

ORDENAMIENTO Y CLASIFICACION DE LA VEGETACION EN UN AREA DEL SUR DEL DISTRITO DEL CALDEN

Por ROBERTO M. BOO y DANIEL V. PELAEZ¹

Summary *Ordination and classification of the vegetation in an area of the south of the calden district.* This work is the analysis of the existing variability of the vegetation in an area of the southern Calden District, province of La Pampa, Argentina. The objective was to define homogeneous units, in order to select sites to perform studies related to range management. Vegetation field data were analyzed with ordination, classification, and regression techniques. Results showed that there is a high level of homogeneity in all the study area. The variability represents a complex gradient associated to topography, grazing intensity, and interaction between both factors. A taxonomic rule was adopted, based on percent similarity among samples, in order to define classes in a hierarchical classification procedure. consequently, four vegetational units with similar levels of internal homogeneity were defined. These units are associated to topographic position and grazing intensity within the study area.

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es analizar las comunidades vegetales en un área representativa del sur del caldenal y determinar la heterogeneidad existente. El área estudiada abarcó alrededor de 100.000 ha en el Departamento Caleu-Caleu en la provincia de La Pampa (Fig. 1).

El clima de la región es semiárido con 400 mm de precipitación anual y evapotranspiración potencial de 800 mm. La topografía es accidentada con mesetas, depresiones, grandes pendientes y bajos. Los suelos en el área de estudio son Molisoles asociados a Entisoles con textura franco-arenosa, reacción calcárea en todo el perfil y con un horizonte petrocálcico generalmente antes del metro de profundidad (INTA, Prov. La Pampa & UNLP, 1980).

El área se ubica en el Distrito del Caldén de la Provincia del Espinal (Cabrera, 1976). Fisonómicamente los tipos de vegetación de la región son bosque bajo con arbustos, arbustal y pastizal con árboles aislados (Cano *et al.*, 1980). El caldenal de la provincia de San Luis ha sido descrito por Cano & Movia (1967) y Anderson *et al.* (1970) y el del centro de la provincia de La Pampa por Esterlich *et al.* (1985).

La actividad regional más importante es la cría de vacunos utilizando la vegetación natural. El manejo característico es el pastoreo continuo con excesiva carga animal que produce el deterioro de suelo y vegetación generalizado en la región.

METODOS

Se utilizaron parcelas de muestreo de 25 m² para el estrato herbáceo y 400 m² para el leñoso. Estas parcelas se ubicaron teniendo en cuenta los tres requerimientos establecidos por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974): área mínima, uniformidad aparente de hábitat y homogeneidad florística; como guía se utilizó un relevamiento fisiográfico previo (González Uriarte, comunicación personal). Se evitaron zonas cercanas a aguadas, corrales, construcciones, caminos, quemadas recientemente y demasiado perturbadas. En cada parcela se estimó la altura de los distintos estratos, el porcentaje de cobertura de los estratos leñoso y herbáceo y de suelo desnudo; se confeccionó la lista florística y se estimó la abundancia y cobertura con la escala combinada de Braun-Blanquet (1979). Se anotó el grado de pastoreo, vigor de las especies, signos de erosión, etc. En las pendientes se determinó la exposición y se estimó la inclinación.

Los datos se clasificaron mediante TWINSPLAN (Hill, 1979a) y se ordenaron mediante DECORANA (Hill, 1979b) utilizando los programas provistos por la universidad de Cornell. Previamente, los datos fueron transformados reemplazando los va-

¹ Docentes de la Universidad Nacional del Sur, miembros del Centro de Recursos Naturales Renovables de la zona Semiárida e investigadores de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires.

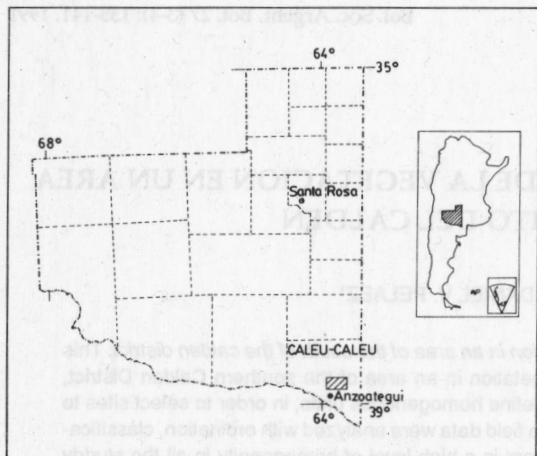


Fig. 1.-- Ubicación geográfica del área de estudio. Departamento de Caleu-Caleu, provincia de La Pampa.

lores originales por el valor medio de cobertura de cada clase (Braun-Blanquet, 1979), transformándolos a una escala tipo Domin (Moore *et al.*, 1970) y utilizando solamente presencia-ausencia. Durante la clasificación se siguió una regla tipo 2 (Lambert & Williams, 1966) a fin de no proseguir las divisiones más allá de un determinado nivel jerárquico; para ello, se calculó la heterogeneidad promedio en base al coeficiente de Sørensen (Goodall, 1978) y se tomó el 75% de similitud como valor crítico.

Se analizó la correlación existente entre los valores de cobertura de leñosas, herbáceas y suelo desnudo con el primer eje producido por DECORANA. Para esto, se analizó una serie de transformaciones (Box & Cox, 1964; Drapeer & Hunter, 1969) sobre los valores de porcentaje, seleccionando aquella que tendía a maximizar el coeficiente de correlación (r). Con la transformación seleccionada se realizó un análisis de regresión múltiple mediante un modelo lineal general (Johnson & Wichern, 1982) analizando paso a paso las distintas combinaciones entre variables. Con esta información y el análisis de los coeficientes de correlación entre variables, se seleccionó el modelo que maximizaba el coeficiente de determinación (R^2) tomando como variable dependiente los valores sobre el primer eje del ordenamiento.

Las especies mencionadas como indicadores y preferenciales sólo tienen el alcance dado por Hill (1979a). Tanto en la clasificación como en el ordenamiento se fueron eliminando las especies accidentales o con bajos valores de constancia para eliminar el nivel de ruido en el análisis.

Para la nomenclatura se sigue a Itria (1961), INTA (1963-1970) y Roig (1970).

RESULTADOS Y DISCUSION

De las tres transformaciones utilizadas en el ordenamiento y clasificación de los datos, los mejores resultados se obtuvieron con los valores de presencia-ausencia, ya que con éstos la distorsión y superposición entre los grupos definidos es menor.

En la tabla 1 se presenta el análisis producido por TWINSpan con datos de presencia-ausencia. Se han eliminado de la misma las especies de bajo valor de constancia que figuran al pie de la tabla. Los valores de presencia-ausencia se han reemplazado por los valores originales de abundancia-cobertura sumando 1 a la escala de Braun-Blanquet de modo que + está representado por 1; 1 por 2 y así sucesivamente. En cada nivel las secuencias de ceros y unos indican las divisiones, al pie para las parcelas y en la columna de la derecha para las especies que TWINSpan clasifica simultáneamente. En la figura 2 se presenta el dendrograma de las distintas unidades producidas en esta clasificación; los números de las parcelas de muestreo que figuran en cada grupo corresponden al primero y al último en la secuencia de la tabla 1.

En la primera división se segregan las parcelas 8, 34, 68 y 66 que no integran ninguna unidad aunque las parcelas 66 y 68 alcanzan 75% de similitud. Estas parcelas se ubican en lugares bajos y muy perturbados. El resto de las parcelas de muestreo se dividen en cuatro unidades que se describen a continuación:

Unidad A: Se encuentra restringida a la zona de ruptura de pendientes y niveles planos próximos a este accidente topográfico. La cobertura de leñosas es de 70-75% con una altura que alcanza los 2,5 m. La cobertura de especies herbáceas es de 35-40% alcanzando una altura de 35-40 cm. El porcentaje de suelo desnudo es de 40-45%. La especie leñosa dominante es *Prosopis flexuosa*; *Condalia microphylla* y *Acantholippia seriphioides* le siguen en importancia. *Larrea cuneifolia* y *Thymophylla belenidium* sólo aparecen en esta unidad, mientras que *Aloysia gratissima* sólo aparece accidentalmente en otras unidades. La especie dominante en el estrato herbáceo es *Stipa speciosa*. Con menores valores de cobertura aparecen *Piptochaetium napostaense*, *Stipa tenuis* y *Stipa gynerioides*. Se observó un grado de pastoreo muy intenso.

Unidad B: Las parcelas de esta unidad se encuentran preferentemente en las pendientes, aunque varias de ellas aparecen en los niveles planos. El estrato leñoso presenta una cobertura de 65-75%

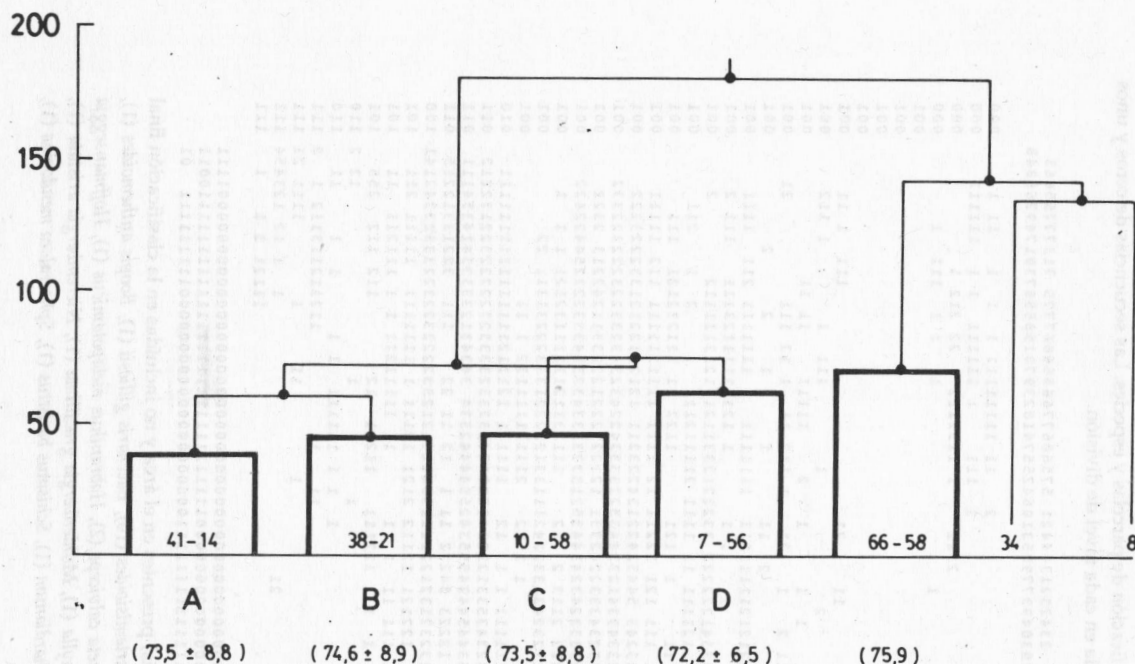


Fig. 2.-- Dendrograma de la clasificación realizada por TWINSpan. Entre paréntesis se incluyen el valor medio y desvío estándar del coeficiente de similitud para cada clase (A-D). La ordenada es la distancia euclidiana promedio en el ordenamiento realizado por DECORANA (dentro de un grupo utilizando todos los pares que lo forman y entre grupos utilizando todos los pares con un miembro de cada grupo).

que en la unidad A debido probablemente al efecto de incendios, es de 50-70%. El estrato arbustivo llega hasta una altura de 2 m y algunos caldenes llegan a 4 m de altura. El porcentaje de suelo desnudo promedia un 35%. La cobertura de especies herbáceas es del 45% con una altura de 30-50 cm. La especie leñosa dominante es *Prosopis flexuosa*. Son abundantes *Condalia microphylla*, *Prosopis caldenia* y en menor grado *Chuquiraga erinacea* y *Larrea divaricata*. *Acantholippia seriphoides* es una especie muy frecuente y con bajos valores de cobertura. Entre las herbáceas *Stipa tenuis* y *Piptochaetium napostaense* son codominantes. Una especie muy constante aunque con bajos valores de cobertura es *Stipa speciosa*. Existen evidencias de pastoreo intenso.

Unidad D: Se ubica topográficamente en las planicies. La cobertura total de leñosas es 50-60% con una altura promedio de las arbustivas de 1 m, algunos caldenes (*Prosopis caldenia*) aislados alcanzan los 5 ó 6 m de altura. El porcentaje de suelo desnudo es de un promedio del 30%. La cobertura de especies herbáceas es de 50% aproximadamente con una altura que alcanza los 50-60 cm para las especies de mayor porte. Las especies leñosas dominantes son *Prosopis flexuosa* y *Prosopis caldenia*. *Larrea diva-*

ricata y *Condalia microphylla* también se encuentran con altos valores de abundancia. En el estrato herbáceo la especie dominante es *Stipa tenuis*. *Piptochaetium napostaense*, *Stipa speciosa* y *Stipa gynerioides* también son abundantes. Un hecho muy notable es la presencia de especies de alta preferencia animal como *Stipa clarazii* y *Stipa papposa*. La intensidad de pastoreo parece ser moderada.

Resulta de interés señalar algunas coincidencias y diferencias entre estas unidades y las descriptas para la región por Cano *et al.* (1980), aunque las definidas por estos autores se basan en un criterio fisonómico. Ellos indican una menor cobertura de leñosas para el área de este trabajo, lo que podría deberse a incendios recientes en la época en que realizaron las tareas de campo. Un incendio ocurrido en el verano de 1973 abarcó casi la totalidad del área. Los parcelas 8, 34, 68 y 66 podrían agruparse dentro del "bosque muy abierto caducifolio micrófilo de *Prosopis caldenia*" o "caldenal sucio". Las unidades A y en menor grado la B, se asemejan al "jarillal" con algunas diferencias con respecto a los valores de abundancia de las especies. La unidad B probablemente ha sufrido el proceso de deterioro y arbustización (Cano, 1975) conducente al "fachinal". La unidad C guarda similitud con el "arbus-

tal perennifolio micrófilo" o "monte bajo" que los autores ubican un poco más al norte del área abarcada por este trabajo, aunque en la unidad C existe una mayor abundancia de *Prosopis caldenia* y *Prosopis flexuosa*. La unidad D presenta características intermedias entre varias unidades definidas para la región, no obstante la presencia de *Stipa clarazii* y en menor grado de *Stipa papposa*, no incluidas en las descripciones para el área realizadas por Cano *et al.* (1980), le confieren características únicas. No obstante, la presencia de *Stipa clarazii* que corresponde a lugares con indicios de pastoreo menos intenso, concuerda con lo expresado por Cano (1988) en cuanto a su hábitat y al hecho de incrementar su abundancia en áreas excluidas al pastoreo.

Del análisis de los resultados producidos por DECORANA sólo el primer eje con un autovalor asociado de 0,194 resulta significativo, ya que el autovalor que corresponde al segundo eje es mucho menor (0,085) y puede desecharse. La tabla 2 muestra el ordenamiento de las parcelas y los valores correspondientes sobre el primer eje, dichos valores son desvíos estándar (DE) de la tasa de recambio de las especies (diversidad β , Whitakker, 1960). El eje representa una escala en la cual las especies aparecen y desaparecen de acuerdo a una tasa de recambio constante. Un rango de 400 (4,00 DE) sobre el eje representa la distancia en la que la especie aparece, alcanza su valor máximo y desaparece. Dos muestras separadas por un valor de 400 sobre el eje no están relacionadas por no tener especies en común.

En la tabla 2 puede observarse que la variación total alcanza 3,23 DE, pero que el gradiente varía muy rápidamente desde los valores más altos y luego disminuye muy lentamente. La mitad de la variación representada en el eje separa las parcelas 8, 34, 68 y 66, que a su vez son separadas por la primera división producida por TWINSPLAN. Estas unidades están asociadas con los fondos planos de los bajos, con un rico estrato gramíneo y poca abundancia de especies leñosas.

El resto de las parcelas, desde la 19 hasta la 4, sólo cubre un rango de 1,44 DE sobre el eje denotando una gran similitud florística entre las mismas, como así también un cambio muy paulatino en el gradiente representado por el eje. Puede observarse la concentración de unidades pertenecientes a la comunidad A en el origen del eje, estas parcelas son características de las rupturas de las pendientes y de los niveles planos próximos a ellas. La presencia de esta comunidad puede predecirse en función de este accidente topográfico.

El resto del segmento 19-4, muestra un ordenamiento que es en líneas generales coincidente con

Tabla 2.-- Ubicación de las parcelas sobre el primer eje de DECORANA con los valores de desvío estándar (DE) correspondientes.

PARCELA	DE	PARCELA	DE
8	323	78	73
34	210	12	71
68	210	61	71
66	188	33	70
19	144	25	69
77	137	44	69
52	131	21	68
6	128	71	68
74	121	76	68
79	121	39	67
73	120	1	65
58	112	28	64
56	110	38	62
59	106	2	61
31	99	47	59
10	95	9	57
54	93	43	57
27	91	11	51
75	90	16	51
7	89	41	51
69	89	26	50
63	88	36	46
22	83	46	46
55	82	48	46
62	81	49	46
64	81	15	45
72	81	53	44
40	79	5	42
17	78	35	41
23	77	42	41
60	77	3	34
29	76	50	32
32	76	14	29
30	75	24	19
57	75	18	16
20	74	37	10
45	74	51	8
65	74	13	3
67	74	4	0
70	73		

los grupos formados por la clasificación, si bien la separación no es nítidamente marcada. Aunque este último hecho resulta lógico, si se considera la gran similitud florística entre las unidades de muestreo y la escasa separación en la escala representada por el eje. La figura 3 muestra el diagrama de dispersión de los datos en el espacio definido por los tres primeros ejes producidos por DECORANA. Se excluyen las parcelas 8, 34, 68 y 66 para un mejor efecto visual.

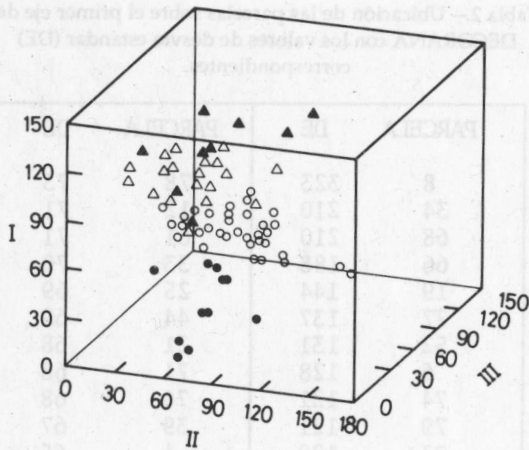


Fig. 3.-- Diagrama de dispersión de los datos (unidades A, B, C y D) en el espacio de los ejes I, II y III producido por DECORANA (● = A, ○ = B, △ = C, ▲ = D).

El análisis de las correlaciones entre el primer eje del ordenamiento (Y), el porcentaje de suelo desnudo (S), el porcentaje de cobertura de especies leñosas (L) y el porcentaje de cobertura de especies herbáceas (H), produjo la matriz de valores de r que se presenta en la tabla 3.

El porcentaje de suelo desnudo y el porcentaje de leñosas se correlacionan negativamente con el eje Y y con la cobertura de herbáceas. En tanto que Y y H se correlacionan positivamente, como así también S y L. La correlación más alta existe entre S y L.

La ecuación de regresión múltiple que maximiza la proporción de la variación explicada por el modelo ($R^2 = 0,46$) es:

$$Y = 1,860113 - 0,006686 L + 0,00049 H$$

El análisis de varianza para la regresión resultó altamente significativo ($P < 0,01$). La inclusión de S en el modelo no aumenta el valor de R^2 dado que explica la misma variación que L debido a la alta correlación entre ambas variables.

El relativo reemplazo de especies herbáceas por leñosas debido al sobrepastoreo es un hecho citado en diversas regiones (León & Aguiar, 1985), en el caldenal es mencionado por Cano (1975). Las observaciones realizadas en cada parcela de muestreo referentes a presencia y abundancia de especies de alta preferencia animal, producción de semillas y establecimiento de estas especies, grado de erosión y grado de uso, indican que salvo excepciones, la totalidad del área ha sido sometida a un excesivo

Tabla 3.-- Coeficientes de correlación entre el primer eje producido por DECORANA (Y), % de suelo desnudo (S), cobertura % de leñosas (L) y cobertura % de herbáceas (H).

	Y	S	L	H
Y	1,00000			
S	-0,46716	1,00000		
L	-0,64546	0,66415	1,00000	
H	0,55982	-0,57237	-0,62683	1,00000

pastoreo. Los efectos se manifiestan en forma más marcada en las pendientes donde ocurre erosión laminar frecuentemente y en casos más extremos, formación de cárcavas. Así por ejemplo, *Stipa clarrazii* aparece típicamente en los niveles topográficos planos y con indicios de un pastoreo moderado, en las pendientes aparece muy raramente siempre que se encuentre en áreas protegidas del pastoreo o con indicios de pastoreo muy moderado. Esta especie de muy alta preferencia animal probablemente se adapte mal a una alta presión de pastoreo debido a su porte erecto. El caso inverso lo constituye *Stipa speciosa*, especie que los animales consumen parcialmente cuando la disponibilidad forrajera es muy baja, que aparece como más abundante cuando los signos de pastoreo intenso son más evidentes. El aumento de la cobertura de especies leñosas, del porcentaje de suelo desnudo y la disminución de la cobertura de herbáceas evidenciado en el análisis de regresión, parece relacionarse con estos dos factores. Es decir, que el primer eje de DECORANA representaría un gradiente complejo debido a la posición topográfica, la intensidad de uso y la interacción entre estos dos factores.

Es interesante puntualizar la coincidencia que existe en algunos aspectos con lo expresado por Cano *et al.* (1980), quienes definen al caldenal como una comunidad homogénea, con ligeras diferencias que relacionan con la ubicación topográfica. Al mismo tiempo señalan que una de las causas de la variación existente es debido a factores antrópicos como la tala, el fuego y el sobrepastoreo.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que existe: 1) una homogeneidad relativamente alta para toda el área de estudio, 2) la variabilidad encontrada responde a un gradiente complejo asociado a la posición

topográfica, la intensidad del pastoreo y la interacción entre ambos factores. Fueron definidas cuatro unidades de vegetación con un nivel de homogeneidad similar y que se correlacionan con los factores mencionados, esto es: posición topográfica e intensidad de uso.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Rolando J. C. León por su valioso asesoramiento en las tareas de campo. A la Lic. Magdalena González Uriarte por las tareas previas de fotointerpretación y delimitación de unidades geomorfológicas. Al Ing. Agr. Sergio Lamberto por su ayuda en la identificación de las especies.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, D. L., J. A. DEL AGUILA & A. E. BERNARDON. 1970. Las formaciones vegetales en la provincia de San Luis. *RIA, serie 2, biol. y prod. vegetal* 7 (3): 153-183.

BOX, G. E. P. & D. R. COX. 1964. An analysis of transformations. *J. Royal Statistical Society. B-26*: 211-243.

BRAUN-BLANQUET, J. 1979. *Fitosociología*. Ed. H. Blume. Rosario. 820 pp.

CABRERA, A. L. 1963-1970. *Flora de la provincia de Buenos Aires*. Colección científica del INTA, tomo IV (1-6). Buenos Aires.

-- 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia argentina de agricultura y ganadería*. tomo 2. Fasc. 1. Ed. Acme. Buenos Aires. 85 pp.

CANO, E. 1975. Pastizales en la región central de la provincia de La Pampa. *IDIA* 331-333: 1-15.

-- 1988. Pastizales naturales de La Pampa. tomo I: Descripción de las especies más importantes. *CREA*. 425 pp.

-- (Coordinador), 1980. *Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa*. INTA, prov. La Pampa y Univ. Nac. La Pampa. Bs. As. 493 pp.

-- & C. MOVIA. 1967. Utilidad de la fotointerpretación en la cartografía de comunidades vegetales del bosque de caldén. *INTA, Ser. Fitogeog.* 8. Buenos Aires 44 pp.

-- , B. FERNANDEZ & M. A. MONTES. 1980. Región meridional (vegetación). p. 359-443. en: INTA, Prov. de la Pampa & Univ. Nac. de La Pampa (Ed.). *Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa*. Buenos Aires. 493 pp.

DRAPER, N. R. & W. G. HUNTER. 1969. Transformations: some examples revisited. *Technometrics* 11 (1): 23-40.

ESTERLICH, H. D., A. D. COLLADO & E. CANO 1985. Relevamiento fitosociológico de un bosque de *Proso-pis caldenia* en la provincia de La Pampa. *Rev. Asoc. Pampeana Ciencias Nat. Ser. Sup.* 1. p. 36-51.

GOODALL, D. W. 1978. Sample similarity and species correlations. En: R. H. Whittaker (Ed.), *Ordination of plant communities*. Junk, The Hague. p. 99-149.

HILL, M. O. 1979a. *TWINSPAN. A fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes*. Publ. of Section of Ecology and Systematics. Cornell Univ. Ithaca, N. Y. 90 pp.

-- 1979b. *DECORANA. A fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging*. Publ. of Section of Ecology and Systematics. Cornell Univ. Ithaca, N. Y. 52 pp.

ITRIA, C. D. 1961. Identificación de las gramíneas de la provincia de La Pampa por sus caracteres vegetativos. *Rev. Inv. Agr.* 15: 5-82.

JOHNSON, R. A. & D. W. WICHERN. 1982. *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice-Hall Inc. Englewood, N. J. 594 pp.

LAMBERT, J. M. & W. T. WILLIAMS. 1966. Multivariate methods in plant ecology. VI. Comparison of information-analysis and association-analysis. *J. Ecol.* 54: 635-664.

LEON, R. J. C. & M. R. AGUIAR. 1985. El deterioro por uso pasturil en estepas herbáceas patagónicas. *Phytocoenologia* 13 (2): 181-196.

MOORE, J. J., S. J. FITZSIMONS, E. LAMBE & J. WHITE. 1970. A comparison and evaluation of some phytosociological techniques. *Vegetatio* 20 (1-4): 1-20.

MUELLER-DOMBOIS, D. & H. ELLENBERG. 1974. *Aims and methods in vegetation ecology*. Ed. J. Wiley & Sons. New York. 547 pp.

ROIG, F. A. 1970. Flora y vegetación de la reserva forestal de Ñancuñán. *Deserta* 1: 25-199.

WHITTAKER, R. H. 1960. Vegetation of the Syskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monog.* 30: 279-338.