad de <i>Puya nitida</i> y <i>Rhynchopora macrochaeta</i> |
| M-N-S-T | x | Asociacion de <i>Befaria resinosa</i> y <i>Cladina rangiferina</i> |
| U-V-W-X | ▲ | Comunidad de <i>Aragoa abietina</i> y <i>Arcytophyllum nitidum</i> |

FIGURA 6

Ordenamiento X/Y de 24 levantamientos tipo tomados de las tablas sintaxonómicas de BRAUN-BLANQUET. Los ejes son valores de disimilitud (100-I.S.) basados en el índice de Spatz.

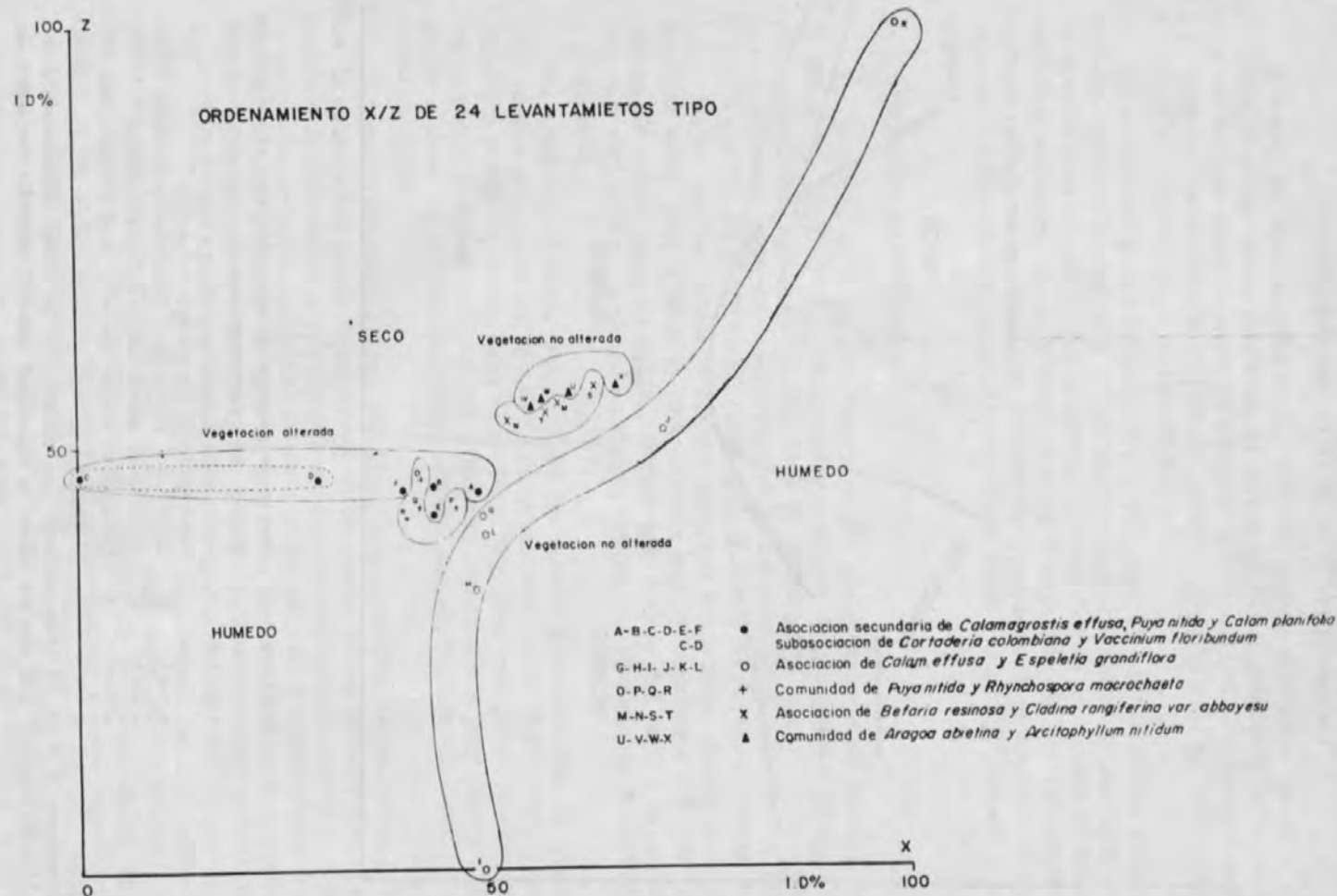


FIGURA 7

Ordenamiento X/Z de 24 levantamientos tipo tomados de las tablas sintaxonómicas de BRAUN-BLANQUET. Los ejes son valores de disimilitud (100-I.S.) basados en el índice de

ximación autoecológica de la fitosociología en el cual cada especie tiene su propia ecología que corresponde a una sección del espacio multidimensional definido por las diferentes variables ecológicas; y a la aproximación sinecológica en la cual varias especies con una ecología similar definen un espacio ecológico (PIGNATTI, 1980). De esta manera con los métodos numéricos se muestra el paralelismo entre el ambiente y las unidades de vegetación propuestas. En las tablas sintaxonómicas la alianza es una gran categoría de hábitat dentro de la cual las asociaciones ocupan las áreas más extensas.

El resultado de los ordenamientos pudo tener mejor éxito si el número de stands y levantamientos fuese mayor; sin embargo, se presentó una apreciable correlación no-lineal (AUSTIN, 1972) con las unidades de BRAUN-BLANQUET debido a la uniformidad de las unidades muestreadas desde el punto de vista florístico y dentro del universo muestreado (véase KOMARKOVA, 1980). AUSTIN y NOY MEIR (1971) recomiendan en ordenamientos con situaciones de estrecha vegetación y rápida variación ambiental, asumir un modelo lineal. Esto ocurre en la región estudiada, con la vegetación de turberas donde los gradientes hídricos son determinantes en cambios rápidos de la vegetación. (Véase tabla sintaxonómica en VARGAS y ZULUAGA, 1980).

Tanto los resultados con datos cualitativos como cuantitativos transmiten buena información ambiental que no se percibe a simple vista en las tablas sintaxonómicas. El valor transformado de Cobertura - Abundancia y su sumatoria para los diferentes estratos es un buen valor combinado con valores de presencia - ausencia, como es el caso del índice de Spatz.

Los datos cualitativos son importantes en la metodología de BRAUN - BLANQUET, ya que por ser un método florístico inicialmente establece una fácil clasificación para la determinación de unidades como alianzas y asociaciones. Los datos cualitativos y semicuantitativos tienen mejor resultado a nivel de la unidad de comunidad.

Contribuyó al éxito de este estudio la elección del área, la selección de unidades fisonómicas y fisiográficas, la diversidad total de taxa, la clara definición de los hábitats y tipos de dominancia de la vegetación.

Probablemente para un modelo regional de la vegetación, desde el punto de vista florístico, la hipótesis del continuum se ajusta como una primera aproximación; sin embargo, por la variabilidad de hábitats, otros modelos se pueden aplicar. Diferencias entre modelos de vegetación local pueden ser tales, que los métodos aplicados a un sitio no funcionen en otro (KOMARKOVA 1980). Los modelos lineal y no-lineal se presentan en áreas donde los cambios en el régimen hídrico del suelo son más notorios.

La comparación de varios métodos empleados en el presente trabajo sustenta mejor el sistema de BRAUN - BLANQUET y se recomienda como una primera aproximación al estudio regional de la vegetación en comunidades herbáceas y arbustivas de páramo.

Llegar a un buen modelo de vegetación implica un conocimiento regional de la vegetación y el sistema de BRAUN - BLANQUET es una buena

herramienta para un muestreo amplio de diferentes áreas seleccionadas, sus variaciones florísticas y ambientales; siempre y cuando se combine antes o después de la elaboración de las tablas sintaxonómicas, con otros métodos, para precisar comunidades y sacar el máximo de provecho en la construcción de un modelo regional de vegetación.

RESUMEN

En el páramo de Monserrate (3.200 m.) se estudió la vegetación con dos fisonomías dominantes: Frailejonal - pajonal y matorral. Se empleó el sistema fitosociológico completo de la escuela de BRAUN - BLANQUET hasta llegar a una clasificación regional sintaxonómica. Se complementó esta información con métodos numéricos de clasificación y ordenación con los cuales se examinaron las siguientes hipótesis: a - La clasificación sintaxonómica derivada del método de BRAUN - BLANQUET se puede deducir también por métodos numéricos. b - Los métodos numéricos sirven para precisar los límites de la complejidad de los gradientes ambientales.

Con estos métodos de clasificación y ordenación se corroboraron las unidades de vegetación de BRAUN - BLANQUET, se comprobó su distribución en gradientes ambientales y se determinaron causas naturales y antropógenas del estado de la vegetación.

Se recomienda la utilización del sistema de BRAUN - BLANQUET en este tipo de vegetación, siempre y cuando se combine con otros métodos para la construcción de modelos regionales de vegetación.

BIBLIOGRAFIA

- AUSTIN, M. P. (1972). Models and analysis of descriptive vegetation data. En: J. N. R. Jeffers (ed.) Mathematical models in ecology. Blackwell Scientific Publications. Pp. 61-86. Oxford.
- AUSTIN, M. P. y NOY MEIR, I. (1971) The problem of Non - linearity in ordination. Experiments with two gradient models. J. Ecol. 59: 763-773.
- BECKING, R. W. (1957). The Zurich Montpellier school of phytosociology. Bot. Rev. 23: 411-488.
- BERNAL, C. A. y G. FIGUEROA (1980): Estudio ecológico comparativo de la entomofauna de un bosque alto - andino y un páramo localizado en la región de Monserrate, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- BRAUN - BLANQUET, J. (1979): Fitosociología (Bases para el estudio de las comunidades vegetales). Editorial Blume. Madrid. 820 p.
- COTTAM, G., F. G. GOFF y R. H. WHITTAKER (1978): Wisconsin comparative ordination. En: Whittaker, R. H. (ed.). Ordination of plant communities. Dr. W. Junk by Publishers The Hague, Boston, pp. 185-213.
- GREIG - SMITH, P. (1983) Quantitative Plant Ecology. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 3ª ed. 359 p.
- HERRERA, R. J. y F. RUIZ (1981): Algunos aspectos de la ecología y de los efectos inmediatos del fuego sobre la artropofauna asociada a *Espeletia grandiflora* H. y B., Páramo de Monserrate. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

- HOOGHIEMSTRA, H. (1984): Vegetational and climatic history of the high plain of Bogotá, Colombia: A continuous record of the last 3.5 million years. En: T. Van der Hammen (ed.) El cuaternario de Colombia. Vol. 10. J. Cramer. Vaduz. 368 p.
- KOMARKOVA, V. (1980): Classification and ordination in the Indian Peaks area, Colorado Rocky Mountains. *Vegetatio* Vol. 42: 149-163.
- MATTEUCCI, S. D. y A. COLMA (1982): Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía N° 22 O. E. A. Washington. 168 pp.
- MUELLER-DOMBOIS, D. y H. ELLENBERG (1974): Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, New York. 547 pp.
- PIGNATTI, S. (1980): Reflections on the phytosociological approach and the epistemological basis of vegetation science. *Vegetatio* Vol. 42: 181-185.
- POOLE, R. (1974): An introduction to quantitative ecology. Mc Graw-Hill, Tokyo, 532 pp.
- SOUTHWOOD, T. (1966): Ecological methods, London.
- STURM, H. (1978): Zur Ökologie der andinen Paramoregion. *Biogeographica* 14: 1-121, The Hague, Boston, London.
- y A. ABOUCHAAR (1981): Observaciones sobre la ecología del páramo andino de Monserrate - Colombia. *Caldasia* Vol. 13 (62) . Pp. 223-256.
- y O. RANGEL (1985): Ecología de los páramos andinos. I. C. N. - M. H. N. Biblioteca José Jerónimo Triana N° 9. Bogotá. 292 pp.
- VAN DER HAMMEN, T. y E. GONZALEZ (1963): Historia de clima y vegetación del pleistoceno superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá. *Bol. Geol.* 11 (13): 189-266.
- VAN DER MAAREL, E., J. G. M. JANSSEN y J. M. W. LOUPPEN (1978): TABORD, A program for structuring phytosociological tables. *Vegetatio* Vol. 38, 3: 143-156.
- VAN DER MEULEN, J. W. MORRIS y R. WESTFALL (1978): A computer aid for the preparation of Braun - Blanquet tables. *Vegetatio* Vol. 38, 3: 129-134.
- VARGAS, J. O. (1982): Ordenamiento multidimensional en ecología vegetal. Procedimiento y aplicación. *Boletín Departamento de Biología* 1 (4): 45-60. Bogotá.
- y S. ZULUAGA (1980): Contribución al estudio fitoecológico de la región de Monserrate. (Ecosistemas alto-andinos). Trabajo de grado. Dpto. de Biología. Universidad Nacional, Bogotá. 264 pp.
- y S. ZULUAGA (1985): La vegetación del páramo de Monserrate. En: Sturm y Rangel. Ecología de los páramos andinos. I. C. N. - M. H. N. Biblioteca José Jerónimo Triana N° 9. 167-224. Bogotá.
- WESTHOFF, V. y E. VAN DER MAAREL (1973): The Braun-Blanquet approach. En: R. H. WHITTAKER (ed.): Handbook of vegetation science 5: 617-726. Junk, The Hague.
- WHITTAKER, R. H. (1978): Direct Gradient Analysis. En: Whittaker, R. H. (ed.) Ordination of communities, Dr. Junk. La Haya. Pp. 7-50.