

El sistema vaguada como unidad de estudio en pastizales

J. M. GÓMEZ, E. LUIS y A. PUERTO

Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias. Salamanca

RESUMEN

Se considera la posibilidad y conveniencia de utilizar el sistema vaguada como unidad de estudio en pastizales. Se hace un recuento y descripción de los muy diversos factores que afectan a las comunidades en ella establecidas.

La posibilidad de utilizar tal unidad se transforma en necesidad ineludible cuando se pretende superar el alcance de estudios sectoriales, con resultados muy parciales sólo aplicables a una asociación en concreto; los pastizales constituyen un complicado mosaico de asociaciones no bien delimitadas. La adopción de la vaguada como unidad facilita la obtención de datos más acordes con la realidad de los sistemas, por contar con la presencia de todas o la mayor parte de las asociaciones viables en ambientes edafoclimáticos definidos, con o sin acción antropozógena intensa

INTRODUCCIÓN

Conviene al propósito de esta comunicación comenzar por definir el término *vaguada* y sus aparentes sinónimos, pues no existe una completa coincidencia entre la aceptación del Diccionario de la Real Academia de la Lengua y la que generalmente se le da en el ámbito rural, que es donde al fin y al cabo tienen que habérselas en su vida cotidiana con la realidad dura, lejos de lucubraciones y teorías.

Se trata de denominar el sistema constituido por dos laderas, no tan pendientes que lleguen a constituir escarpes, y la zona de acumulación y desagüe por ellas enmarcada. Aunque en las zonas serranas existan vaguadas de características topográficas similares a las que aquí tratamos de

definir, no encajan dentro de nuestro criterio ni los valles profundos ni los escarpes serranos. En esto diferimos sensiblemente de la descripción dada por MONTSERRAT en 1977 (7), que en su perfil topográfico incluye *cresta, cantil, glera y glacis* más propios de un amplio valle serrano (pirenaico en su caso concreto) que de una suave vaguada de penillanura mesetaria. El concepto viene a ser equivalente, pero con irreconciliables diferencias de escala. En ambos casos se trata de destacar la conveniencia de considerar el sistema conjunto. Por otra parte, un campesino castellano o extremeño nunca utilizaría la denominación *vaguada* para tan amplio sistema montañoso como el descrito por el citado autor, por cuya base bien puede discurrir un río de 1.º ó 2.º orden. El fondo de una vaguada o no llega a constituir un cauce, o el arroyo es de caudal invernal, o en el mejor de los casos queda seco en verano, con pozas no comunicadas en superficie. Una vaguada serrana puede disponer de un pequeño arroyo permanente, pero cuando llega a formarse el río, quizá de 2.º o 3er. orden, su marco suele ser de tal entidad que más que vaguada había que hablar de valle.

Por tanto, la vaguada, en la zona Centro-Oeste viene a ser una depresión más o menos amplia, por cuyo fondo discurren aguas temporales, que a veces llegan a constituir un pequeño arroyo de caudal discontinuo, casi sin circulación en el estiaje.

Frente a esto, veamos las definiciones del Diccionario de la Real Academia de la Lengua:

- *Vaguada*: Línea que marca la parte más honda de un valle, y es el camino por donde van las aguas de las corrientes naturales.
- *Valle*: Llanura de tierra entre montes o alturas / Cuenca de río.
- *Vertiente*: Declive o sitio por donde corre o puede correr el agua.
- *Cuenca*: Territorio rodeado de alturas / Territorio cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar.
- *Depresión*: Concavidad de alguna extensión en un terreno u otra superficie.
- *Escorrentía*: Corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales.

Indudablemente el concepto más aproximado es el de *vertiente*, ya utilizado por el traductor de ODUM (8), seguido del de *cuenca*. Pero en el primer caso la denominación oficial parece excluir las laderas colaterales, y en el segundo, habría que acotar que se trata de una pequeña cuenca de un afluente de enésimo orden, y que no comprende ramificaciones sino que cada una de estas constituiría precisamente la unidad de referencia. En este sentido es como se concibe la *vaguada* en el ámbito rural.

RAZONES QUE AVALAN LA PROPUESTA

Pese a que el número de especies que constituyen los pastizales es limitado, aunque relativamente elevado, la combinación espacial y temporal de las mismas, así como su frecuencia relativa por unidad de superficie, es muy variable, dando lugar a una heterogeneidad muy notable, con tenden-

cias de contagio difícilmente previsible dado el elevado número de factores influyentes.

La topografía, hasta el microrrelieve, son elementos de alteración de los factores edafoclimáticos, aun a escalas insospechadamente reducidas. Pendientes de variada exposición, depresiones mínúsculas, etc., fuerzan a la vegetación (acción) hasta conseguir una distribución acoplada, no tanto en el número de especies cuanto en su frecuencia relativa. Por si fuera poco, los factores bióticos (reacción) modifican parcialmente el medio (sombreado de árboles, arbustos y matorral, efecto de las propias herbáceas, pisetoteo, deyecciones y querencias de animales, etc.), enriqueciendo aún más el grado de heterogeneidad.

La detección de los modos y tendencias de distribución, es un problema de escala del que ahora no vamos a tratar. Las unidades suelen ser definidas en función de nuestras propias limitaciones y rara vez procuramos o conseguimos abarcar todas las reales. Las medidas o inventarios se hacen en los complejos más destacados, o que nos parecen más representativos porque se nos muestran más patentes.

Si pretendemos que los resultados sean significativos y, más aún, útiles, han de abarcar al menos una unidad funcional; no la asociación de un campo de penillanura (en los interfluvios), porque no se tiene en cuenta los lavados y extracciones hacia otras unidades; no una de valle, porque depende de los aportes de la penillanura y las laderas; el de ladera recibe aportes de la cima y es explotado por el de la base. Por este motivo proponemos la unidad mínima, impuesta por el relieve con todos sus efectos: la vaguada, sintetizada por catenas, transecciones que comprendan las diversas clases de cada gradiente.

ANTECEDENTES

Cuando se intenta describir la estratificación de las asociaciones vegetales a lo largo de gradientes de humedad, o el camino seguido por el agua, los bioelementos o los agentes contaminantes y sus efectos sobre la biocenosis, no es posible eludir la consideración de vertientes o cuencas como síntesis y compendio reducido y unitario del complejo conjunto de factores del biotopo que afectan o pueden ser afectados. El dibujo esquemático de una transección según la perpendicular a la dirección del cauce basal es un modelo repetido hasta la saciedad.

Lo que aquí pretendemos es describir y proponer como unidad de estudio un modelo similar, pero bajo el ángulo concreto de la problemática de los pastizales, y de forma específica para los pastizales de las zonas semiáridas o subhúmedas, de utilidad para el investigador.

El modelo aquí propuesto tiene pues mucho que ver con el denominado *vertiente* en la traducción del libro de ODUM (8) o la *cuenca* de DUVIGNEAUD (1) y tantos y tantos otros. GARCÍA NOVO (2) utilizó esta unidad, si bien incompleta y referida a aspectos parciales para realizar su Tesis Doctoral y posterior publicación de los resultados (3). MONTSERRAT (6) hizo una descripción de este modelo en 1974 y ha sido después una constante en sus publicaciones, aunque con otro objetivo que el aquí marcado; sin embargo, el modelo que ahora proponemos difiere sensiblemente del

que este último autor describió en 1977 (7); no tanto en su aspecto conceptual cuanto en su tamaño (escala) amplitud física y situación geográfica. La propuesta formal de este sistema como modelo y unidad de estudio para pastizales fue hecha verbalmente en el 1er. Seminario Internacional de Ecología celebrado en Salamanca en 1973 como punto de arranque del Estudio Multidisciplinario e Integrado de la Dehesa Salmantina, del que ahora comienzan a salir los primeros fascículos. A lo largo de este tiempo hemos trabajado sobre aspectos parciales, publicando los resultados de algunos estudios realizados al respecto (4) (5).

Lo que pretendemos ahora es recoger diversas descripciones o alusiones para el caso concreto de los pastizales y dejar constancia de una propuesta clara, tratando de destacar las posibilidades y ventajas de esta unidad de estudio, con origen geológico y condicionantes edafoclimáticas y antropozógenas y con repercusiones en la utilización y en otros factores socio-económicos. Trataremos también las posibilidades y ventajas de esta unidad de estudio, aportando una primera aproximación en forma de modelo gráfico.

No se trata pues de compendiar lo ya expresado, sino exponerlo con una nueva perspectiva y objetivo: el estudio de los ecosistemas de pastizal. Se trata pues de aportar nuevas ideas, reforzando las anteriores e impulsando su circulación.

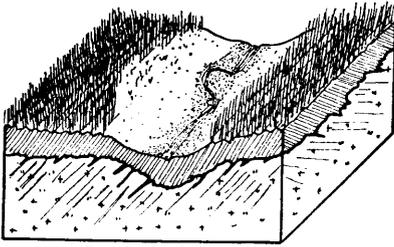
ASPECTOS HISTÓRICOS DE SU FORMACIÓN Y TIPOS DE VAGUADAS

Consideradas las vaguadas como unidad topográfica, son formaciones geológicas muy jóvenes, debidas a la erosión y posterior colmatación con derrubios de los suelos adyacentes. No es infrecuente el proceso regresivo, debido generalmente a la acción humana, que favorece la erosión aguas abajo, con formación de cárcavas más o menos acusadas en el propio cauce del arroyo.

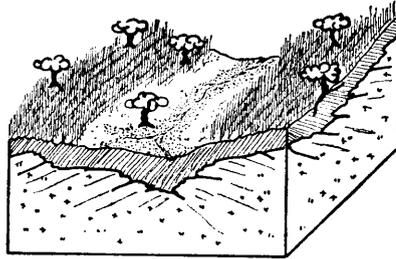
Estas cárcavas tienen acción remontante, volviendo a recrear el proceso (con formación de hombreras o terrazas), como consecuencia de un descenso, a veces notable, en el nivel de base. Este fenómeno queda muy amortiguado cuando los propietarios desvían el caudal con pequeñas represas que envían el agua, mediante acequias rudimentarias, a las laderas de la vaguada.

La situación en que quede el estrato geológico después de la acción erosiva es determinante para los afloramientos, manantiales, capa freática, etc. No infrecuentemente el arroyo, casi siempre temporal, discurre por el fondo de una falla, dando lugar a una vaguada asimétrica, con una ladera de pendiente muy acusada frente a otra más o menos amortiguada. La seriación de asociaciones vegetales a través de estas laderas y la amplitud de las mismas es función de estas pendientes y de los aportes de aguas subterráneas, que pueden aflorar a lo largo de la ladera, dando lugar a bandas de asociaciones bien estratificadas, o a manantiales localizados con comunidades bastante bien definidas.

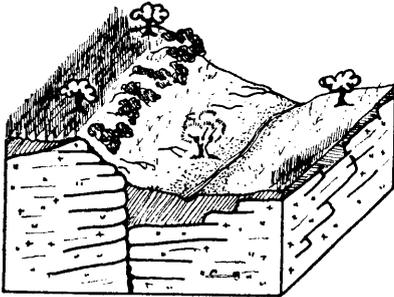
Así pues, hemos de distinguir varios tipos de vaguadas: simétricas y asimétricas, en muy diversos grados (Fig. 1). Entre las primeras dominan las poco profundas, que constituyen el arranque de originarias formaciones



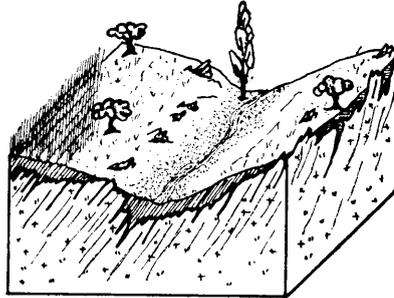
VALLE ENTREPANADO



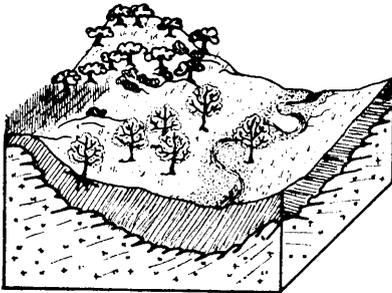
VALLE ENTREPANADO CON ARBOLADO



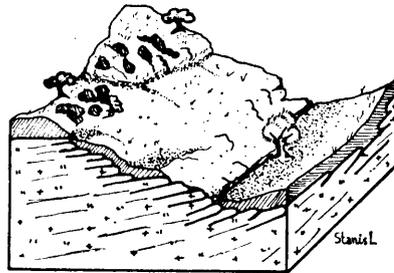
VAGUADA ASIMETRICA



VAGUADA SIMETRICA



INVERSION DE PISOS



VAGUADA CON MANANTIALES Y HUMEDALES

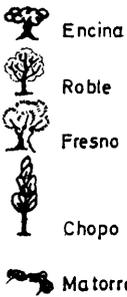


FIG. 1.—Tipos de vaguadas.

erosivas dendríticas, actualmente fijadas por el pastizal, y que son las cabeceras de las pequeñas cuencas o de los aportes laterales del arroyo aguas abajo. Al no ser muy profundas la orientación no afecta demasiado a las formaciones vegetales de las laderas. Cuando el arroyo discurre por el fondo de una falla, o el efecto erosivo ha sido muy profundo, generalmente son vaguadas asimétricas, bien por su topografía, o bien, siendo topográficamente simétricas no lo son florísticamente, debido a los efectos de exposición, es decir, a la permanencia y ángulo de incidencia de la radiación solar, determinante de la evaporación e indirectamente de la transpiración

En zonas de ecotonía, como aquella a que ahora expresamente nos referimos (provincia de Salamanca) no es raro encontrar el fenómeno de inversión de pisos de vegetación, con la encina en las partes altas y el roble en el fondo de la vaguada, donde encuentra en la humedad edáfica el complemento hídrico de la climática que necesita para asegurar su persistencia.

EL AGUA EN LA VAGUADA

Se establece así un gradiente de humedad desde la base a la cima en ambas laderas. Frecuentemente resulta muy fácil diferenciar las diversas clases por el efecto de denuncia de las comunidades que en ella se establecen.

Sin embargo, las hidros series pueden o no ser graduales, pues suele ocurrir que a muy diversas alturas de la ladera aflore el agua de penetración de los interfluvios, debido a la existencia de alguna capa impermeable (roca madre, por ejemplo) que impide que estas aguas lleguen a la base freática subyacente del fondo. Estos afloramientos suelen ser de dos tipos: a) puntuales, dando lugar a manantiales, bonales, juncales, humedales ("majantiales" en la terminología local), que se destacan por asociaciones de higrófilas dispuestas en forma de pera invertida en razón de la pequeña escorrentía, ladera abajo, y por tanto de diseño circular (si no hay una corriente de desagüe) o más o menos vertical si el agua fluye; b) perfilados horizontales, y más o menos estrechos y largos, que son el más claro exponente de la existencia de alguna capa impermeable en el subsuelo de la penillanura interfluvial o de la ladera.

Así pues, la vaguada puede constituir un fondo húmedo, con capa freática y cierto grado de salinidad o gleyzación, o bien con fondo lavado y suelo casi esquelético. De una forma u otra, lo normal, como decíamos, es encontrar un gradiente de humedad, determinante para el establecimiento de asociaciones vegetales que permiten a simple vista limitar las diversas clases del gradiente. Que el agua es el factor limitante primordial lo pone de manifiesto el hecho de que los afloramientos antes indicados o bien la construcción de acequias de riego temporal por desvío del regato a lo largo de las laderas, dan lugar a la formación de asociaciones similares a las de la parte más húmeda del fondo, o si se prefiere, comunidades en la zona de erosión similares a las de la zona de transporte.

En la ladera, para los materiales arrastrados pueden diferenciarse va-

rias zonas (Fig. 2); a) zonas de erosión y arrastre; b) zonas de transporte; c) zonas de sedimentación. A veces, estas zonas están muy bien delimitadas, pero esta sería una visión demasiado simplista. Lo más frecuente es que las dos últimas queden supeditadas a la intensidad de la lluvia, la pendiente de la ladera y la naturaleza del material transportado. En uno u otro caso, primero se despositan las arenas (gruesa y fina), junto con el material orgánico más pesado y voluminoso, después los limos con las partículas de materia orgánica; las arcillas, en buena proporción son arrastradas e incluso transportadas como material en suspensión, tan lejos como los gases y sales disueltas; sea como fuere, los materiales finos en suspensión y el material disuelto terminan en el fondo o base de la depresión. Del carácter de esta (pendiente, tipos de suelo, capa freática, etc.) depende el que una buena parte del material pase a enriquecer su estructura y fertilidad o sea transportado aguas abajo en el cauce de recepción.

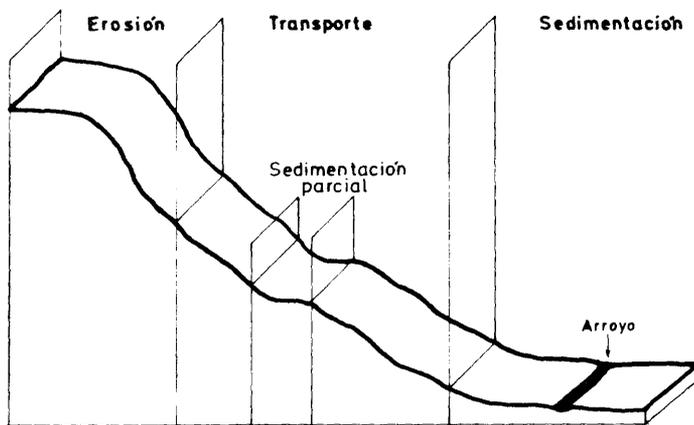


FIG. 2.

Según esto, puede suceder que la base se enriquezca continuamente con el material suspendido y disuelto (escasa pendiente y lluvias mayores) o que la base no sea otra cosa que una prolongación de la zona de transporte, con lavado parcial; lo cual suele suceder cuando la lluvia es copiosa. De una forma u otra bueno sería cuantificar el arrastre, el lavado, las sedimentaciones, floculaciones y precipitaciones.

El material en disolución transportado al fondo obviamente subirá en el perfil tanto cuanto la evapotranspiración lo permita, es decir, según las tendencias dominantes en el ciclo del agua y balance hídrico correspondiente, de marcado carácter estacional.

Hemos de distinguir dos tipos de tendencia de arrastre: el transversal y el longitudinal.

El primero con tres componentes; la gravitacional, contrarrestada por la resistencia del suelo y en último caso por la roca madre, y que da lugar a la descomposición en las otras dos componentes, una de tendencia longitudinal, en el sentido de máxima pendiente, que tienen al transporte en sentido de la dirección del regato; la otra componente es la netamente

transversal, que es la más aparente, hasta el extremo de que prácticamente es la que cuenta, pues la anterior sólo la afecta con una pequeña tendencia direccional (Fig. 3).

Al ser la componente L frecuentemente muy débil, la resultante R es generalmente casi perpendicular a la dirección de la vaguada. La componente longitudinal tiene toda su fuerza en el fondo de la zona de confluencia (arroyo), donde la vertical queda compensada a profundidades muy variadas.

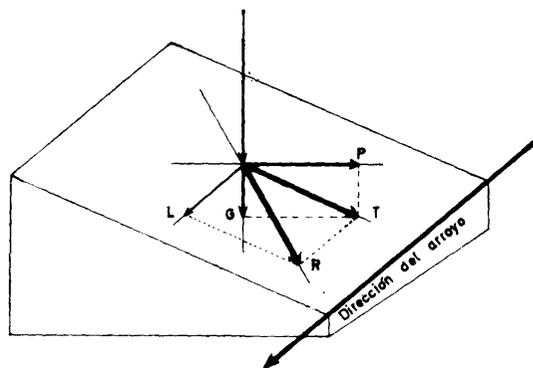


FIG. 3.

Los materiales son objeto de transporte por arrastre y por disolución. Por arrastre en superficie y normalmente primeros centímetros. Por disolución hasta dar con capas impermeables o la roca madre, o la capa freática

Son objeto de arrastre:

— Fracciones del suelo previamente constituido:

- Arenas.
- Limo.
- Arcillas.
- Materia orgánica.
- Humus.

— Fracciones orgánicas de aporte directo:

- Hojarascas.
- Detritus de leñosas:
 - Hojas.
 - Ramitas.
 - Frutos.
 - Inflorescencias.

- Partes de herbáceas.
 - Restos de insectos.
 - Excrementos de vertebrados e invertebrados.
 - Etcétera.
- De disolución:
- Sales minerales del suelo.
 - Bioelementos (sus sales) de los residuos vegetales (lavado).
 - Gases (O₂, CO₂, etc.).

El arrastre es función de la intensidad de la lluvia y del grado de pendiente.

Las fracciones arrastradas constituyen depósitos, cuyo lugar de formación está determinado por: intensidad de la lluvia; grado de pendiente; obstáculos de la vegetación, que pueden ser desde muy débiles (sólo terófitas y superficie parcialmente cubierta) a muy intensos (cubierta vegetal muy densa y bien estructurada, fortalecida por la presencia de leñosas (matorral y arbustos).

LOS SUELOS

En las cimas de las laderas laterales y en las partes altas de máxima pendiente el proceso de edafización está perturbado por la erosión y frenado por la falta de humedad durante gran parte del año. Se forman litosuelos o suelos esqueléticos, sin capacidad de regulación, frecuentemente con afloramientos de la roca madre (cuarcitas, pizarras, granitos, arenisca). Ocasionalmente se encuentran sueltos relictos en la zona alta cuando ésta es plana y con escasa incidencia erosiva por arrastre. Las fracciones finas son arrastradas y los nutrientes movilizados disueltos. Unas y otros van a parar a la zona de transporte si la lluvia es suave y a la de acumulación si es fuerte. En este último caso, si se forma capa freática, van a enriquecerla aumentando la salinidad por capilaridad en el estiaje.

El deslizamiento coluvial y aportes de la zona alta dan lugar a un suelo de más potencia edáfica en la ladera, en la que también puede aflorar la roca madre. Tanto en el caso anterior como en éste suelen darse acumulaciones locales de suelo y arenamientos acuosos, fácilmente detectables por la vegetación más exigente en fertilidad y humedad.

En el fondo de la vaguada pueden formarse suelos de vega en muy diversos grados de evolución debidos a los aportes coluviales de la ladera y a los aluviales del arroyo. En terrenos del terciario y cuaternario se dan zonas endorreicas, depresiones cerradas, con suelos de diverso grado de salinidad que difieren del modelo aquí propuesto pero que pueden recibir un tratamiento similar. Cuando la falta de pendiente no permite un desagüe rápido, los suelos acusan diversos grados de hidromorfismo, hasta gleyzación. En las vaguadas poco profundas no es infrecuente la presencia de pseudogley.

La textura suele ser muy variada, predominando las fracciones gruesas en la parte alta (si el suelo no está decapitado, por la erosión, mostrando en superficie horizontes inferiores) y media; no obstante, no es raro encon-

trar áreas con predominio de la fracción arena en la zona baja de sedimentación, procedente de los arrastres y sedimentos del arroyo.

Se deduce pues que, dada la variedad de agentes que con diversos grados de intensidad afectan a los suelos a lo largo y ancho de la vaguada, los grados de edafización son muy variados y su génesis compleja, por lo que no resulta fácil enmarcar su tipología.

LOS ELEMENTOS NUTRIENTES

Prescindimos de dar niveles de nutrientes o concentraciones absolutas por abarcar una gama amplísima en función de la roca madre, grado de evolución, régimen hídrico y utilización. Sin embargo, es muy orientador hacer unas consideraciones similares a las ya expuestas por MONTSERRAT en los trabajos ya citados y en otros muchos.

La movilización y transporte de elementos nutrientes va ligada a los dos factores antes descritos (aguas y suelos) y está relacionada con los diversos grados de intensidad de mineralización en las zonas de la vaguada.

En líneas generales, el fondo de la vaguada se enriquece con los aportes de las zonas de ladera y cumbre, bien por aportes superficiales bien por los productos disueltos que desde las capas inferiores ascienden por capilaridad en el estío.

La zona de ladera (transporte) puede recibir de la superior, y a su vez ceder a la inferior. La parte alta es lavada y aporta a las demás, de ahí la importancia de que esta zona esté arbolada.

Es interesante destacar los aportes de la zona labrada (cuando lo está) de los interfluvios y de las laderas. Estas zonas de labor reciben desde hace unos 20 años cantidades sustanciales de abono mineral, que es lavado y pasa a enriquecer las vegas y fondos de vaguada. Cuando se trata de zonas cerealistas las vaguadas reciben la denominación de *valles entrepanados* (entre pan y pan = trigo). En este caso los aportes son notables; cada vez más, pues para mantener los rendimientos el agricultor ha de incrementar las dosis de abonado cada pocos años, dada la pérdida de las retenciones por oxidación constante de las fracciones orgánicas que no son restituidas. Cuando las tierras de labor limitan con el arroyo directamente, nadie se beneficia de estos abonos diversos, que inciden en la velocidad de eutrofización de estanques y embalses aguas abajo.

Otro aspecto señalado por MONTSERRAT es el de los efectos de los herbívoros domésticos, con un proceso hasta cierto punto inverso al determinado por la fuerza de la gravedad; los animales pastan en la parte baja y depositan los excrementos en las de sesteo, generalmente la media ladera o la alta cuando están arboladas. El mismo autor destaca el hecho de que los vegetales, principalmente leñosos, son los agentes de movilización y transporte vertical; los animales, del horizontal.

CLIMA

Las características mesoclimáticas quedan alteradas localmente con todo su cortejo de microclimas.

La orientación de la vaguada es determinante para el ángulo de incidencia de la radiación solar y tiempo de insolación (y para la lluvia cuando tiene una componente direccional dominante cual es el caso de Salamanca) que dará lugar a laderas más o menos soleadas o sombrías. El máximo exponente de este fenómeno tiene lugar en vaguadas de orientación E-W, y se va amortiguando a medida que la orientación tiende a la N-S en que las diferencias entre solana y umbría son difícilmente detectables.

La profundidad y amplitud de la vaguada inciden en los efectos anteriores, pudiendo desembocar en una inversión de pisos. Se llega a diferenciar una zona fría y húmeda en el fondo frente a otra más cálida y menos húmeda en las partes altas. Con frecuencia esta circunstancia afecta a los pisos de vegetación, situándose el roble en las partes bajas donde encuentra la humedad complementaria de la climática, y la encina en las altas más secas y templadas. Evidentemente estos fenómenos están tan atenuados en las vaguadas calificadas de 6.º orden, que pueden pasar desapercibidos.

VEGETACIÓN

Hemos hecho referencia ya a la inversión de pisos de vegetación como consecuencia de la térmica y de la humedad. Asimismo, hemos destacado el carácter más mediterráneo de la vegetación de la solana con presencia de termófilas, frente a la de la umbría, más atlántica, así como la atenuación de este fenómeno a medida que la vaguada se orienta en dirección N-S. La solana estará ocupada por carrascal mediterráneo o la comunidad serial correspondiente por destrucción de éste; la umbría por elementos de hoja marcescente (roble o quejigo) o sus bardales, matorrales o pastizales seriales, igualmente por destrucción del bosque. También se ha hecho referencia al carácter zonal según gradientes edafoclimáticos, con especial incidencia de la humedad edáfica en la distribución de la vegetación a lo largo de las laderas. Esta zonación se repite de forma monótona, que se rompe solamente cuando la orientación e inclinación del sustrato geológico dan lugar a afloramientos acuosos perfilados o puntuales.

Variaciones según gradientes tan acusados dan lugar a que sea patente la presencia de indicadores de clima y suelo. Cuando la vaguada está reducida a simple vallonada (6.º orden), las diferencias climáticas quedan muy amortiguadas, siendo las edáficas y de utilización las más destacadas.

Los factores edafoclimáticos dominantes repercuten no sólo en la abundancia de especies, sino también en su frecuencia relativa, es decir, afectan a la diversidad. Las especies más estenoicas quedan definidas en sus ambientes más propicios y las eurioicas son desplazadas de las áreas donde los factores abióticos son más adecuados para el desarrollo. Tal desplazamiento es un efecto de la mayor agresividad o poder competitivo de aquellas que por su más elevada eficiencia resultan más adecuadas para esas condiciones; estas especies suelen ser las más estenoicas.

Pero además de los factores del biotopo y los efectos de la competencia entre individuos del mismo nivel hemos de considerar los del nivel de herbívoros, principalmente los domésticos, que con sus preferencias, querencias y necesidades específicas modifican las comunidades vegetales según di-

versos grados de intensidad, en función del régimen de utilización a que esté sometido el pastizal. En líneas generales puede afirmarse que el manto vegetal de las zonas altas (de erosión) tiene escaso poder de regulación sobre los agentes perturbadores, de ahí la gran importancia de que tales comunidades fortalezcan sus estructuras con el apoyo del arbolado, imprescindible en dichas zonas.

MODELO GRÁFICO

Al tratar de expresar de una forma gráfica el modelo vaguada que proponemos, hemos intentado hacer patente solamente los flujos más importantes implicados en el sistema. Sin duda alguna, podríamos haber complicado mucho más el diagrama, ya que las interrelaciones en un sistema como la vaguada son innumerables si se lleva hasta aspectos muy concretos el nivel de percepción. Como en cualquier modelo, la complejidad del mismo lleva consigo más realidad; sin embargo, nosotros pretendemos, ya que podrá ser considerado como base para posteriores estudios, conseguir un nivel medio de complejidad para ganar en generalización del sistema.

El modelo presentado puede considerarse solamente como parte de otro más completo, en el que debería tenerse en cuenta el flujo de cada uno de los bioelementos o nutrientes por separado y el flujo de energía. Los dos submodelos tomados como ejemplo para ilustrar nuestra propuesta corresponden al flujo del agua y de bioelementos (Figs. 4 y 5) en el sistema vaguada. Ambos están mutuamente interrelacionados y, más aún, el segundo en la mayoría de los flujos está supeditado al primero.

Se ha dividido la vaguada en cinco partes de acuerdo con las características primordiales ya descritas, por lo que los flujos se repiten en la mayoría de los casos entre los compartimentos del mismo nivel.

Cada submodelo consta de dos comportamientos (de entrada y de salida), que representan en conjunto el exterior del sistema, y varios compartimentos en cada uno de los niveles del sistema vaguada, unidos por flechas direccionales que indican el sentido de la transferencia entre pares de compartimentos. Alguno de los compartimentos no tienen ubicación definida, como p. ej. los animales, por lo que se consideran agrupados en una sola casilla, pero con la posibilidad de intercambio con cualquier nivel.

En los submodelos de la vaguada hay que tener en cuenta la posibilidad de repetición de los tres niveles intermedios de la vaguada (para expresar tal contingencia se dibuja en línea discontinua una casilla complementaria en el compartimento correspondiente) o la posible ausencia de alguno de ellos (afloramientos).

La consideración individualizada de cada una de las especies animales y vegetales que podrían ser encontrados en este tipo de sistemas en la zona mesetaria del Centro-Oeste haría inoperante, por su complejidad, el modelo, por lo que solamente tenemos aquí en cuenta, en ambos casos, tres posibilidades. Para los animales distinguimos en grandes grupos los que tienen relación directa con el pastizal (insectos fitófagos, roedores y rumiantes). Para los vegetales consideramos por un lado árboles y por otro el resto de biotipos, diferenciando si son o no comestibles por los animales. En ambos casos, las tres posibles opciones se representan con otros tantos comparti-

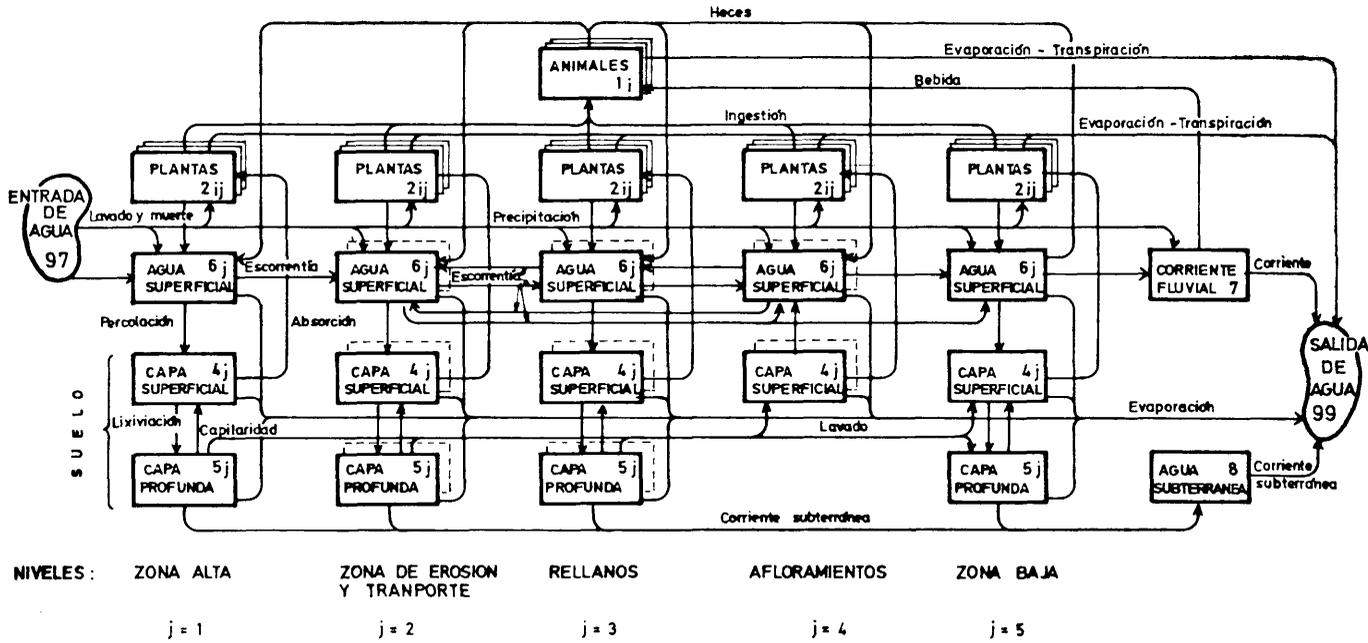


FIG. 4.—Flujo del agua.

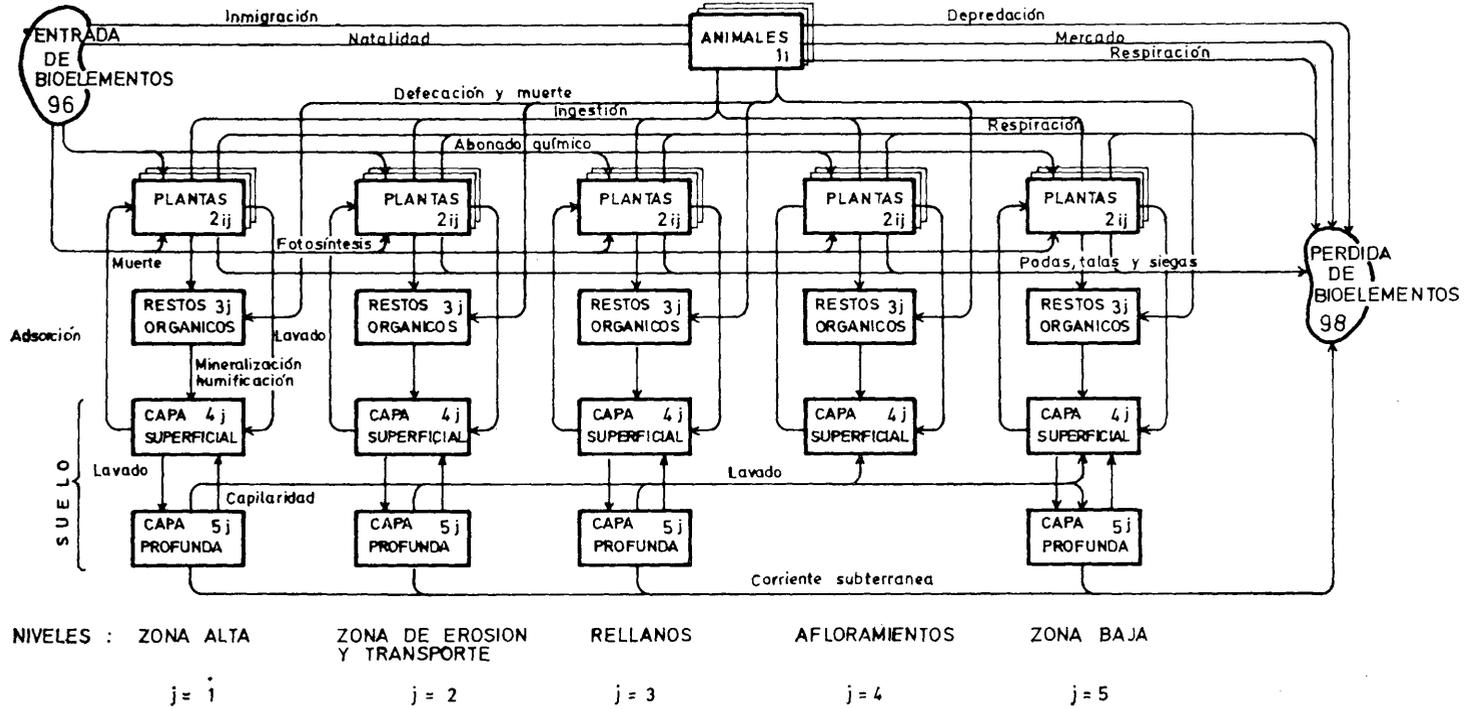


FIG. 5.—Flujo de Bioelementos.

mentos superpuestos, sobreentendiendo que cada uno de los flujos de transferencia de entrada o de salida a ese mismo compartimento queda triplicado por afectar a variables diferentes.

Todos los compartimentos están simbolizados con un número, que puede estar acompañado de uno o dos subíndices. El mismo número en varios significa igualdad de variable (ejemplo: plantas = 2). El subíndice i se refiere al número de orden (ejemplo: plantas no comestibles por animales = 2_1 ; árboles = 2_3). El subíndice j sirve para definir el nivel correspondiente (ejemplo: zona baja = 5). Así pues, cada compartimento supone una variable perfectamente definida para su posterior manejo en forma matricial (ejemplo: árboles de la zona alta = 2_{31}).

Cada flujo en cualquiera de los submodelos se ve afectado por un determinado número de variables (puede ser expresado en función de las mismas). Esas variables pueden ser:

a) *Variables inductoras*, que pueden afectar a las otras variables del sistema unívocamente de forma estocástica o probabilística.

b) *Variables condicionadas*, que quedan definidas en cada momento temporal por las variables inductoras y el balance de flujos de entrada y salida en ellas. Serían cada uno de los compartimentos.

c) *Variables auxiliares* o parámetros que pueden variar el flujo en casos concretos y en un sentido determinado. Normalmente son constantes de efecto añadidos a la función que expresa la forma de transferencia entre compartimentos.

d) A esas tres variables anteriores hay que añadir la *variable temporal* medida en un sistema de unidad acorde con el resto de las variables. Para cada fracción de tiempo el flujo considerado intercambiará entre las variables condicionadas una parte del elemento o elementos que dan nombre al submodelo. Pasos sucesivos a lo largo del tiempo, por programación dinámica (p. e. cadenas de Markov), pueden llegar a expresar los cambios y predecir el resultado para un momento determinado.

Veamos como ejemplo el flujo muerte de las plantas en uno de esos pasos en el tiempo ($t \rightarrow t + 1$).

FLUJO: Muerte de las plantas; MUER (I, J).

DESDE: Plantas; CPLNT (I, J).

HASTA: Restos orgánicos; CLIT (J).

AFECTAN:

a) Variables inductoras (I).

Precipitación; IP.

Viento; IV.

b) Variables condicionadas (C).

Agua en la capa superficial del suelo; CACSS (J).

Agua en la capa profunda del suelo; CACPS (J).

Animales; CANIM (I, J).

- c) Variables auxiliares (A).
 Plantas secas; APLNTS (I, J).
 Factor que depende de la durabilidad de la parte seca; AMUER1 (I, J).
 Efecto de la lluvia; AMUER2 (I).
 Efecto del agua en el suelo; AMUER3 (I).
 Efecto del viento; AMUER4 (I).
 Efecto de los animales, AMUER5 (I).

La función que expresa ese flujo quedaría:

$$\text{MUER (I, J)} = \text{AMUER1 (I, J)} \cdot \text{APLNTS (I, J)} \cdot \text{AMUER2 (I)} \cdot \text{IP} + \\
+ \text{AMUER3 (I)} \cdot \text{CACSS (J)} + \text{CACPS (J)} \cdot \\
\text{AMUER4 (I)} \cdot \text{IV} \cdot \text{AMUER5 (I)} \cdot \text{CANIM (I, J)} \cdot \text{DT}$$

La última expresión (DT) indica la diferencia de tiempo o paso considerado en la evaluación continuada de las variables y flujos.

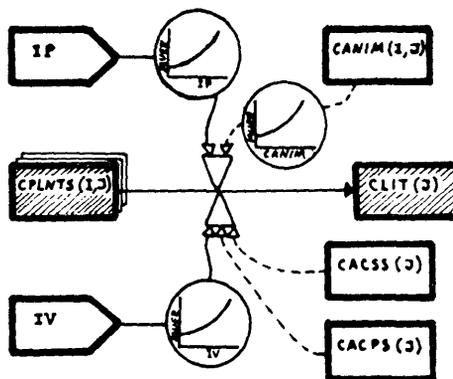
I: Tipo de plantas considerado. Varía de 1 a 3.

J: Nivel de la ladera. Varía de 1 a 5.

UNIDADES:

MUER (I, J) — g cm^{-2}
 APLNTS (I, J) — g cm^{-2}
 IP — cm
 CACSS (J) — cm
 CACPS (J) — cm
 IV — cm. sg^{-1}
 CANIM (I, J) — g cm^{-2}

La función general tendrá en cuenta la forma en que cada una de las variables por separado afectará al flujo. Esquemáticamente y para alguno de los variables quedaría de la siguiente forma:



En la Tabla I se recogen en forma matricial los factores implicados en los diferentes flujos de ambos subsistemas.

TABLA 1.

MATRIZ DE FACTORES IMPLICADOS EN LOS DIFERENTES FLUJOS.

		VARIABLES																					
		T	I		C				A														
		Tiempo Precipitación Temperatura Viento Radiación solar Necesidad Heces-Demanda Hombre Animales (Insectos fitófagos) Animales (Roedores) Animales (Ruminantes) Plantas (no comestibles por los animales) Plantas (comestibles por los animales) Plantas (árboles) Restos orgánicos Suelo. Capa Sup. Zona alta Suelo. Capa Sup. Zona de erosión y transp. Suelo. Capa Sup. Zona de rellanos Suelo. Capa Sup. Zona de afloramientos Suelo. Capa Sup. Zona baja Suelo. Capa Prof. Zona alta Suelo. Capa Prof. Zona de erosión y transp. Suelo. Capa Prof. Zona de rellanos Suelo. Capa Prof. Zona baja Agua Sup. Zona alta Agua Sup. Zona de erosión y transp. Agua Sup. Zona de rellanos Agua Sup. Zona de afloramientos Agua Sup. Zona baja Corriente fluvial Agua subterránea																					
			1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	7	8	
F L U J O S	Inmigración	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Natalidad	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Abonado químico	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Fotosíntesis	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Depredación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Mercado	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Respiración	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Defecación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Muerte	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ingestión	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Mineralización	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Humificación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Lavado	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ascensión por capilaridad	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Podas, talas y siegas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Absorción	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Lavado	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Corrientes subterráneas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Precipitación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Escorrentía	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Evaporación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Transpiración	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Bebida	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Heces	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Lavado y muerte	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Percolación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Lixiviación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Corriente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

Hay algunos flujos que por la sencillez con que nosotros los expresamos necesitan una aclaración complementaria. El aporte de nutrientes se refiere, además del que puede realizar el hombre como abono químico, al proceso natural de aporte de nutrientes al suelo a través del agua de lluvia y del viento. Muerte y defecación, a pesar de ser procesos diferentes, se han considerado solamente uno por seguir el mismo camino.

BIBLIOGRAFIA

- (1) DUVIGNEAUD, P. 1974: *La synthèse écologique*. Doin colls. p. 40. París.
- (2) GARCÍA NOVO, F. 1968: *Aplicaciones de tres diferentes métodos de análisis al estudio conjunto de la vegetación y los factores ambientales en un pasto de Rodas Viejas (Salamanca)*. Tesis Doctoral. Univ. Complutense. Madrid.
- (3) GARCÍA NOVO, F., GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. y GIL CRIADO, A. 1969: *Essais d'analyse automatique de la végétation et des facteurs de milieu (exemple de la Végétation des pâtures oligotrophiques de "Rodas Viejas, Salamanca*. V Simposio de la Flora Europea (20-30 mayo 1967). Trabajos y Comunicaciones, 91-115. Sevilla.
- (4) GIL CRIADO, A., LUIS CALABUIG, E. y GÓMEZ GUTIÉRREZ, J. M. 1977: *Correspondencia entre diversos factores y la distribución de la vegetación en una ladera erosionada*. An. Edaf. Agrobiol. 36 (3-6) 501-525. Madrid.
- (5) LUIS CALABUIG, E., GÓMEZ GUTIÉRREZ, J. M. y GIL CRIADO. 1976: *Detección de los factores dominantes de la distribución de la vegetación mediante análisis factorial de correspondencias. Estudio con cobertura herbácea*. Anuario del Centro de Edaf. y Biolog. Aplicada. 2, 115-135. Salamanca.
- (6) MONTSERRAT RECODER, P. 1975: *Aspectos funcionales del monte adhesado extremeño*. Diputación Provincial de Badajoz. 6 págs. — — — — —
- (7) MONTSERRAT RECODER, P. 1977: *Praderas de secano y mejora de pastos*. Segundas jornadas sobre ganado lanar. Huesca 12-14 mayo de 1976, pp. 59-81.
- (8) ODUM, E. P. 1972: *Ecología*. Trad. de "Fundamentals of Ecology", por Ottenwaelder, C. G., 3.^a edición, 639 pp., Edit. Interamericana. México.

WATERSHED SYSTEM AS STUDY UNIT IN GRASSLAND

SUMMARY

This work considers the possibility and convenience of using the watershed system as study unit in grassland. Also an account and description of the highly diverse factors affecting communities where they are located are given.

The possibility of using such unit becomes an unavoidable necessity when trying to surpass a sectorial studies reach with really partial results only applicable to one particular association. Grasslands form a complicated mosaic of badly delimited associations. Data more in agreement with the systems reality may be obtained esaier adopting watershed as unit since it shows presence of every or nearly every association possible in an edaphoclimatic environment defined with or without intense anthropogenic action.