

Copyright Notice

This electronic reprint is provided by the author(s) to be consulted by fellow scientists. It is not to be used for any purpose other than private study, scholarship, or research.

Further reproduction or distribution of this reprint is restricted by copyright laws. If in doubt about fair use of reprints for research purposes, the user should review the copyright notice contained in the original journal from which this electronic reprint was made.

APLICACION DE ALGUNOS METODOS DE CLASIFICACION NUMERICA AL ESTUDIO DE LA VEGETACION DE LA QUEBRADA DE VAQUERIAS (VALLE HERMOSO, CORDOBA)

THE USE OF SOME NUMERICAL CLASSIFICATION METHODS IN THE STUDY OF THE VEGETATION OF THE QUEBRADA DE VAQUERIAS (VALLE HERMOSO, CORDOBA)

Carlos MONTAÑA¹ y Exequiel EZCURRA²

SUMMARY

Three numerical classification methods are tried on line-intercept data from a transect on the Quebrada de Vaquerías. The methods used are (1) Ceska and Roemmer's tabular algorithm based on diagnostic species, (2) group-average clustering of the Czekanowski similarity indices for quantitative data, and (3) group-average clustering of the Jaccard similarity indices for presence-absence data. The three procedures show the importance of slope exposure as the main factor determining floristic variation, and the relevance of altitude as a secondary factor. Ceska and Roemmer's algorithm gave a poorer detail in stand classification, while group-average clustering procedures gave a better group definition. Floristic data alone (presence-absence) gave similar results as those obtained from the analysis of quantitative data (cover), indicating that in floristically heterogeneous media (high beta diversity) the analysis of presence-absence data is adequate. The practical importance of this conclusion is stressed.

Keywords: numerical classification, phytosociology, gradients, plant ecology.

INTRODUCCION

La Quebrada de Vaquerías se encuentra situada en la vertiente occidental del cordón de las Sierras Chicas, aproximadamente a 5 km de la localidad de Valle Hermoso (Departamento Punilla). La dirección principal de la quebrada es ENE-WSW y las altitudes oscilan entre 930 m en el fondo del valle y algo menos de 1200 m en las porciones superiores de los faldeos. Las rocas de su basamento son de tipo metamórfico, principalmente esquistos cristalinos y gneisses micáceos.

1. Instituto de Ecología. Apartado Postal 18-845 México 18, D.F. MEXICO.
2. Este trabajo se terminó en el marco de las investigaciones que se realizan en la Reserva de la Biosfera de Mapimí (Durango) creada dentro del Programa MAB de UNESCO.

El régimen de precipitaciones es marcadamente estacional. El promedio anual es de 644 mm en la localidad de Valle Hermoso, según registros de la Dirección Provincial de Hidráulica para el período comprendido entre los años 1941 y 1954. De acuerdo a esos datos el 81 % del total anual de precipitaciones se registra entre los meses de octubre y marzo.

Los datos de temperatura de la localidad de Ascochinga (a 25 km de la Quebrada de Vaquerías y a 800 m.s.m.) registrados por el Servicio Meteorológico Nacional, arrojan una media anual de 13.1°C para el período 1951-1960 con una máxima absoluta de 34°C y una mínima absoluta de -6.6°C. Son comunes los registros de temperaturas inferiores a 0°C durante el período comprendido entre mayo y octubre.

La zona está incluida dentro del Distrito Serrano de la Provincia Fitogeográfica Chaqueña (Cabrera, 1971; Cabrera y Willink, 1973).

La vegetación que presenta la quebrada responde a las características del "bosque serrano" con predominio de "molle" (*Lithraea ternifolia*) descrito por Luti, et al. (1979) para las Sierras Chicas, presentándose actualmente como manchones de bosque en los lugares más húmedos distribuidos sobre una matriz general de fisonomías arbustivas o de arbustales con árboles. A diferencia de la mayoría de los ambientes del sistema montañoso en el cual se encuentra enclavada, la Quebrada de Vaquerías muestra alteraciones antropogénicas relativamente leves que se ponen de manifiesto principalmente a través de las huellas de incendios de distintas antigüedades.

Esta quebrada es una de las áreas piloto seleccionadas para llevar a cabo los estudios

de estructura y funcionamiento de los ecosistemas serranos de Córdoba que se desarrollan en la Cátedra de Geobotánica y el Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Córdoba.

El presente trabajo se llevó a cabo dentro del marco de esas investigaciones y de las que se realizan en el Instituto de Ecología (México) sobre desarrollo y experimentación de métodos numéricos para el análisis de vegetación.

El objetivo que se persigue en la elaboración de este trabajo es analizar, a través de la experimentación con métodos de clasificación automatizados, las variaciones de la vegetación (en términos de reemplazo de especies y cambios en los valores de importancia de las mismas) a lo largo de un gradiente ambiental complejo, perpendicular al eje principal de la quebrada, que recoja las variaciones altitudinales en dos laderas de distinta orientación. Simultáneamente, se propone evaluar y discutir la aptitud de esos métodos de clasificación para detectar y describir tales variaciones en la vegetación.

MÉTODOS

Con el fin de registrar presencia-ausencia y variaciones en la cobertura de las distintas especies como respuesta al gradiente altitudinal, se determinaron áreas de muestreo cada 50 m de desnivel en cada vertiente, a lo largo de una línea imaginaria de dirección N30° W, o sea perpendicular al eje de la quebrada.

En cada una de las áreas de muestreo se practicaron cinco líneas de intercepción (Canfield, 1941; Mueller Dombois y Ellenberg, 1974) de 20 m cada una, distribuidas al azar, registrándose presencia-ausencia y cobertura de las especies leñosas y sufrútices. Para la determinación de cobertura se utilizó un aparato similar al descrito en Montaña y Ezcurra (1980), el cual consiste básicamente en dos prismas montados sobre un sistema de suspensión cardánica que permite la observación simultánea de la proyección de una línea vertical hacia arriba y hacia abajo del instrumento.

Las líneas se ubicaron dentro de un radio de 50 m desde el punto de muestreo. Tanto la dirección como la ubicación de las líneas fueron sorteadas al azar. Las diferencias de altitud entre líneas no se registraron dado que en ningún caso fueron superiores al error de lectura del altímetro (± 10 m). El número de líneas en cada nivel de altitud fue fijado arbitrariamente en 5 de acuerdo con los criterios expuestos por Godron (1971) (ver también Guinochet, 1973).

La matriz de datos obtenida fue analizada por las técnicas de clasificación que se detallan a continuación. Para una discusión sobre las propiedades de estos métodos que determinan la aptitud de su uso en análisis de vegetación remitimos al lector a las obras de Williams (1976), Orloci (1978), Sneath y Sokal (1973), Westhoff y Maarel (1978), Ceska y Roemmer (1971) y Moore *et al.* (1970).

Método de Ceska y Roemmer: Ceska y Roemmer (1971) proponen un algoritmo de clasificación programable en computadora basado en la metodología desarrollada por Braun Blanquet y sus discípulos (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974) para el análisis y clasificación de comunidades vegetales.

El algoritmo propuesto tiene como finalidad determinar grupos de censos y grupos de especies asociadas a esos censos. Tales especies son llamadas "especies-diagnóstico" (diagnostic species) y se definen operacionalmente, al igual que los grupos de censos asociados a ellas, mediante el cumplimiento de las siguientes condiciones.

A. Cada especie "diagnóstico" está presente en por lo menos un X % de los censos del grupo asociado a ella y no está presente en más de un Y % de los censos restantes.

B. Cada censo de un grupo tiene por lo menos un X % de las especies "diagnóstico" asociadas a ese grupo de censos. Sobre la base de consideraciones hechas por Ellenberg (1956) y Szafer y Pawlosky (1927), Ceska y Roemmer (1971) proponen para X valores del 66 % y 50 %, mientras que para Y sugieren valores del 10 %, 20 % y 30 %. En este trabajo

se adoptaron los porcentajes de 66 o/o y 20 o/o respectivamente, o sea, haciendo máxima la exigencia de presencia de cada especie dentro de su grupo y adoptando una tolerancia intermedia para la presencia de las especies fuera del grupo.

El programa utilizado resuelve el problema por aproximaciones sucesivas, a partir de una clasificación arbitraria inicial.

La implementación del programa correspondiente al algoritmo de Ceska y Roemmer fue realizado por el Computador Científico Miguel Gross en una computadora Bull G.E. del Centro de Cómputos de Fundación Bariloche.

Métodos de los promedios de grupos: Este método puede trabajar con información cualitativa (presencia-ausencia), o cuantitativa (cobertura, frecuencia, etc.). Para datos cualitativos utiliza como medida de similitud el índice de Jaccard (Gounot, 1969).

$$S_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i + P_j - P_{ij}}$$

donde:

- S_{ij} es la similitud entre los censos i, j
- P_{ij} es el número de especies compartidas por los censos i, j
- P_i es el número de especies presentes en el censo i
- P_j es el número de especies presentes en el censo j

En el caso de información cuantitativa utiliza una modificación para este tipo de datos del índice de Czekanowski (Goldsmith y Harrison, 1976).

$$S_{ij} = \frac{2 X_{ij}}{X_i + X_j}$$

donde:

- S_{ij} es la similitud entre los censos i, j
- X_i es la suma de los valores de importancia de las especies presentes en el censo i

X_j es la suma de los valores de importancia de las especies presentes en el censo j

X_{ij} es la suma de los valores de importancia más pequeños de cada especie para los censos i, j

El algoritmo de clasificación, conocido como método de los promedios de grupos (*group average method*), (Lance y Williams, 1967; Williams, 1976, Sneath y Sokal, 1973; Orloci, 1978) es un método jerárquico, aglomerativo y politético que procede a unir, a partir de la matriz de similitudes entre censos, a los censos o grupos de censos (K,H) que cumplan en cada paso con la condición de tener el máximo M_{KH} definido de la siguiente forma:

$$M_{KH} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij}}{n \cdot m}$$

donde:

- S_{ij} es la similitud entre el censo i del grupo K y el censo j del grupo H
- n es el número de censos del grupo K
- m es el número de censos del grupo H

En otras palabras, M_{KH} es el promedio aritmético de las $n \times m$ similitudes existentes entre los $n + m$ censos a unir en cada paso.

Con este método se realizaron dos análisis, uno utilizando la información de presencia-ausencia y otro utilizando la información de cobertura.

El procesamiento de los datos se realizó mediante un programa escrito por M.O. Hill e implementado en una computadora PDP-11 de la Escuela de Biología Vegetal de la Universidad de Gales del Norte.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de la variable altitud y las categorías de la variable exposición, para

ción. A niveles de similaridad más elevados se observa la partición de estos grupos en subconjuntos de censos, lo que pone de relieve la importancia del factor altitud en la organización de las comunidades. Estos subconjuntos indican que en ambas vertientes hay una discontinuidad florística entre los censos realizados a los 940, 990 y 1040 m por un lado, y los realizados a los 1090 m y 1140 m por el otro.

En la ladera que mira al S-SE hay una partición adicional entre el conjunto de censos realizados por debajo de los 1050 m.

CONCLUSIONES

Los tres métodos utilizados proveyeron una clasificación consistente de los censos analizados y pusieron de manifiesto en forma clara la importancia que tienen los factores exposición y altitud en la organización de las comunidades vegetales a lo largo del transecto estudiado.

Las dos clasificaciones por promedios de grupos permitieron llegar a un nivel de detalle relativamente superior en cuanto a la clasificación de censos, mientras que el algoritmo de Ceska y Roemmer si bien detectó lo esencial de la estructura de los datos trabajó a un nivel de resolución inferior en cuanto a la clasificación de censos, ofreciendo no obstante la gran ventaja de mostrar los grupos de especies que están asociados con cada grupo de censos. En ese sentido observamos la ventaja de trabajar con varios métodos de clasificación simultáneamente ya que cada uno de ellos pone de manifiesto distintos aspectos de la estructura de los datos (Grigal y Goldstein, 1971).

Cabe destacar un detalle importante de la comparación de los resultados obtenidos por las dos clasificaciones realizadas con el método de los promedios de grupo. El examen de los mismos indica que la información cuantitativa no produjo resultados distintos a los obtenidos usando información cualitativa. La misma conclusión fue obtenida por los autores aplicando el análisis de componentes principales al mismo conjunto de datos (Montaña y Ezcurra, en preparación). Por otra parte, Ezcurra

(1978) encontró una tendencia similar analizando vegetación herbácea de sotobosque en Gales del Norte.

Si bien el análisis del comportamiento de los datos cualitativos comparado con el de los datos cuantitativos no se desarrolla en este trabajo, en parte ha sido estudiado por Ezcurra (1978) y está siendo actualmente desarrollado por los autores (Ezcurra y Montaña, en preparación). Como norma general podemos decir que, en ambientes como los estudiados, donde las diferencias florísticas entre censos son muy altas (elevada diversidad beta, *sensu* Whittaker, 1975), la información cualitativa (presencia-ausencia) proporciona una descripción similar (o en algunos casos menos distorsionada) de los grupos florísticos que la información cuantitativa (cobertura, biomasa, etc.). Lo cual, entre otras cosas, tiene importantes implicaciones para el trabajo de recolección de datos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Bariloche y a la Universidad de Gales del Norte por las facilidades de computación otorgadas. A Miguel Gross por el procesamiento de los datos por el método de Ceska y Roemmer. Al personal de la Cátedra de Geobotánica de la Universidad Nacional de Córdoba por la colaboración en la recolección de datos de campaña. A la Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de Córdoba por la financiación de los trabajos de campo. Al Dr. Eduardo Rapoport por la lectura del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- CABRERA, A.L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 14 (1-2):1-42.
- A.L. y WILLINK, A. 1973. *Biogeografía de América Latina*. O.E.A. Monografía n° 13, Serie Biología. Washington, D.C. 117 pp.
- CANFIELD, R.H. 1941. Application of the line-interception method in sampling

- range vegetation. *Journal of Forestry* 39: 388-394.
- CESKA, A. y ROEMMER, H. 1971. A computer program for identifying species-relevé groups in vegetation studies. *Vegetatio* 23 (3-4): 255-277.
- ELLENBERG, H. 1956. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. *En: Walter, H. (Ed.). Einführung in die Phytologie. Vol. IV, Grundlagen der Vegetationsgliederung. Pt. I.* 136 p. Stuttgart. Citado por Ceska, A. y Roemmer I. 1971. (op. cit.).
- EZCURRA, E. 1978. *Principal Component Analysis of the Understorey Vegetation at Trebournth Woods: The Effect of Data Transformation.* Magister in Scientia Dissertation. University of Wales. 101 pp.
- GOLDSMITH, F.B. y HARRISON, C.M. 1976. Description and analysis of vegetation, p. 85-155, en Chapman, S.B. (Ed.) *Methods in Plant Ecology.* Blackwell Scientific Publications, 536 pp.
- GODRON, M. 1971. *Un essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux.* Thèse de Doctorat. Université de Montpellier. Francia. 247 pp.
- GOUNOT, M. 1969. *Méthodes d'Etude Quantitative de la Végétation.* Masson et Cie., Paris. 314 pp.
- GRIGAL, D.F. y GOLDSTEIN, R.A. 1971. An integrated ordination-classification analysis of an intensively sampled oak-hickory forest. *Journal of Ecology* 59 (2): 481-492.
- GUINOCHET, M. 1973. *Phytosociologie.* Masson et Cie., Paris. 227 pp.
- LANCE, G.N. y WILLIAMS, W.T. 1967. A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. *Computer Journal* 9:373-380.
- LUTI, R., SOLIS, M.A.B., GALERA, F.M., FERREYRA, N.M., BERZAL, M., NORES, M., HERRERA, M.A. y BARRERA, J.C. 1979. Vegetación de la Provincia de Córdoba. p. 297-368. *En: Miatello, R. y otros (Eds.). Geografía Física de la Provincia de Córdoba.* Editorial Boldt. Argentina. 463 pp.
- MONTAÑA, C. 1975. Observaciones sobre la vegetación de la quebrada de Vaquerías, Valle Hermoso, Córdoba. Seminario II Carrera Doctorado. Universidad Nacional de Córdoba. 28 pp.
- MONTAÑA, C. y EZCURRA, E. 1980. A simple instrument for the quick measurement of crown projections. *Journal of Forestry* 78: 699.
- MOORE, J.J., FITZSIMONS, P., LAMBE, E. y WHITE, J. 1970. A comparison and evaluation of some phytosociological techniques. *Vegetatio* 20: 1-20.
- MUELLER-DOMBOIS, D. y ELLENBERG, H. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology.* John Wiley & Sons. U.S.A. 547 pp.
- OLORCI, L. 1978. *Multivariate Analysis in Vegetation Research.* Dr. W. Junk Publishers. The Hague. 451 pp.
- SNEATH, P.H.A. y SOKAL, R.R. 1973. *Numerical Taxonomy.* W.H. Freeman. San Francisco. 573 pp.
- SZAFER, W. y PAWLOSWSKY, B. 1927. Die pflanzenassoziationen des Trata-Gebirges. A. Bemerkungen über die angewandte Arbeitsmethodik (zu den Teilen: III., IV. und V.). *Bull. Int. Acad. pol., Cl. Sci. math. nat., Ser. B., Sci. nat.* 1926. Supplem. 2: 1-12. Citado por Ceska, A. y Roemmer, H. 1971 (op. cit.).
- WESTHOFF, V. y MAAREL, E. VAN DER 1978. The Braun Blanquet approach. p. 287-399. *En: Whittaker, R.H. (Ed.). Classification of Plant Communities.* Dr. W. Junk Publishers. The Hague. 408 pp.
- WHITTAKER, R.H. 1975. *Communities and Ecosystems.* MacMillan Publishing Company. U.S.A. 385 pp.
- WILLIAMS, W.T. 1976. Hierarchical agglomerative strategies. p. 84-90. *En: Williams, W.T. (Ed.) Pattern Analysis in Agricultural Science.* CSIRO-Elsevier Scientific Publishing Company. Australia. 331 pp.

EXPOSICION	N - N W					S - S E																																												
ALTITUD	1140 m	1090 m	1040 m	990 m	940 m	940 m	990 m	1040 m	1090 m	1140 m																																								
Nº DEL CENSO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

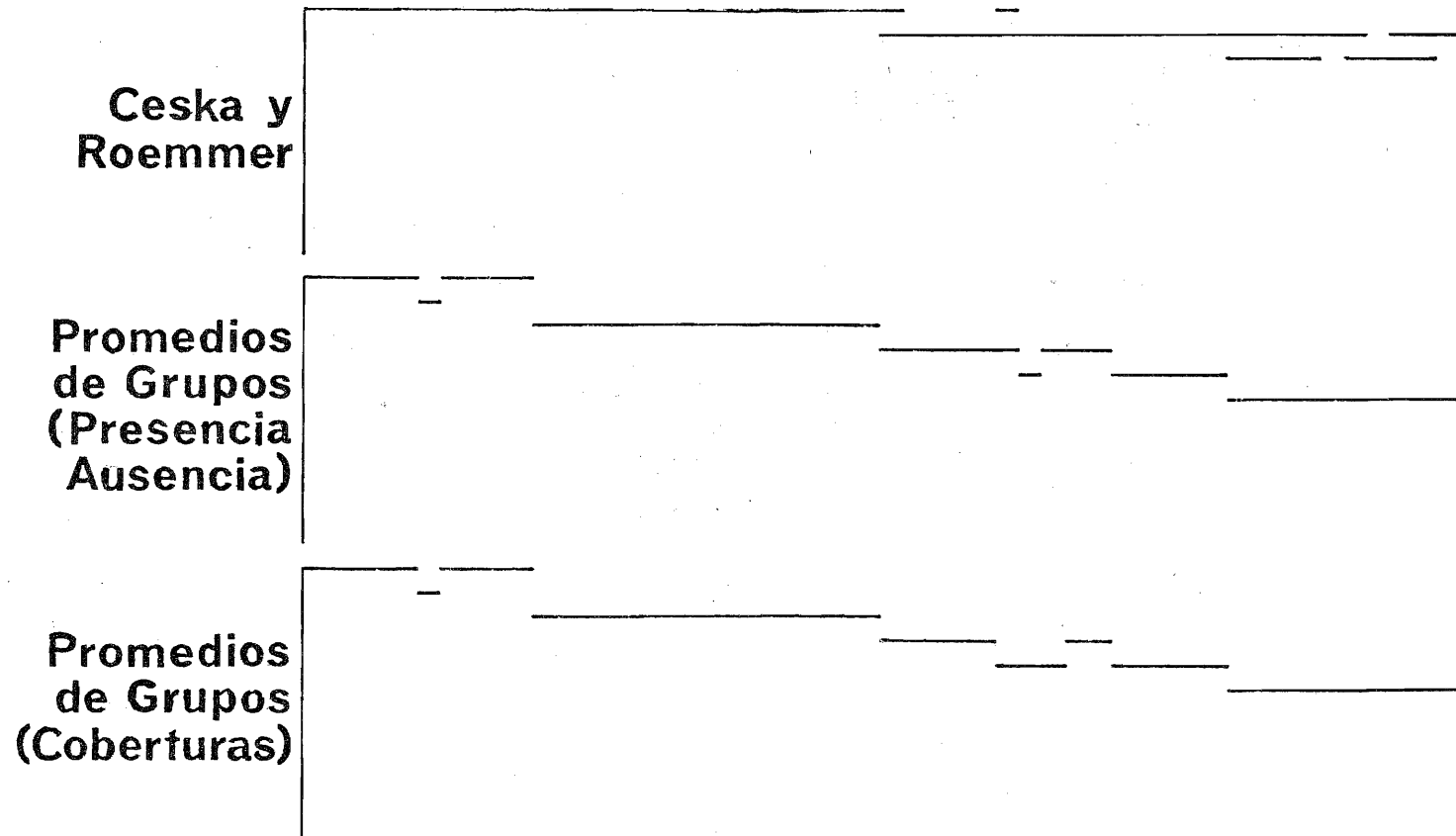


Fig. 2. Grupos de censos obtenidos en las tres clasificaciones realizadas. Cada línea horizontal corresponde a un grupo de censos e indica los censos que lo constituyen.

Fig. 2. Groups of stands formed by the classification procedures. Each horizontal line corresponds to a group and indicates the individual stands which form it.

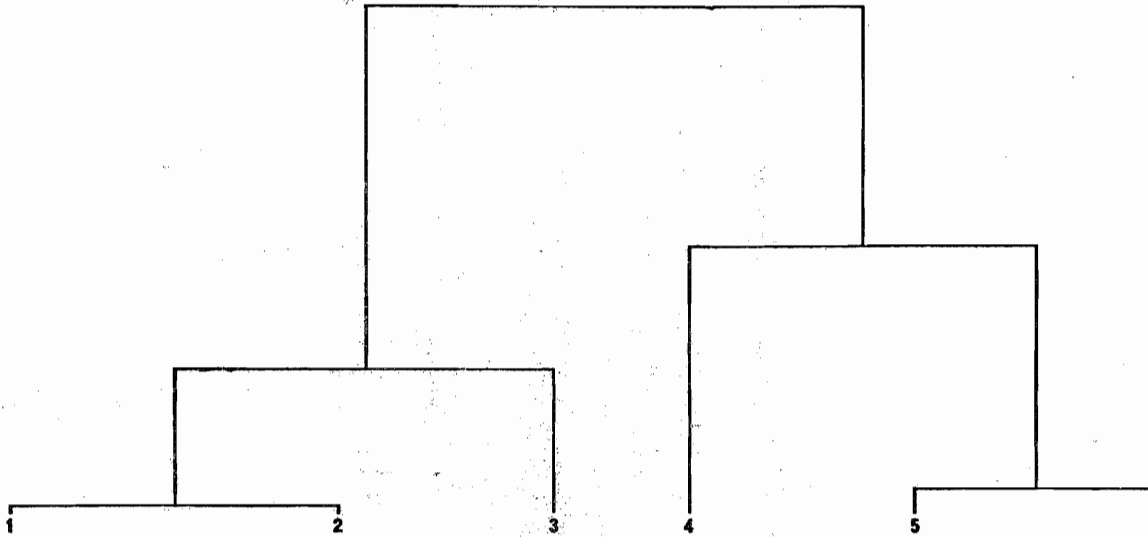


Fig. 3. Clasificación de censos obtenida por el método de los promedios de grupo utilizando información cuantitativa (cobertura). Los números que aparecen al pie del dendrograma identifican a los siguientes grupos de censos. Grupo 1: censos 1 al 5 y 7 al 10. Grupo 2: censos 11 al 25. Grupo 3: censo 6. Grupo 4: censos 26 al 30, 34 y 35. Grupo 5: censos 31 al 33 y 36 al 40. Grupo 6: censos 41 al 50. El eje vertical corresponde a valores de similitud.

Fig. 3. Stand classification produced by the group-average method with quantitative information (cover). The numbers at the bottom of the dendrogram indicate the following groups: Group 1: stands 1 to 5 and 7 to 10. Group 2: stands 11 to 25. Group 3: stand 6. Group 4: stands 26 to 30, 34 and 35. Group 5: stands 31 to 33 and 36 to 40. Group 6: stands 41 to 50. Vertical axe measures similarity.

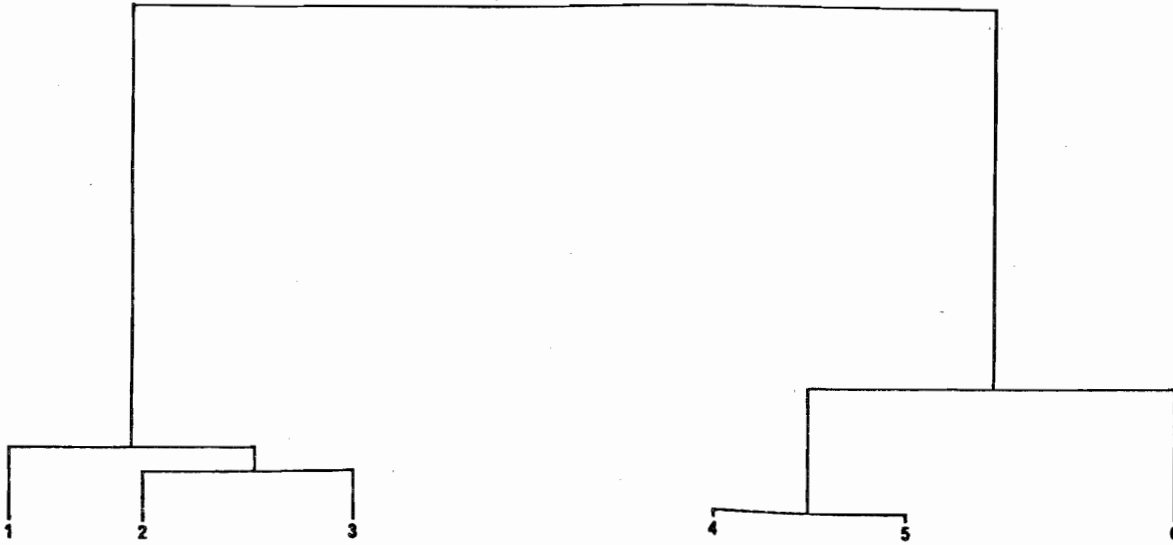


Fig. 4 Clasificación de censos obtenida por el método de los promedios de grupo-utilizando información cualitativa (presencia-ausencia). Los números que aparecen al pie del dendrograma identifican a los siguientes grupos de censos. Grupo 1: censos 1 al 5 y 7 al 10. Grupo 2: censo 6. Grupo 3: censos 11 al 25. Grupo 4: censos 26 al 31 y 33 al 35. Grupo 5: censos 32 y 36 al 40. Grupo 6: censos 41 al 50. El eje vertical corresponde a valores de similitud. Fig. 4. Stands classification produced by the group-average method with qualitative information (presence-absence). The number at the bottom of the dendrogram indicate the following groups: Group 1: stands 1 to 5 and 7 to 10. Group 2: stand 6. Group 3: stands 11 to 25. Group 4: stands 26 to 31 and 33 to 35. Group 5: stands 32 and 36 to 40. Group 6: stands 41 to 50. Vertical axe measures similarity.

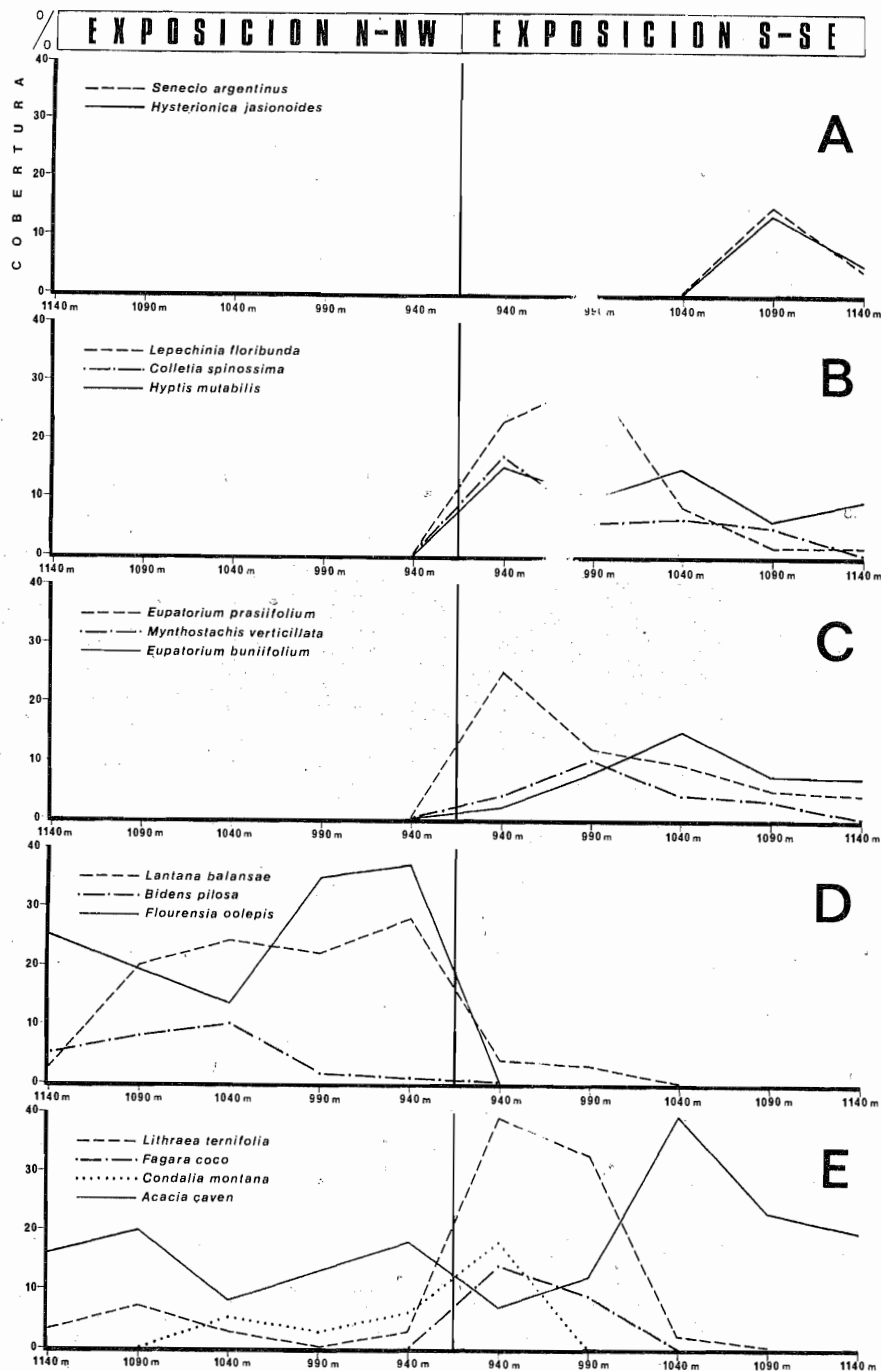


Fig. 5 Valores promedio de cobertura para cada área de muestreo. En A, B, C y D se presentan los valores para las especies "diagnóstico" resultantes de la aplicación del algoritmo de Ceska y Roemmer. A: especies del Grupo 3. B y C: especies del Grupo 2. D: especies del Grupo 1. En E se presentan los valores para las especies leñosas fisonómicamente importantes que no resultan especies "diagnóstico".
 Fig. 5 Mean cover values for each sampling area. The values for the diagnostic species which result from the use of the Ceska and Roemmer algorithm are shown in A, B, C and D. A: species from Group 3. B and C: species from Group 2. D: species from Group 1. The values for physiognomically important woody species are shown in E.