

Elaboración automática de datos fitosociológicos

por

F. González Bernáldez, P. Montserrat Recoder y A. Gil Criado

Las técnicas de obtención de unidades de vegetación empleadas en Fitosociología (1) han sido enjuiciadas diversamente por varios autores y, ciertamente, no han faltado quienes han criticado severamente el conjunto del sistema o ciertos aspectos concretos de éste. POORE (1955) usó los calificativos de "oscuro y aleatorio" para referirse a la etapa de la distinción de asociaciones. Ese autor y otros más recientes (V. PROCTOR, 1966) han echado de menos descripciones más detalladas de los sistemas empleados para la elaboración de los datos fitosociológicos. PROCTOR (1966) considera que hay una gran participación de la intuición en el conjunto del sistema, lo cual nos parece común a otras actividades de clasificación, como son la taxonomía botánica y zoológica, etc. Los métodos tradicionalmente empleados en esas actividades han resistido y siguen resistiendo —aparentemente con éxito— a su sustitución por otras técnicas y actitudes menos subjetivas.

Quizás en el conjunto de los métodos fitosociológicos clásicos, la elaboración de las series de inventarios no desempeña más que un papel relativamente modesto. La elección o selección de éstos y la jerarquización de los resultados en el "sistema" total de la vegetación pueden tener una importancia mayor. No cabe duda que la integración jerárquica de las unidades de vegetación ("Einstufung der Vegetationseinheiten") se ha hecho de acuerdo con criterios que han ido variando en el tiempo (V. ELLENBERG, 1956, págs. 57 y 64). En esta fase, el tacto y la intuición parecen tener un papel decisivo. En el caso de los métodos automáticos de clasificación (2) el problema de la integración de los inventarios de una serie concreta en un sistema general preestablecido no difiere esencialmente de la operación normal de clasificación más que en el enorme número de inventarios que habría que tratar a la vez. En muchos casos la constitución de un sistema general sería imposible, tanto por el enorme volumen de cálculo necesario como por la falta de especies comunes a algunas series de ellos.

(1) El término Fitosociología se usa aquí en el sentido que tiene en el "continente" europeo, es decir: recogiendo el significado que le da la Escuela de Braun Blanquet, de Zürich-Montpellier, escuela "ortodoxa", "continental" etc.

(2) Preferimos la denominación de "automáticos" en vez de "objetivos" para designar los métodos en que el proceso de clasificación u ordenación se realiza sin intervención del operador, una vez definida la estrategia escogida e iniciado el proceso. Esos métodos son ordinariamente numéricos, y —dado el volumen de datos examinados en la práctica— requieren el uso de ordenadores electrónicos.

No obstante, hemos creído de utilidad la comparación de los resultados obtenidos por los fitosociólogos con los producidos por sistemas automáticos de clasificación, cuya forma de operar es uniforme y fácil de describir. El interés de la comparación no está solamente en la detección de las posibles coincidencias o discrepancias, sino en que puede facilitarse la comprensión y valoración de las operaciones realizadas por referencia a modelos susceptibles de descripción cuantitativa.

No todos los sistemas automáticos imaginados hasta ahora, ni otros que podrían descubrirse, se prestan fácilmente a esa comparación con la Fitosociología. Probablemente, ninguno de ellos puede representar un paralelismo riguroso. No obstante, como la actividad del fitosociólogo culmina en la obtención de unidades discretas de vegetación, parece que los sistemas de clasificación y no los de ordenación serán los más adecuados para la comparación. El "análisis de asociación" ("association analysis") descrito por WILLIAMS y LAMBERT (1959) se asemeja a los resultados fitosociológicos, pero discrepa en cuanto a metodología por su carácter "monotético". Si la meta perseguida por la Fitosociología es el establecimiento de tipos de vegetación de composición florística parecida (florísticamente homogéneos) caracterizados además por la presencia o ausencia de determinadas especies (características, diferenciales, etc.), los sistemas basados en la teoría de la información (LANCE y WILLIAMS, 1966) pueden ofrecer un modelo de referencia muy útil.

El "análisis de información" en su modalidad de elección centroide nos parece además el sistema de clasificación de vegetación en unidades discretas más potente que se conoce. Aunque puede conducir a ligeras desviaciones respecto de una clasificación óptima o única, las causas de estas desviaciones son conocidas y, en muchos casos, detectables.

Por las razones citadas nos ha parecido útil e instructiva la comparación de clasificaciones realizadas y publicadas por fitosociólogos con anteriores a la introducción de los sistemas basados en la teoría de la información.

COMENTARIOS METODOLÓGICOS.

El "análisis de información" descrito por WILLIAMS y LAMBERT (1966) se programó para el ordenador IBM 7070 del Centro de Cálculo Electrónico del C. S. I. C., para la estrategia de elección centroide que se describe a continuación. El volumen de cálculo que lleva consigo esta estrategia es muy considerable. Dado que nuestro programa es solamente experimental no tiene interés la mención del tiempo empleado.

La aplicación de la teoría de la información es relativamente reciente (1), por lo que consideramos justificado la mención de los principios en que se basa el método empleado. Pueden verse más detalles en LANCE y WILLIAMS (1966) y las relaciones con la estadística en KULLBACK (1959).

(1) R. Margalef ha sido el pionero de la aplicación de la teoría de la información al problema de la heterogeneidad espacial de comunidades y, por lo tanto, a la distinción de "tipos" de comunidades por medio de esa teoría. Entre muchas otras aplicaciones de la teoría de la información, en las págs. 39-47 de "La teoría de la información en ecología" (*Mem. R. Academia Ciencias y Artes de Barcelona*, 32, 1957) emplea un enfoque básicamente semejante al que usamos aquí.

Como punto de partida se utilizaron datos de presencia y ausencia de las distintas especies de plantas (atributos) en los inventarios (individuos).

Un grupo de n individuos puede especificarse por la presencia o ausencia de s atributos. Si a_j es el número de individuos que poseen el j^{avo} atributo, el estadístico I se define como:

$$I = sn \log n - \sum_{j=1}^s [a_j \log a_j + (n - a_j) \log (n - a_j)]$$

Este estadístico tiene origen en el concepto de entropía (3). Se hace igual a cero cuando todos los miembros del grupo son idénticos, y puede considerarse como una medida del desorden del grupo. El camino utilizado fue reunir aquellos pares de individuos o grupos de individuos cuya fusión produce el menor aumento de I (ΔI , o ganancia de I). Sin embargo, el valor absoluto de I (contenido total de información) se utilizó para la representación gráfica de las agrupaciones obtenidas, utilizándolo en forma de ordenada y colocando las distintas fusiones del árbol dicotómico resultante a una altura proporcional a su contenido total de información. Se utilizaron logaritmos naturales.

La estrategia aplicada fue de tipo centroide (opuesta al proceso más sencillo de la elección del "vecino más próximo"). El proceso comienza con el cálculo de I entre todos los posibles pares de individuos. Si hay N individuos, esto supone el cálculo de $1/2 N(N - 1)$ valores de I al comienzo. El par de individuos que producen el menor ΔI se añaden uno a otro, atributo a atributo, para formar un nuevo individuo sintético, que se etiqueta con el próximo número de serie disponible. Los datos referentes a cada individuo miembro del grupo obtenido, así como los correspondientes a grupos en que se encontrase

(3) Si un sistema es capaz de existir en cualquiera de varios estados discretos, y si la probabilidad del estado i^{avo} es p_i , una medida adecuada de la entropía del sistema viene dada por

$$H = - \sum_i p_i \log p_i, \text{ según demuestra SHANON (1948)}$$

Si un sistema (el caso de un atributo de presencia o ausencia) tiene sólo dos estados con probabilidades p y $(1 - p)$ la expresión anterior se reduce a

$$H = - [p \log p + (1 - p) \log (1 - p)]$$

Si un grupo de n individuos se especifica por la presencia o ausencia de s atributos, y la probabilidad de la presencia o ausencia del j^{avo} atributo es p_j , la entropía media del sistema viene dada por

$$H = - \sum_{j=1}^s [p_j \log p_j + (1 - p_j) \log (1 - p_j)]$$

Si hay a_j individuos que posean el j^{avo} atributo, la mejor estima de p_j es a_j/n , pudiéndose definir un "contenido de información" de todo el sistema, I , en la forma siguiente $I = nH$. Sustituyendo, tenemos

$$I = sn \log n - \sum_{j=1}^s [a_j \log a_j + (n - a_j) \log (n - a_j)]$$

(V. LANCE y WILLIAMS, 1966, de donde se ha tomado esta aclaración, para otros detalles.)

alguno de esos individuos, se borran. Vuelven a calcularse los valores de I , usando el nuevo individuo formado y todos los que quedan. El proceso vuelve entonces a la fase de la formación de todos los posibles pares de individuos, y así sucesivamente.

El estadístico I es totalmente aditivo. Si consideramos dos subpoblaciones (j) y (k) que se fusionan para dar una tercera subpoblación (i) y si con $I(i)$ representamos el contenido total de información de (i), y con simbolismo análogo los de (j) y (k), tenemos

$$I(j) + I(k) + \Delta I(i, jk) = I(i)$$

Las fusiones se realizaron hasta que todos los individuos considerados se reunieron en un solo grupo, pasando por $(N - 2)$ fusiones. El proceso de fusión se ha representado colocando los números que representan los individuos a distancias iguales a lo largo de una abcisa (figs. 1, 2 y 3) y representando las fusiones por medio de trazos horizontales colocados a alturas correspondientes al I resultante de la fusión. Los valores de I se indican en la ordenada.

El sistema utilizado es de tipo aglomerativo, o sea su mecanismo se basa en la agrupación o aglomeración progresiva de los individuos. Puede, sin embargo, hablarse de "divisiones" en sentido figurado, entendiéndose por ellas la separación de individuos o grupos de individuos correspondientes a las dos ramas de cada fusión. Hablaremos por tanto de divisiones cuando el árbol dicotómico se recorra de arriba a abajo. Por otra parte, la población de individuos que se juntan en alguna fusión constituyen un "grupo". En las figuras hemos numerado las fusiones, y hablaremos indistintamente de fusión o de grupo, citándolos por el número con que aparecen en el diagrama.

Una vez realizado el proceso completo de la fusión de los individuos en una sola población, la estructura del árbol obtenido y las distintas agrupaciones que representan proporcionan una imagen de las afinidades entre los individuos. No obstante, queda sin resolver el número óptimo de grupos que pueden considerarse. Es aparente que a cada una de las secciones realizadas paralelamente a las abcisas y para distintos niveles de I corresponderá un número de grupos distinto. Las secciones del árbol en niveles muy bajos de I pueden dar lugar a grupos que son, en cierto modo, aleatorios y demasiado numerosos desde el punto de vista práctico. Si la sección se realiza para niveles demasiado altos de I , el número de grupos se reduce, pero, posiblemente, se pierde una información útil representada por las subdivisiones a menor nivel.

El problema del número de grupos óptimo no parece tener todavía una solución clara, y el mejor modo de utilizar los resultados del análisis nos parece la consideración conjunta de todas las fusiones, a excepción de las de niveles de I muy bajos.

Una forma de determinar el valor de I a partir del cual las fusiones son significativas puede ser de tipo probabilístico. KULLBACK (1959) indica la posibilidad de utilizar el valor de $2\Delta I$ como una χ^2 , en este caso con tantos grados de libertad como atributos. Dado que el número de especies y por lo tanto el de grados de libertad suele ser muy grande, puede usarse la habitual aproximación $2 \sqrt{\Delta I} - \sqrt{2n - 1}$ como un desviado normal con media igual a cero y varianza igual a uno. (Los dos métodos aplicados a los casos examinados aquí

han dado los mismos resultados.) De esta manera pueden considerarse significativas las fusiones correspondientes a ΔI superiores a un valor dado. Para la comparación realizada aquí, el número de grupos reconocidos por este procedimiento como significativos para $p < 0,05$ ó $p < 0,01$ parece algo elevado en comparación con las unidades distinguibles fitosociológicamente. Hemos adoptado el criterio de comentar solamente las fusiones que según el método citado son significativas para $p < 0,01$.

En Fitosociología se utilizan ciertas especies como características de las diferentes unidades de vegetación. Las especies llamadas *diferenciales* sirven para distinguir subasociaciones o variantes dentro de una asociación, aunque pueden presentarse en otras asociaciones. Modernamente se ha impuesto la tendencia de separar también las asociaciones simplemente por especies diferenciales, o sea suprimiendo el requisito de que las asociaciones deban tener especies características.

Para las distintas subpoblaciones obtenidas en el análisis de información es posible también distinguir especies de plantas —atributos indicadores o portadoras de información— que tienden a presentarse exclusivamente en uno de los grupos que intervienen en la fusión, con exclusión del otro. Su detección y valoración puede basarse en el examen de los ΔI_j , las contribuciones parciales de cada atributo en el ΔI de cada fusión. Los atributos que posean los mayores ΔI_j para cada fusión serán los mejores indicadores del subgrupo que los contenga. Si una especie está presente en todos los inventarios que forman un grupo y falta totalmente en el otro, posee el máximo valor de ΔI_j . La valoración del carácter indicador de cada atributo puede hacerse utilizando la homología de $2\Delta I_j$ con una χ^2 con un grado de libertad.

Las especies que poseen los mayores ΔI_j para cada fusión se han obtenido a mano y se han representado en tablas junto a sus niveles probabilísticos. En los diagramas se han colocado también los nombres de las especies más importantes junto a los grupos a que se refieren. Estas especies indicadoras o portadoras de información tienen un significado puramente diferencial, refiriéndose sólo a los dos grupos que se unen en una sola fusión.

Es importante señalar que, sin embargo, el análisis es de tipo "politético", es decir: en la formación de los grupos intervienen *todas* las especies y no solamente las señaladas como portadoras de información. Estas tienden simplemente a resumir en una o pocas especies las diferencias de composición florística total que son la causa de la separación de los grupos.

En la elaboración clásica de los inventarios y obtención de unidades fitosociológicas es imaginable que —según la mentalidad y características personales de cada autor— puedan predominar más o menos el reconocimiento de homogeneidades florísticas de conjunto o la tendencia a dar importancia a la presencia o ausencia de reducido número de especies diferenciales. Los dos tipos de actitud pueden empezar a ejercer su influencia aun antes de terminar la obtención de los inventarios sobre el terreno (en las etapas de prospección y selección de las áreas a inventariar).

RESULTADOS.

1. *Prados próximos a Seo de Urgel.*

Se han utilizado los inventarios publicados por uno de nosotros (MONTSE-RRAT, 1957); en la publicación original se estudian 42 inventarios de prados regados próximos a Seo de Urgel, de los que se hace una descripción detallada. El autor, utilizando el método fitosociológico de Braun-Blanquet, distinguió dos asociaciones principales y algunas variantes que consideró susceptibles de ser elevadas a subasociaciones.

La asociación *Tragopogoneto-Lolietum multiflori*, de la alianza *Arrhenaterion*, comprende 33 inventarios de terrazas fluviales, generalmente desarrollados a partir de alfalfares y sometidos a tratamientos variados. En ella distingue las siguientes variantes:

- Variante A. Etapas iniciales de la sucesión, alfalfares estercolados y sometidos a empraizamiento natural.
- Variante B. Prados pastados en primavera.
- Variante C. Asociación típica.
- Variante D. Matiz de la anterior, comprendiendo prados más secos y precoces con *Avena pubescens* y *Carex caryophylla*.
- Variante E. Con *Chrysanthemum leucanthemum* y *Holcus lanatus*.

La asociación *Ophioglosseto-Arrhenateretum elatioris* que considera propia de prados incipientes, creados en laderas de *Mesobromion*, con persistencia de restos de matorrales de la serie climática, sometidos a estercolado y riego muy abundante, dicho autor distingue en ella dos subasociaciones:

- Subasociación F. Con *Carum carvi* y *Bellis perennis*, con riego periódico.
- Subasociación G. Típica. Con riego más continuo.

Los datos tomados de los inventarios (MONSERRAT, 1957, págs. 102-107) se perforaron en fichas, considerando solamente la presencia y ausencia de cada especie, y se realizó con ellos el análisis de información. Los resultados se presentan en la figura 1, en la que se ha colocado junto al número de cada inventario las letras que indican las variantes o subasociaciones que se distinguieron en la publicación original fitosociológica. La lista de las especies portadoras de información se presentan en el cuadro 1.

La fusión que tiene lugar al nivel de información más alto distingue netamente las dos asociaciones *Tragopogoneto-Lolietum multiflori* (grupo 82) y *Ophioglosseto-Arrhenateretum* (grupo 79), a excepción del inventario número 42. Este inventario, sin embargo, carece de las características de asociación consideradas en la publicación de 1957, a excepción de *Pimpinella maior*. El autor citado comenta que el prado correspondiente es más antiguo que los anteriores, está situado a pocos metros sobre el nivel del río y presenta una acidificación intensa. En la publicación original se excluyó al calcular los grados de presencia correspondientes a la subasociación típica. Este inventario va a

reunirse precisamente con el grupo que presenta caracteres de vejez y distrofia (grupo 73).

El grupo 82 carece de especies portadoras de información significativa, pero en el grupo 81 aparecen todas las características de asociación citadas en la publicación original más *Rhinantus mediterraneus* ("propia del Bromion") y *Allium schoenoprasum*, que puede considerarse indicadora de humedad (con cierto drenaje horizontal).

La fusión 79 corresponde con gran exactitud a la distinción de las dos subasociaciones que se habían distinguido en 1957. El inventario 37, considerado por el autor como un mosaico de las dos subasociaciones, se reúne aquí con la subasociación F. Las especies portadoras de información coinciden en parte con las mencionadas en la publicación original (*Bellis perennis*, *Carum carvi*, *Galium mollugo*, etc.).

El ordenador reúne en un grupo (grupo 78) los inventarios de tipo A y B que tienen de común el ser prados jóvenes, diferenciados de las "variantes típicas" en la publicación original. El inventario número 3 (del tipo A) aparece, sin embargo, clasificado en otro lugar. El hecho de que en este inventario "faltan las plantas que viven en los alfalfares jóvenes" puede ser una explicación de la discrepancia. La subdivisión de este grupo corresponde claramente a las variantes fitosociológicas A y B. Esta última, característica del pastoreo en primavera, aparece caracterizada por *Festuca arundinacea*. El inventario número 4, que aparece clasificado por el ordenador con dos de la variante B, tiene de especial que fue sembrado con semilla de *Arrhenaterum* al mismo tiempo que la alfalfa. El grupo 76, que se identifica con la variante B del fitosociólogo, sufre una nueva división significativa: los inventarios 7 y 8 que aparecen en uno de los grupos pertenecen a un mismo propietario. Los inventarios 9, 10 y 11, que forman el otro grupo, pertenecen también a otra persona distinta (!).

La variante fitosociológica E aparece bastante claramente recogida en el grupo 73. Es curioso observar, sin embargo, que las especies portadoras de información *Briza media* y *Galium verum* no coinciden con las utilizadas por el fitosociólogo para designar la variante (variante "con *Chrysanthemum leucanthemum* y *Holcus lanatus*"). El comportamiento de esas especies evoca, sin embargo, la "madurez" (vejez) y cierta distrofia de esos prados.

El gran grupo 80 parece corresponder a las variantes fitosociológicas C y D consideradas en la publicación fitosociológica como sendos matices de una subasociación "típica". El ordenador recoge a *Lolium multiflorum*, que parece indicar una cierta fertilidad, como diferencial frente al grupo de prados "distróficos". En las divisiones posteriores del grupo 80, el análisis hace aparecer un grupo caracterizado por *Avena pubescens* y *Carex caryophyllea*, junto con *Medicago lupulina*; esta última planta puede tener que ver con la disminución de cobertura de *Arrhenaterum*. *Avena pubescens* y *Carex caryophyllea* fueron utilizadas en la publicación fitosociológica para caracterizar la variante D (prados secos). La posterior subdivisión del ordenador separa las variantes C y D incluídas en el grupo y subdivide el correspondiente a la variante D, formando un grupo caracterizado por *Holcus lanatus*. La ecología de esta especie hace pensar en que la agrupación destaca por poseer algo más de humedad y una cierta distrofia.

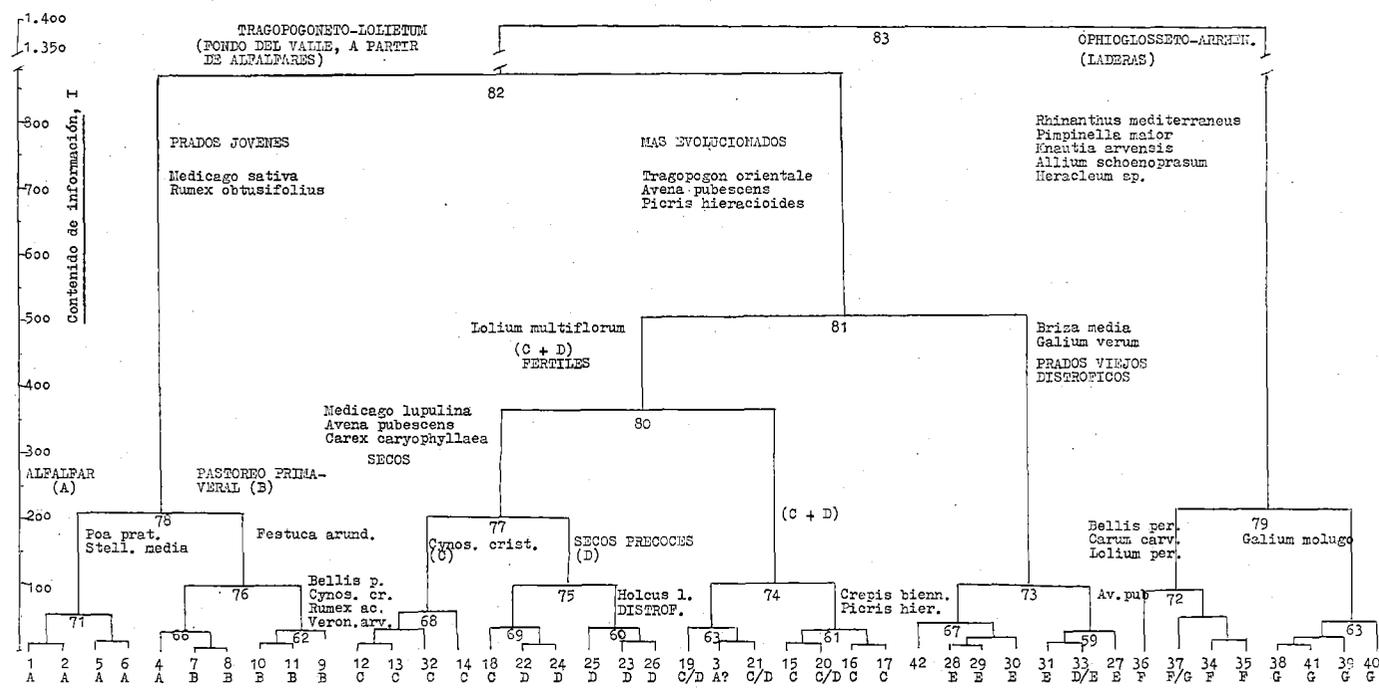


Fig. 1.—Prados próximos a Seo de Urgel,—Niveles jerárquicos obtenidos por el análisis de información. Las cifras de la base de la figura son los números de los inventarios, y las letras mayúsculas se refieren a la agrupaciones obtenidas por MONTSERRAT (1957). Junto a las líneas que simbolizan la marcha de las fusiones se han indicado las especies que poseen los ΔI_i más elevados.

El grupo 74, que reúne inventarios considerados por el fitosociólogo como intermedios entre C y D con algunos de la variante C y el inventario número 3, es difícil de interpretar, y bien puede considerarse como una agrupación de "no conformistas" dentro de la variante general o "típica".

En líneas generales, la coincidencia entre el resultado de la elaboración fitosociológica y el análisis de información es notable. Los grandes grupos formados por el ordenador parecen de interpretación ecológica bastante clara, haciendo referencia ya sea a la vegetación primitiva de la zona, situación topográfica (grupo 79, sobre laderas con plantas de *Bromion*), a factores de humedad, etapas de evolución o tratamiento (prados poco evolucionados: grupo 78, maduros: grupo 80, viejos: grupo 73) o incluso la pertenencia a un mismo propietario.

En muchos casos, las especies señaladas por el ordenador como portadoras de información o discriminantes son las mismas utilizadas por el fitosociólogo como diferenciales. Sin embargo, en algunos casos el análisis de información indica especies distintas (por ejemplo, en el grupo 73) como representativas de agrupaciones que son también reconocidas por el fitosociólogo.

2. *Praderas de Arrhenaterum del valle del Danubio por debajo de Ulm.*

Hemos utilizado en este análisis 25 inventarios publicados por ELLENBERG (1956, págs. 46 a 57), comprendiendo 94 especies y que se refieren a praderas de *Arrhenaterum* en las vegas del Danubio por debajo de Ulm. Hemos escogido estos inventarios debido a la extensa descripción adjunta, en que se explica de manera detallada el proceso de su elaboración. Estas descripciones detalladas del proceso de elaboración de los inventarios son relativamente raras en la bibliografía fitosociológica. Por otra parte, los grupos resultantes ("Ranglose Pflanzengesellschaften") nos parecieron, en conjunto, entidades de clara significación ecológica y representantes de tendencias bien conocidas por el autor.

Los inventarios publicados por Ellenberg contienen datos sobre abundancia expresados según el método de estimación de Klapp (V. ELLENBERG, 1956, Abschnitt, II, 2c). Sin embargo, para la elaboración mediante el análisis de información utilizamos solamente los datos de ausencia y presencia extraídos de los inventarios citados. La numeración de los inventarios en los esquemas adjuntos es la utilizada por ELLENBERG en la primera tabla (pág. 48).

El autor citado distingue tres grupos o "agrupaciones sin rango":

- A: Trespen-Glatthaferwiese.
- B: Nelkwurz-Glatthaferwiese
- C: Kohldiestel-Glatthaferwiese

que hacen referencia a la caracterización con plantas del "Grupo de *Bromus erectus*", del "Grupo de *Geum rivale*" y del "Grupo de *Cirsium oleraceum*" (4).

El análisis de información realizado en el ordenador IBM 7070 a partir de los datos de presencia y ausencia en los 25 inventarios dio los resultados que

(4) La agrupación C se diferencia de la B por poseer las especies del "Grupo de *Cirsium oleraceum*" de forma más o menos exclusiva, a pesar de que ambas tienen las especies del "Grupo de *Geum rivale*".

se resumen en la figura 2 y el cuadro 2. El criterio probabilístico permite distinguir seis grupos significativos al nivel de $p < 0,05$ o cinco grupos al nivel de $p < 0,01$. No obstante, para efectos de comparación con la elaboración de Ellenberg, consideraremos, al igual que ese autor, solamente tres grupos: los obtenidos al cortar el árbol al nivel de un contenido de información $I = 300$.

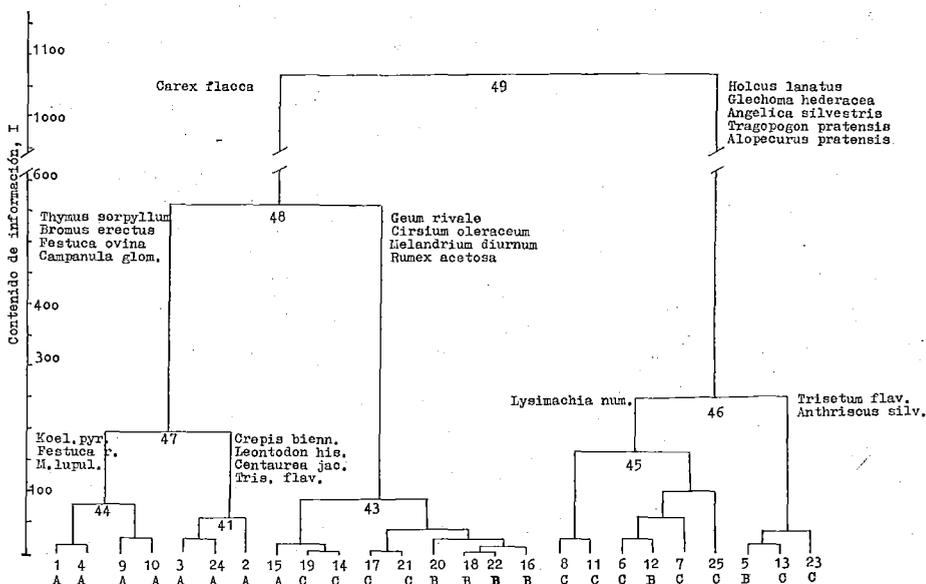


Fig. 2.—Prados de *Arrhenaterum* del valle del Danubio.—Niveles jerárquicos obtenidos por el análisis de información. Las cifras de la base de la figura son los números de los inventarios, y las letras mayúsculas se refieren a las agrupaciones obtenidas por ELLENBERG (1956). Junto a las líneas que simbolizan la marcha de las fusiones se han indicado las especies que poseen los ΔI_j más elevados.

La comparación de los resultados del análisis con las agrupaciones de Ellenberg pone inmediatamente de manifiesto que los dos tratamientos separan en un grupo los inventarios correspondientes al tipo A de Ellenberg (excepción del inventario núm. 15). Los inventarios de las agrupaciones B y C de Ellenberg aparecen más o menos mezclados en el análisis de información usando solamente los datos cualitativos (presencia-ausencia). Sin embargo, el grupo 46 tiende a ser predominantemente de tipo C.

El grupo 47, formado en su totalidad por inventarios de tipo A, se subdivide en el análisis en dos grupos (44 y 41). Esta subdivisión no es recogida por Ellenberg. Las especies portadoras de información o "indicadoras" de los dos grupos 44 y 41 (fig. 2 y cuadro 2) parecen apoyar la interpretación ecológica de la división en términos del factor nitrógeno y humedad, que serían relativamente más elevados en el grupo 41 en comparación con el 44. Esta subdivisión nos parece tener un sentido bastante claro. Sin embargo, vemos más difícil de interpretar la separación en dos grupos (45 y 37) del grupo 46. La afinidad entre los grupos 47 y 43 es bastante débil, a juzgar por el ΔI resul-

tante de su fusión (561,54), dado que el programa no proporciona información sobre el ΔI que resultaría de la fusión de los grupos 43 y 46 no podemos juzgar acerca de la afinidad de estos dos grupos, pero podría suceder que la fusión 48 tuviese mucho de casual. Como la significación estadística de las especies indicadoras del grupo 46 (cuadro 2) se ha obtenido por comparación de este grupo con el grupo 48, donde están también englobados inventarios tipo A, es difícil conocer con certeza sus especies diferenciales frente al grupo 43. Sin embargo, la inspección de los datos indica que *Angelica silvestris* y *Tragopogon pratensis* son las especies más típicas de este grupo frente al 43. La entropía relativa, I/n , de todas las fusiones crece de manera similar en todas las fusiones, excepto en la fusión 43, en que es notablemente baja, $I/n = 9,1$. No poseyendo otra información, no parece fácil interpretar el tratamiento dado por el ordenador a los inventarios de tipo B y C según Ellenberg. La notable diferencia resultante merece, sin embargo, señalarse.

En el texto de la publicación de Ellenberg es posible seguir con bastante detalle los procesos de elaboración de los inventarios hasta llegar a la clasificación que este autor indica. De sus indicaciones se deduce que un paso importante es la elección de las probables especies diferenciales ("Trennarten"). Para ello se han eliminado aquellas especies cuya constancia ("Stetigkeit") en los inventarios sea superior a 15 o inferior a 3. A partir de las especies así seleccionadas se han escogido las posibles diferenciales señalando aquellas especies que "se excluyen mutuamente". El proceso continúa con la separación de los inventarios que contienen especies de uno de los dos grupos de diferenciales probables, combinando esta separación con una ordenación de acuerdo con la importancia de las especies diferenciales (tanto de su número como de la abundancia de cada una de ellas). De esta forma se procura que los inventarios en los que una clase de especies diferenciales tiene más importancia se agrupen en un extremo de la tabla, y aquellas en que sea importante la otra clase queden agrupadas en el otro extremo. El reconocimiento de especies diferenciales de distribución menos amplia proporciona una nueva categoría de especies utilizables para una posible división intermedia.

Haciendo una analogía con los métodos numéricos de análisis de la vegetación podría compararse este proceso a una "ordenación" en una sola dimensión, sobre la base de utilizar únicamente aquellas especies que tienden a presentar ocurrencias conjuntas en los inventarios.

Aunque no creemos que todos los fitosociólogos empleen una mecánica idéntica a la descrita al elaborar sus inventarios y establecer unidades de vegetación (la bibliografía fitosociológica suele ser bastante reservada sobre estos puntos), puede pensarse que haya una serie de características comunes de estas operaciones. En general, la elaboración de los inventarios estará basada en la obtención de una serie de especies diferenciales para el reconocimiento de unidades de vegetación utilizando todos los procedimientos posibles, entre los que el uso de la experiencia y el conocimiento del comportamiento de ciertas especies puede desempeñar a veces un papel no despreciable. Sin embargo, aunque el procedimiento empleado pueda diferir en su grado de automatismo o sofisticación, suele tener bastantes semejanzas con el detallado por Ellenberg. Si bien es fácil obtener especies diferenciales cuando los grupos están formados, el primer problema puede ser el número, el tamaño y la composición de los

grupos a formar. En el sistema reseñado por Ellenberg es obvio que el tamaño de los grupos a obtener empieza a estar condicionado por la elección de los márgenes de "Stetigkeit" de las especies. El número potencial de grupos está también influido por la decisión de qué especies son las que se excluyen y por el reconocimiento de las diferenciales que tienen una distribución menos amplia. En muchos casos, también el trazado de límites entre inventarios, una vez obtenida la ordenación, debe dejarse a una decisión basada en el sentido común y la experiencia, pero que puede ser delicada cuando los datos no son marcadamente discontinuos, etc.

En la práctica, sin embargo, es lógico pensar que el conocimiento de la vegetación considerada y —sobre todo— el muestreo realizado de forma que no se incluyan datos demasiado continuos (considerados no homogéneos) facilita todas estas tareas. El conocimiento del comportamiento de las especies puede ser también importante en ciertas decisiones necesarias en la elaboración.

Contrariamente al sistema indicado, el análisis de información atiende a todas las especies presentes, que considera como independientes y con el mismo "peso" o importancia. Las similitudes entre grupos se establecen, por lo tanto, a base de semejanzas florísticas de conjunto. Esto tiene el inconveniente posible del "ruido" debido a las especies de distribución poco amplia y cuyas presencias tienden a ser casuales y —quizás— poco informativas.

Si el fitosociólogo posee una experiencia anterior acerca del comportamiento de ciertas especies, es posible que utilice las diferenciales de modo no independiente —es decir—, que, por ejemplo, la falta de una o varias de ellas queda suplida por la presencia de otra u otras que tienen el mismo tipo de distribución (o tienden a aparecer juntas).

Aparte de estas diferencias de estrategia, parte de la discrepancia se debe posiblemente al uso de datos cuantitativos para las especies (abundancia) en el tratamiento dado a los datos por Ellenberg. Quizás el mejor paralelismo entre el tratamiento de estos datos y un método automático se hubiese conseguido por medio de una ordenación automática en una o varias dimensiones.

El hecho de que los inventarios de tipo A sean reconocidos semejantes por la elaboración manual y por el análisis de la información indicaría que existe una discontinuidad importante entre ellos y el resto de los inventarios.

3. *Pastizales de Rodas Viejas (Salamanca).*

Aunque no habían sido objeto de clasificación fitosociológica previa —a diferencia de los ejemplos anteriores—, incluimos aquí el análisis de datos de pastizales de Rodas Viejas (a 40 km. al W. de Salamanca) que han sido recogidos y analizados en varias formas por GARCÍA NOVO (1968).

Nos ha parecido útil tocar un punto importante, relativo a la influencia de la selección de los inventarios en el tipo de comparación que estamos examinando. En contraste con los inventarios examinados hasta ahora, cuya obtención tuvo en cuenta los criterios usuales en Fitosociología de homogeneidad y selección de una tipicidad, los datos a que nos referimos ahora fueron tomados de forma sistemática por medio de la delimitación de rectángulos de 1×3 metros colocados en ángulo recto en una línea a su vez perpendicular a las cur-

vas de nivel del terreno. Los datos originales recogidos, junto con otros, por GARCÍA NOVO, son de tipo cuantitativo, expresados en frecuencias dentro del rectángulo indicado, que era considerado como área de muestreo. En el cuadro 3 se muestran estos datos transformados a cualitativos (frecuencias y ausencias). Las especies han sido ordenadas por grupo de diferenciales según sus ΔI_j una vez realizado el análisis de información.

La vegetación considerada ocupa suelos arenosos, pobres en carbonatos y en calcio secundario, con pendiente ligera, más o menos profundos y conser-

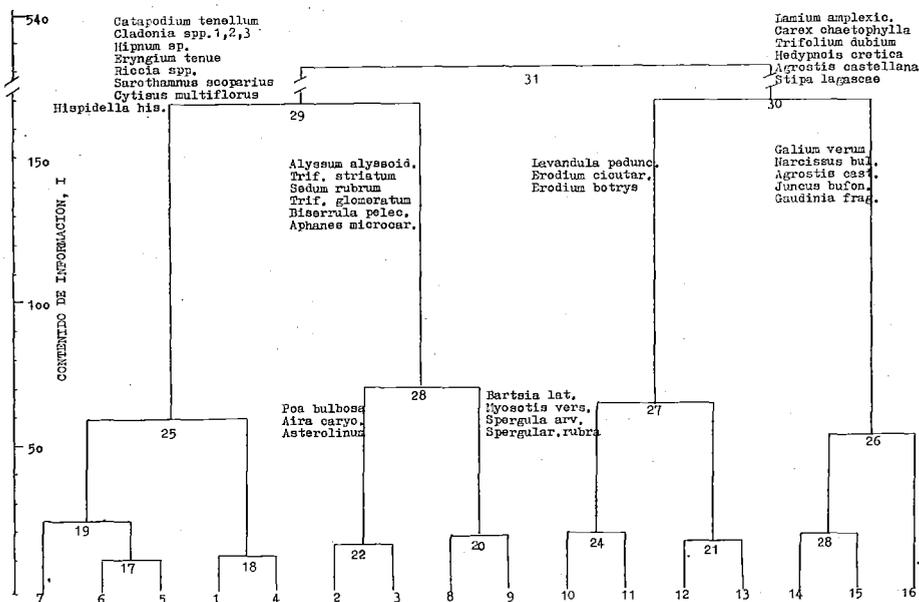


Fig. 3.—Pastizales de Rodas Viejas, Salamanca.—Niveles jerárquicos obtenidos por el análisis de información. Las cifras de la base de la figura son los números de los inventarios. Junto a las líneas que indican la marcha de las fusiones se han indicado las especies que poseen los ΔI_j más elevados.

vados, con humedad y grado de influencia de la capa freática variables. El grado de frecuentación del ganado es también diverso. Una fuente adicional de diferencias es la presencia de sendas estrechas debidas al paso diferencial del ganado. La vegetación corresponde a etapas de degradación del bosque climático de *Quercus rotundifolia*, con menor representación de *Q. "lusitanica"*. El estrato herbáceo ocupa claros entre el matorral residual de *Lavandula pedunculata*, *Cytisus multiflorus* y *Sarothamnus scoparius*.

El análisis de información de 16 de los inventarios dio los resultados que se esquematizan en la figura 3. El criterio probabilístico, para $p < 0,01$, permite distinguir cinco grupos (núms. 25, 20, 22, 27 y 26). La fusión 28 (grupos 20 y 22) sobrepasa poco el criterio de significación, y nos parece tener poca importancia. En el cuadro 3 se recogen las especies que muestran mayores ΔI_j en cada fusión, indicándose su significación.

La última fusión recoge inventarios que forman dos grandes grupos, comprendiendo uno nueve inventarios (grupo 29) y el otro siete (grupo 30). El examen de las listas de las especies con mayores ΔI_j "indicadoras" de los dos grupos pone claramente de manifiesto que las típicas del grupo 30 difieren de las del 29 por ser más exigentes, tanto en nutrición como en humedad. El gru-

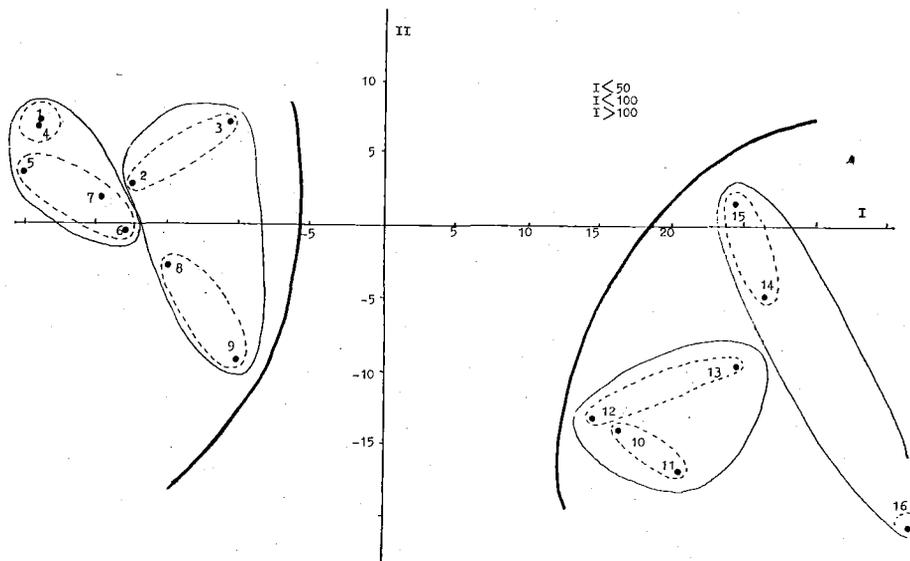


Fig. 4.—Pastizales de Rodas Viejas.—Proyección de los grupos obtenidos en el análisis de información (fig. 3) sobre una ordenación con dos ejes obtenidos en el análisis de componentes principales. Los componentes son los dos más importantes resultantes del análisis de la matriz de correlación de las frecuencias de las especies. Las líneas curvas representan los distintos niveles de información resultantes de cortar el árbol dicotómico de la figura 3 por los valores de I que se indican.

po 29 tiene como exclusivas una serie de especies "sobrias" junto con representantes del matorral serial.

En la figura 5 se han recogido en forma diagramática los promedios de cuatro de los factores medios por GARCÍA Novo (humedad edáfica, materia orgánica, contenido de arcilla y profundidad de la capa freática) para los grupos números 29 y 30 (fusión 31) y los números 25, 28, 27 y 26, correspondientes a las otras fusiones. Los inventarios reunidos en el grupo 30 destacan por su mayor riqueza en elementos finos y materia orgánica, mayor proximidad de la capa freática (en invierno) y mayor humedad. Están también situados en partes más bajas del terreno, ocupando aparentemente suelos más profundos.

La fusión 29 reúne los grupos 25 y 28, que podemos, por lo tanto, considerar como una subdivisión del grupo "sobrio" 28. El grupo 25 carece de plantas indicadoras con valores altos de ΔI_j , por lo que queda caracterizado negativamente por la ausencia de las plantas propias del 29 e indicadas en el cuadro 3. Tanto los datos edáficos como el comportamiento habitual de la mayoría de las

plantas indicadoras revelan unas condiciones de fertilidad y humedad *relativamente* mayores.

El grupo 26 (subdivisión del 30) posee diferenciales (*N. bulbocodium*, *J. bufonius*) que indican una mayor humedad que en el grupo 27, lo que es confirmado por los datos edáficos. El grupo 27 aparece más bien definido por la ausencia de las higrófitas que caracterizan el grupo 26. El diagrama de la figura 5 indica que sus condiciones de humedad, contenido en materia orgánica, etc., son intermedios entre los del grupo 29 y 26.

El grupo 28 presenta todavía una subdivisión a nivel bajo que separa dos

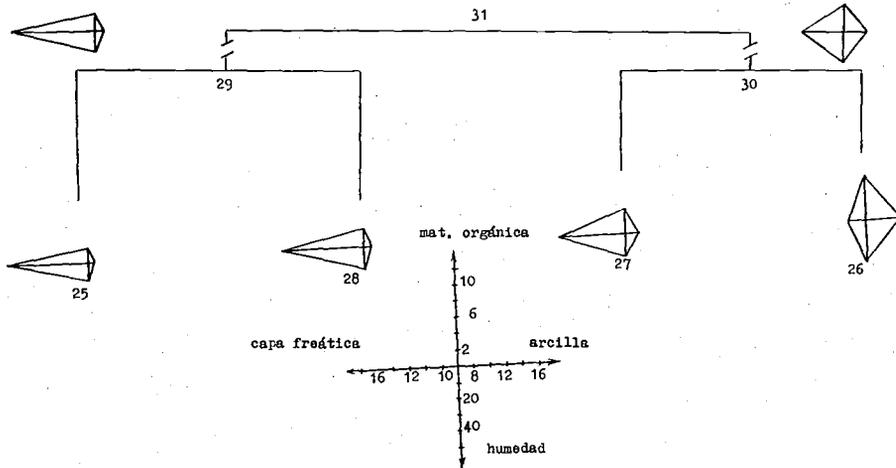


Fig. 5.—Pastizales de Rodas Viejas.—Representación gráfica de las medias de algunos factores edáficos en los grupos superiores de la clasificación presentada en la figura 3. Los triángulos se han obtenido uniendo los puntos representativos de los valores de los cuatro factores edáficos en las cuatro escalas que se indican en la figura. Las cifras utilizadas son las medias aritméticas dentro de cada grupo.

pares de inventarios que son mutuamente vecinos: el 8 y 9, el 2 y 3. Probablemente son causantes de esta subdivisión diferencias de conjunto en la composición florística. Las especies portadoras de información: *Myosotis versicolor*, *Spergula arvensis*, *Spergularia rubra* sugieren, sin embargo, unas características "subnitrofilas" (¿sendas de ganado entre matorral?). El reducido número de inventarios en cada grupo hace, sin embargo, difícil la valoración de las especies portadoras de información.

Conviene repetir aquí que la estrategia del análisis de información obtiene los grupos por semejanzas de homogeneidad florística de conjunto. Las especies portadoras de información o "indicadoras de grupos" tienen solamente el papel de "símbolos" más o menos típicos del grupo, pero dado que el análisis, por su carácter politético, no se ha basado sólo en ellas, deben interpretarse con precaución. Cuando el número de especies es muy grande pueden obtenerse ΔI relativamente elevados, sin que ninguna especie sea claramente indicadora de grupo, es decir, presente un ΔI_j especialmente elevado.

La mayoría de los ecólogos estarán de acuerdo en que la supresión de los datos cuantitativos (frecuencias) de las especies y la utilización de simples presencias y ausencias de la forma en que se ha hecho en el caso presente, supone una pérdida de información. Procederemos, por lo tanto, a la comparación del análisis de información (clasificación basada en datos cualitativos) con una ordenación obtenida a base del análisis de componentes principales de la matriz de correlación obtenida a partir de los datos originales (GARCÍA NOVO, 1968). En la figura 4 se han representado los resultados de esta ordenación utilizando los dos componentes más importantes a modo de sendos ejes (v. los detalles en GARCÍA NOVO, GONZÁLEZ BERNÁLDEZ y GIL CRIADO, 1968). Al mismo tiempo se han indicado por medio de líneas de distinto grosor los niveles de I que aparecen en el análisis de información.

Es aparente que los grupos 29 y 30 aparecen claramente diferenciados a base del componente I. Otras divisiones reconocidas por el análisis de información tienen mayor relación con el componente II, pero en general la homologación entre los dos sistemas debe hacerse por combinaciones de ambos. En general, las dos clases de análisis dan resultados congruentes, a pesar de las importantes diferencias en los datos utilizados y los fundamentos totalmente distintos de ambos procedimientos. Es notable, sin embargo, que el inventario número 16 aparezca en la ordenación muy independiente del conjunto de los otros, por lo que podría pensarse que para una mayor coincidencia de ambos sistemas de análisis, el de información debería producir un grupo especial con un solo inventario: el número 16. Aunque el análisis de información indica que los inventarios 14 y 15 del grupo 26 son más similares entre sí que el 16 con cualquiera de ellos, la separación con éste no llega a alcanzar el nivel de significación utilizado aquí. El inventario 16 es el más húmedo de todos, poseyendo rasgos florísticos especiales.

Desde el punto de vista fitosociológico, existen estudios sobre tipos de vegetación semejantes a los considerados en este ejemplo, realizados en la zona Centro, Centro-W. y SW. de España por RIVAS GODAY, RIVAS MARTÍNEZ (1963) y BELLOR (1966). En regiones geográficamente más alejadas se han ocupado de tipos de vegetación algo semejantes BRAUN-BLANQUET (1940) y otros. Particularmente en los trabajos de RIVAS GODAY (1964) pueden verse las distintas categorías fitosociológicas superiores en que podría incluirse la vegetación de estos inventarios. La elaboración fitosociológica normal de los 16 inventarios analizados hubiese sido posible, pero se ha renunciado a ello tanto por la posible falta de objetividad en la comparación que supondría el proceder a la valoración fitosociológica después de conocidos los datos del análisis de información, como por la falta de adecuación del método de muestreo que se ha empleado. No obstante, la comparación de los resultados con el esquema fitosociológico general es factible. El primer aspecto que importa destacar es que fitosociológicamente basta la inspección de las listas de especies para poder incluir la totalidad de ellos dentro de un sistema abstracto y jerarquizado. Concretamente, los inventarios que nos ocupan pueden ser localizados en la clase *Cisto-Lavanduletea* Br. Bl., 1940, o en la clase grex *Helianthemo-Cisto-Lavanduletea* Riv. God., 1964, por la coincidencia de muchas de las especies con características o compañeras de alta frecuencia establecidas por esos autores. Esto ya proporcionaría una orientación de las particularidades ecológicas, edáficas, climatológicas, etc.,

de la vegetación considerada. Aunque este hecho pueda parecer obvio, es importante señalar que —por el contrario— un método automático de análisis es —por ahora— incapaz de comparar los datos que se le proporcionan con un sistema externo tan extenso y ajeno a él. Evidentemente sería factible comparar automáticamente una nueva serie de muestras nuevas con una clasificación ya establecida a base de numerosos datos anteriores, pero no tenemos experiencia alguna sobre esta posibilidad. Aunque probablemente este problema no estaría fuera del alcance de los potentes ordenadores electrónicos modernos, las dificultades técnicas son muy grandes para el caso del análisis de información. En el caso de los resultados automáticos que hemos comentado, su validez se refiere exclusivamente al ejemplo concreto examinado.

Los dos grandes grupos que se unen en la fusión 31 parecen entidades claras y una división adecuada en el caso del ejemplo concreto considerado. Sin embargo, no es probable que las especies portadoras de información (v. cuadro 3) de los grupos, fuesen elegidas por ningún fitosociólogo como características de unidades generales de vegetación. Las especies portadoras de información del grupo 29 corresponden a una mezcla de especies del material serial con algunas especies que, en este caso, son “diferenciales” de los inventarios de menor fertilidad y suelo menos profundo y arenoso. Las portadoras de información del grupo 30 son indicadoras (frente al 29) de una exigencia mayor relativa tanto en fertilidad como en humedad, pero fitosociológicamente no se las consideraría en conjunto como un grupo característico de vegetación con alcance general y válido para otros inventarios distintos de los examinados aquí. Junto con especies de significación nitrófila o subnitrófila figuran otras propias de *Agrostidetalia*.

Las subdivisiones del ordenador y el orden en que éste coloca los inventarios (v. fig. 3 y cuadro 4), recuerdan el paso de comunidades silicícolas pobres a otras relativamente más fértiles, remediando las series establecidas por RIVAS GODAY (1964) y RIVAS GODAY y RIVAS MARTÍNEZ (1963). En el cuadro 4 las especies se han descrito también de acuerdo con sus valores de ΔI_j para las distintas divisiones, y los inventarios se han colocado de acuerdo con las agrupaciones que resultan del análisis. Superpuestas a un fondo general de especies de *Helianthemetea* (sobre todo de *Helianthemion* subal. *Moenchion*) se asiste, yendo de izquierda a derecha, a la desaparición de las especies del matorral y de indicadoras de los aspectos pobres de *Helianthemetalia* y al enriquecimiento en especies de *Agrostidetalia* s. l. En los últimos inventarios se encuentran especies de comunidades húmedas de *Agrostidetalia* y aun de *Isoetion*. La ausencia de *Lavandula pedunculata* contribuye también a definir negativamente los inventarios “húmedos”. El hecho de que las superficies examinadas se hayan establecido de forma regular y sistemática y tengan un tamaño constante, hace que muchas de ellas tengan carácter de mosaico, a pesar de su pequeñez en comparación con la mayoría de las superficies inventariadas en fitosociología. Una característica muy importante de la fitosociología clásica es la selección del tamaño, forma y ubicación de las superficies inventariadas, en función de criterios especiales que facilitan no sólo la detección de las unidades de vegetación, sino la aplicación del sistema.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

La valoración de los dos sistemas de tratamiento de datos de vegetación que hemos comparado es difícil. Esta dificultad nos parece residir en la naturaleza misma de la operación de clasificación en general y en la falta de criterios para valorar su acierto y adecuación. En principio, parece lógico pensar que las entidades u objetos susceptibles de clasificación deben presentar una serie de discontinuidades entre sí que justifiquen las posibles divisiones. En el caso de la vegetación, como en muchos otros ejemplos posibles, la división puede basarse en aspectos o puntos de vista diferentes que resalten distintas clases de discontinuidad, pudiendo no existir una solución única para el problema. En el caso de los datos de Rodas Viejas, la ordenación basada en datos cuantitativos pone de manifiesto distintas direcciones de variación (o distintos aspectos de parecido o de semejanza) en los inventarios. El sistema clasificatorio de la información lleva a cabo agrupaciones que se relacionan con unas u otras direcciones (o aspectos) o con combinaciones de ellas. Sin embargo, la dirección de variación más importante detectada por la ordenación es la recogida para formar las dos agrupaciones finales del análisis de información.

De forma parecida, el análisis de información y la elaboración fitosociológica coinciden en recoger ciertas agrupaciones de inventarios que probablemente están basadas en discontinuidades importantes de los datos de vegetación. Estas agrupaciones serían relativamente constantes e insensibles a la estrategia o a la actitud clasificatoria empleadas, pareciendo coincidir con entidades reales.

Esa conclusión no debe llevar, sin embargo, a un optimismo exagerado en cuanto al reconocimiento de la posibilidad de clasificaciones absolutas y objetivas de la vegetación, ya que el origen de las discontinuidades puede deberse a veces a la naturaleza de las muestras consideradas en cada caso particular y no a la realidad de la vegetación que éstas pretenden representar.

Como una de las técnicas admitidas en Fitosociología es la selección de los inventarios (muestreo selectivo), en realidad el proceso de clasificación empieza ya con la prospección previa y recogida de datos y con la selección de los que se retienen para elaboración posterior. Es aparente que se requiere gran experiencia para que la clasificación así obtenida represente los grupos más importantes a que puede reducirse la mayoría de la zona incluida en el estudio. Por otra parte, no nos parece posible reemplazar este muestreo selectivo por muestreos al azar o sistemáticos, excepto cuando el área a examinar sea enormemente reducida o en el caso de estudios especiales. La principal dificultad reside en que el muestreo al azar —por ejemplo— debería ser enormemente intenso y, en la práctica, irrealizable para poder abarcar los tipos de vegetación menos frecuentes. La taxonomía de la vegetación difiere de la de los organismos vivos no sólo en la ausencia de mecanismos de estabilización de determinados genotipos o de barreras que se oponen a un trasiego indefinido de atributos, sino también en la dificultad de definir y conseguir un muestreo eficaz de la población que se pretende estudiar.

Aunque el análisis de información —en comparación con otros métodos automáticos posibles— sea muy semejante al método fitosociológico, existen diferencias en el modo de operar que resumimos a continuación:

1. El fitosociólogo, además de los datos que considera en cada caso concreto, utiliza normalmente otra información que no está contenida en ellos.
2. Parte de esta información viene dada por su experiencia anterior, que le aconseja no considerar como independientes ciertos atributos (especies) cuya distribución o comportamiento ecológico considera semejantes. Por el contrario, el ordenador considera que todos los atributos son independientes. Al precio de un mayor subjetivismo, la experiencia del fitosociólogo puede permitirle reemplazar la falta (considerada accidental) de una especie por la presencia de otra u otras de comportamiento semejante.
3. Tanto por razones prácticas y técnicas (imposibilidad de abarcar eficazmente todos los datos) como por los motivos ya citados, el fitosociólogo tiende a basar sus divisiones sobre un número relativamente reducido de especies a las que atribuya mayor importancia o garantía o las que —simplemente— presta mayor atención. El ordenador atiende a todas las especies presentes, sin conceder más peso a unos atributos que a otros. De nuevo aparece la ventaja de la objetividad del enfoque, junto a la posible desventaja del “ruido” debido a las especies raras cuya presencia tenderá a ser aleatoria.
4. El fitosociólogo tiende a producir resultados que encajen en un sistema ideal, abstracto, jerarquizado, externo a los datos examinados, con alcance general. Por el contrario, el análisis de información (y otros métodos automáticos) producen conclusiones sólo aplicables al caso concreto analizado.

El hacer que el ordenador tuviese en cuenta sistemas de ese tipo, o utilizase datos derivados de la frecuente ocurrencia conjunta de ciertas plantas no es un problema insoluble.

No es seguro, sin embargo, que esto fuese beneficioso en todos los casos. La experiencia muestra que la ocurrencia conjunta de ciertas plantas o su tendencia a aparecer juntas o bien a excluirse mutuamente varían a medida que se examinan márgenes de condiciones ambientales (o zonas) cada vez más amplias. En el caso en que el objeto del estudio sea poner de manifiesto la repartición o distribución en una zona dada de factores ambientales (físico-químicos), es posible que las especies (o grupos de especies) “indicadoras” tengan sólo una validez local o sólo aplicable al caso considerado. Las tentativas de modificar las exigencias de modo que se consideren sólo “indicadoras” de validez más general, pueden hacer perder una valiosa información para ese caso concreto.

5. Ambos sistemas se basan en la consideración de la vegetación en su conjunto y en la utilización de criterios de homogeneidad. La comparación de este enfoque con otros basados en una interpretación más individualista o autoecológica del conjunto de las especies que forman la “vegetación” se saldría del tema de este trabajo. No obstante, creemos que —independientemente de la concepción o punto de vista adoptado— siempre habrá necesidades prácticas que creen una demanda de clasificación o sistematización de superficies discretas de vegetación, susceptibles, por ejemplo, de ser cartografiadas.

CUADRO 1

PRADOS DE SEO DE URGEL.—ANÁLISIS DE INFORMACIÓN, ESPECIES PORTADORAS DE INFORMACIÓN (CARACTERÍSTICAS O INDICADORAS DE GRUPO) MÁS IMPORTANTES.

	$2\Delta I_1$	$p <$	Interpretación ecológica del grupo
FUSIÓN 83			
<i>Grupo 79.</i>			
<i>Rhinanthus mediterraneus</i>	39,49	0,005	
<i>Pimpinella maior</i>	25,74	"	Situación en pendiente.
<i>Knautia arvensis</i>	22,75	"	Riesgos muy abundantes.
<i>Ophioglossum vulgatum</i>	19,62	"	Restos de la vegetación natural
<i>Allium schoenoprasum</i>	15,38	"	(Bromion).
<i>Heracleum sp.</i>	14,23	"	
<i>Grupo 82.</i>			
	—	—	Situación en el fondo del valle. Evolución a partir de alfalfares.
FUSIÓN 82.			
<i>Grupo 78.</i>			
<i>Medicago sativa</i>	17,13	"	Prados iniciales poco evolucionados.
<i>Rumex obtusifolius</i>	9,90	"	
<i>Grupo 81.</i>			
<i>Tragopogon orientale</i>	30,39	"	Prados más evolucionados.
<i>Avena pubescens</i>	12,11	"	
<i>Picris hieracioides var.</i>	9,58	"	
FUSIÓN 81.			
<i>Grupo 80.</i>			
<i>Lolium multiflorum</i>	5,07	0,025	Prados maduros, fértiles.
<i>Grupo 73.</i>			
<i>Briza media</i>	26,57	0,005	Prados viejos y distróficos.
<i>Galium verum</i>	8,75	0,005	
FUSIÓN 80			
<i>Grupo 77.</i>			
<i>Medicago lupulina</i>	23,02	0,005	Prados más secos.
<i>Avena pubescens</i>	10,82	0,005	
<i>Carex caryophyllea</i>	5,07	0,025	
<i>Grupo 74.</i>			
	—	—	Grupo "no conformista".
FUSIÓN 79			
<i>Grupo 72.</i>			
<i>Bellis perennis</i>	11,05	0,005	Riego periódico.
<i>Carum carvi</i>	11,05	0,005	
<i>Lolium perenne</i>	11,05	0,005	
<i>Grupo 63.</i>			
<i>Galium molugo</i>	11,05	0,005	Riego casi continuo.

	$2\Delta I_j$	$p <$	Interpretación ecológica del grupo
FUSIÓN 78			
<i>Grupo 71.</i>			
<i>Poa pratensis</i>	8,47	0,005	Prados iniciales, segados.
<i>Stellaria media</i>	7,74	0,025	
<i>Grupo 76.</i>			
<i>Festuca arundinacea</i>	9,76	0,005	Pastoreo.
FUSIÓN 77			
<i>Grupo 68.</i>			
<i>Cynosurus cristatus</i>	7,74	0,025	Variante general o típica.
<i>Grupo 75.</i>			
	—	—	Variante más seca.
FUSIÓN 76			
<i>Grupo 66.</i>			
	—	—	
<i>Grupo 62.</i>			
<i>Bellis perennis</i>	9,35	0,005	Los grupos están situados en fincas diferentes (posibles distintos tratamientos o factores no detectados).
<i>Cynosurus cristatus</i>	9,35	0,005	
<i>Rumex acetosa</i>	9,35	0,005	
<i>Veronica arvensis</i>	9,35	0,005	
<i>Cerastium holosteoides</i>	9,35	0,005	
FUSIÓN 75			
<i>Grupo 69.</i>			
	—	—	
<i>Grupo 60.</i>			
<i>Holcus lanatus</i>	9,35	0,005	Más húmedos, distróficos.
FUSIÓN 74			
<i>Grupo 65.</i>			
	—	—	
<i>Grupo 61.</i>			
<i>Crepis bienn. var. ceretana</i>	10,04	0,005	?
<i>Picris hieracioides var.</i>	10,04	0,005	
FUSIÓN 73			
<i>Grupo 67.</i>			
	—	—	Menos secos.
<i>Grupo 59.</i>			
<i>Avena pubescens</i>	10,04	0,005	Más secos.

CUADRO 2.

PRADOS DE *Arrhenaterum* DEL VALLE DEL DANUBIO.—ANÁLISIS DE INFORMACIÓN. ESPECIES PORTADORAS DE INFORMACIÓN (CARACTERÍSTICAS O INDICADORAS DE GRUPO) MÁS IMPORTANTES.

	$2\Delta I_j$	$p <$	Interpretación ecológica del grupo
FUSIÓN 49			
<i>Grupo 48.</i>			
<i>Carex flacca</i>	6,40	0,025	Suelos menos húmedos que el grupo 46 ?
<i>Viola hirta</i>	6,40	"	
<i>Grupo 46.</i>			
<i>Holcus lanatus</i>	10,36	0,005	Suelos más húmedos que el grupo 48 ?
<i>Glechoma hederacea</i>	7,69	0,015	
<i>Angelica silvestris</i>	7,69	"	
<i>Tragopogon orientalis</i>	5,25	0,025	
<i>Alopecurus pratensis</i>	4,79	0,05	
FUSIÓN 48			
<i>Grupo 47.</i>			
<i>Thymus serpyllum</i>	19,16	0,005	Calizos, pobres en nitrógeno, más secos.
<i>Bromus erectus</i>	17,54	"	
<i>Festuca ovina</i>	15,56	"	
<i>Campanula glomerata</i>	14,09	"	
<i>Grupo 43.</i>			
<i>Geum rivale</i>	19,99	"	Acidez media, más nitrógeno, más húmedos que el grupo 47.
<i>Cirsium oleraceum</i>	16,81	"	
<i>Melandrium diurnum</i>	16,81	"	
<i>Rumex acetosa</i>	14,09	"	
FUSIÓN 47			
<i>Grupo 44.</i>			
<i>Koeleria pyramidata</i>	10,04	"	Suelos más secos que el grupo 41.
<i>Festuca rubra</i>	5,07	0,025	
<i>Medicago lupulina</i>	5,07	0,025	
<i>Grupo 41.</i>			
<i>Crepis biennis</i>	10,04	0,005	Suelos menos secos en comparación con el grupo 44.
<i>Leontodon hispidum</i>	5,07	0,025	
<i>Centaurea jacea</i>	5,02	0,025	
<i>Trisetum flavescens</i>	5,02	0,05	
FUSIÓN 46.			
<i>Grupo 45.</i>			
<i>Lysimachia nummularia</i>	6,54	0,025	
<i>Grupo 37.</i>			
<i>Trisetum flavescens</i>	11,97	0,005	
<i>Anthriscus silvestris</i>	6,54	0,025	

CUADRO 3

PASTIZALES DE RODAS VIEJAS.—ANÁLISIS DE INFORMACIÓN. ESPECIES PORTADORAS DE INFORMACIÓN (CARACTERÍSTICAS O INDICADORAS DE GRUPOS) MÁS IMPORTANTES.

	$2\Delta I_j$	$p <$	Interpretación ecológica del grupo
FUSIÓN 31			
<i>Grupo 29.</i>			
Catapodium tenellum	21,92	0,005	Suelos secos oligotrofos, partes altas y erosionadas.
Cladonia sp. 1	21,92	0,005	"
Cladonia sp. 2	21,92	"	"
Hipnum sp.	21,46	"	"
Eryngium tenue	15,89	"	"
Riccia spp.	15,43	"	"
Sarothamnus scoparius	15,43	"	"
Cytisus multiflorus	15,43	"	"
Cladonia sp. 3	15,43	"	"
Hispidella hispanica	12,34	"	"
<i>Grupo 30</i>			
Lamium amplexicaule	21,92	"	Suelos relativamente más húmedos, más profundos y mas ricos en nutrientes. Partes bajas.
Carex chaetophylla	15,43	"	"
Trifolium dubium	11,51	"	"
Stipa lagascae	11,51	"	"
Hedypnois cretica	9,90	"	"
Agrostis castellana	7,92	"	"
FUSIÓN 30			
<i>Grupo 27.</i>			
Lavandula pedunculata	10,04	"	Escasa o nula influencia de la capa freática. Matorral con claros.
Erodium cicutarium	5,07	0,025	"
E. botrys	5,02	0,05	"
<i>Grupo 26.</i>			
Juncus bufonius	5,07	0,025	Mayor o menor influencia del agua freática.
Gaudinia fragilis	5,07	"	"
Galium verum	5,07	"	"
Agrostis castellana	5,02	0,05	"
FUSIÓN 29			
<i>Grupo 25.</i>	—	—	Litosuelo.
<i>Grupo 28.</i>			
Alysum alyssoides	12,39	0,005	Suelo relativamente más profundo, mayor contenido en elementos finos.
Trifolium striatum	12,39	"	"
Sedum sp.	7,37	0,01	"
Trifolium glomeratum	7,37	"	"
Biserrula pelecinus	7,37	"	"
Aphanes microcarpa	5,02	"	"
FUSIÓN 28			
<i>Grupo 20.</i>			
Poa bulbosa	5,57	0,025	"
Aira caryophyllea	5,57	"	"
Asterolinum linumstel	5,57	"	"
<i>Grupo 22.</i>			
Myosotis versicolor	5,57	"	Mosaico de nitrófilas entre matorral (sendas de ganado).
Spergula arvensis	5,57	"	"
Spergularia rubra	5,57	"	"
Bartsia latifolia	5,57	"	"
Lavandula pedunculata	5,57	"	"

RESUMEN.

Se hace una comparación entre algunos ejemplos de clasificación de la vegetación por medio de los procedimientos fitosociológicos clásicos (continentales) y por medio de métodos automáticos basados en el análisis de la información. Los mismos datos utilizados y publicados por los fitosociólogos se someten al análisis de la información. Se comentan los resultados de esa comparación y las características de ambos enfoques de la vegetación. Los autores creen que tales comparaciones son interesantes por aclarar detalles de la mecánica del proceso fitosociológico. Se discuten también algunos principios generales, relativos al concepto de la clasificación y análisis de la vegetación

SUMMARY.

Automatic processing of phytosociological data.

This paper deals with a comparison of some examples of vegetation classification by means of the "classical" (continental) phytosociological methods and by means of automatic procedures based in the information analysis. The same data already used and published by the phytosociologists were processed by means of information analysis. The results of this comparison and some characteristics of both approaches to vegetation are discussed. The authors believe that the results of such comparisons may be useful in understanding the structure and mechanisms of the phytosociological operation. Some general principles concerning the nature of the classification and analysis of vegetation are also discussed.

(Recibido el 16 de octubre de 1968).

Instituto de Edafología y
Biología Vegetal, y
Centro de Cálculo Electrónico.
C. S. I. C. Madrid.

BIBLIOGRAFÍA.

- BELLOT, F.
1966. *Mapa de la vegetación de Salamanca. Memoria*. 56 págs. C. S. I. C. Centro de Edafología y Biología Aplicada Salamanca.
- BRAUN-BLANQUET, J.
1940. *Prodrome des groupements végétaux. VII Cisto-Lavanduletea*. 51 págs. Montpellier.
- ELLENBERG, H.
1956. *Grundlagen der Vegetationsgliederung I. Teil: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde*. 136 págs. Eugen Ulmer. Stuttgart.
- GARCÍA NOVO, F.
1968. Tesis doctoral. Universidad de Madrid. Junio 1968.
- GARCÍA NOVO, F., GONZÁLEZ BERNALDEZ, F., y GIL CRIADO, A.
1967. Essais d'analyse automatique de la vegetation et des facteurs du milieu (Exemple de la vegetation des pâturages oligotrophes de "Rodas Viejas", Salamanca). *Flora Europea International Symposium*. Sevilla.
- KULLBACK, S.
1959. *Information theory and statistics*. 470 págs. Wiley. New York.
- LANCE, G. N., and WILLIAMS, W. T.
1966. Computer programmes for hierarchical polythetic classifications. *The Computer Journal*, 9, 60-64.
- MONTSERRAT, P.
1957. Contribución al estudio de los prados próximos a Seo de Urgel. *Publ. Inst. Biol. Apl.*, 25, 49-112.
- POORE, M. E. D.
1955. The use of phytosociological methods in ecological investigations. I. The Braun-Blanquet system *J. Ecol.*, 43, 226-244.

PROCTOR, M. C. F.

1967. Reviews: Braun-Blanquet, .—Pflanzensoziologie. *J. Ecol.*, 55, 233-234.

RIVAS GODAY, S.

1964. *Vegetation y florula de la Cuenca Extremeña del Guadiana*. 778 págs. Publicaciones de la Excma. Diputación Provincial de Badajoz. Madrid.

RIVAS GODAY, S., y RIVAS MARTÍNEZ, S.

1963. *Estudio y clasificación de los pastizales españoles*. 269 págs. Ministerio de Agricultura. Madrid.

SHANON, C. E.

1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Techn. J.*, 27, pág. 379 y pág. 623.

WILLIAMS, W. T., and LAMBERT, J. M.

1959. Multivariate methods in plant ecology. I. Association Analysis in plant communities. *J. Ecol.*, 47, 83-101.

WILLIAMS, W. T., LAMBERT, J. M., and LANCE, G. N.

1966. Multivariate methods in plant ecology. V. Similarity analysis and Information analysis. *J. Ecol.*, 54, 427-445.