

1876:3

## ASPECTOS ECOLOGICO-PRACTICOS DE LA EUTROFIZACION EN RIOS DE MONTAÑA

Pedro MONTSERRAT

Centro pirenaico de Biología experimental. Jaca.

Es obvio el progreso del desorden explotador en nuestras montañas que repercute en una mala regulación de los caudales y en la liberación de elementos arrastrados por las aguas hacia el mar. Es un problema complejo que presenta múltiples implicaciones en campos científicos y sociales muy variados. Ahora podríamos centrar nuestra atención en el deterioro progresivo de las cuencas flúviales, de los sistemas naturales sustituidos por otros improvisados que no tienen continuidad y que además varían caprichosamente.

Como botánico especialista en pastos y sistemas naturales, metido en proyectos de investigación relacionados con el tema(\*), deseo exponer unos hechos y principios generales sobre el uso del agua, en un mundo que todos deseamos más limpio y alegre que el actual.

1. LOS RECICLADOS NATURALES- Además de la escala continental, el agua recicla de manera menos aparente en varias comunidades naturales situadas topográfica e históricamente, en ecosistemas que evolucionan armónicamente con los climas locales y en un ambiente creado por los seres vivos.

Ya empezamos a tener conciencia de la complejidad de funciones en el mundo que nos rodea, de las limitaciones impuestas por dicha complejidad y de las "normas" que impiden los desastres; existe una "moral ecológica", pero el tema de los reguladores relacionados con la libertad humana nos apartaría del fin propuesto ahora. Nos interesamos fundamentalmente por los fenómenos autorreguladores y su aprovechamiento tradicional por el hombre arraigado al terruño,

En esquema, existe la escorrentía del agua con unos frenos que la retienen, reutilizan, y la liberan "depurada", obteniendo un provecho que, tratándose de sistemas conjuntados a lo largo del tiempo, debe ser mutuo.

Es posible estudiar estas relaciones elementales por medio de unos modelos físicos aplicables a la cuenca hidrográfica, seguidos de otros modelos ecofisiológicos relacionados con la fotosíntesis por una parte y con la respiración de plantas o animales por otra, y finalmente unos modelos culturales aplicados a la comunidad humana enraizada. Este análisis permite conocer factores decisivos, limitantes, en procesos concretos y detectar la repercusión que tienen sobre la dinámica paisajística.

El bosque retiene agua y los solutos que ésta arrastra e impide la contaminación en arroyos y comarcas poco alteradas por el hombre; el río truchero nos indica esos sistemas montaraces que reutilizan el agua con extraordinaria eficiencia. En el suelo forestal se con-

---

(\*) Programas de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas nº 22010 y 62049, Madrid, julio de 1981. Cf. Proyecto I.E. nº803084 del Comité Conjunto Hispano Norteamericano.

densa cada noche gran parte del agua transpirada, con rocío y una precipitación oculta que garantizan la fotosíntesis matinal aún en climas poco lluviosos.

Cae un árbol arrancado por el vendaval, arrastrado por aludes o bien fulminado por el rayo incendiario, y el suelo se airea, ventilación que favorece a las bacterias destructoras de mantillo y restos orgánicos; este proceso liberador de fertilizantes muy solubles es peligrosísimo, pero en el sistema forestal existen plantas acumuladoras de sales, como las ortigas y otras de hoja grande y tierna que aparecen en claros forestales. Si el proceso es normal en el sistema, las distintas etapas se suceden y la pérdida de sales lixiviadas es mínima o nula. Es útil, por lo tanto, observar la estrategia de estas comunidades de sustitución, junto con los setos y el manto herbáceo del bosque.

Es indudable que los prados nacieron del borde herbáceo, de los megaforbios ricos en sales, y para el ecólogo especialista simbolizan esa tendencia conservadora de la fertilidad en suelos de montaña, evitando su arrastre al río y finalmente al mar; sin mecanismos de retención reutilizadora, cada montaña se convertiría en un desierto de pedruscos.

Un dosel de ramas y hojas confina parte de la atmósfera; imaginemos el recinto con escaso intercambio en días de calma nocturna y es fácil comprender que pronto se alcanza la saturación de humedad, el rocío y la precipitación oculta. Existen gradientes de confinación, con aislamiento de las corrientes generales de aire y vemos que es posible utilizar varias veces el agua en funciones de fotosíntesis. El campo para investigadores es inmenso y sus aplicaciones a la ecología paisajística son variadísimas.

Cabría insistir en la precipitación horizontal filtra-nieblas del fayal canario y de los hayedos cántabro-vascos que alimenta plantaneras y prados siempre verdes; también podría señalar la importancia de los enarenados almerienses y de las viñas "subterráneas" lanzaroteñas, para destacar como se merece la precipitación oculta en suelos porosos. Al centrar el tema en los arrastres de aguas salvajes y más aún las freáticas, vemos la importancia extraordinaria de lo que podríamos denominar los "filtros naturales" en prados y bosques.

2. EL CESPED COMO FILTRO- Señalamos ya el peligro de un lavado rápido de sales minerales que deben ser retenidas asegurando la continuidad del sistema. Para frenar la lixiviación es preciso aumentar el tamaño de las moléculas, micelas, hasta bacterias que son retenidas fácilmente en los poros edáficos; la bacteria muere pronto y su descomposición libera de nuevo sales solubles en ciclos rápidos que complican la estrategia retentiva. En la fauna del suelo, la lombriz juega un papel estabilizador enorme y con ella todos los comebacterias; su actividad y la de las raíces, dan origen a una estructura edáfica migajosa y útil para asegurar reciclados importantísimos en el subsistema edáfico.

El césped cumple tanto como el bosque su misión reguladora, pero en condiciones de una mayor dinamicidad. Es posible estudiar los césp-

pedes y su bioedafon en condiciones ambientales variadas, tanto en un paisaje como comparando los alejados parecidos, para ver su eficacia filtradora y utilizarla convenientemente.

Como ciudadanos segregados del ambiente natural, adaptados a otros más convencionales mantenidos con un gasto energético enorme, estamos mal preparados para imaginar la dinámica de unos conjuntos formados por coevolución y sin intervención directa humana. Nuestro conocimiento científico será más eficaz si consigue relacionar la dinámica natural con la de unos conjuntos humanos-culturas-enraizados.

La cultura tibetana y otras parecidas, evolucionaron con métodos ganaderos y el cultivo de unos prados muy especializados, aptos para reutilizar al máximo la fertilidad; es curioso ver como los más productivos son precisamente los más estercolados, los "contaminados" desde siempre con todo el estiércol que pueden transformar. Es obvio que no hay más diferencias entre contaminación-fertilización que las de grado y dependen fundamentalmente de la capacidad transformadora del sistema.

3. LOS ACELERADORES NATURALES- Nuestro mundo es limitado y aumentaremos las producciones activando reciclados de una fertilidad que podría ser lavada fácilmente; la erosión química es más sutil que la física tan conocida y por ello es más taimada su acción empobrecedora. Ambas erosiones se relacionan y responden a la destrucción de los frenos naturales, con acción muy drástica si no existe una "programación previa", por ser imprevisible para cada sistema situado, ambientado a lo largo del tiempo.

Se actúa en la montaña, en fuerte pendiente y sobre suelos poco coherentes, de una manera insensata, con tractor-oruga muy pesado que destruye filtros naturales, se dinamitan diques de contención, y se construyen caminos jamás terminados, erosionantes, empobrecedores para el país. Se trata de unas acciones programadas de cara al consumidor, al mercado que pide producciones concretas; otras veces parece que sólo se atiende a la pereza del agente explotador o al capricho de nuevo rico, pero jamás se piensa en unas comunidades naturales que deben persistir mejorando armónicamente.

En cambio vemos acciones de las culturas autóctonas, adaptadas a la montaña, que persisten y podemos utilizar si las conocemos a fondo, científica y culturalmente, es decir, con un conocimiento actual. Los incendios y el pastoreo actuaron durante millones de años, en la pradera, las sabanas o estepas, adaptándose mutuamente en cada ecosistema. La explotación es tan natural como la conservación de lo que vale la pena mantener y los hombres aprendieron a explotar observando pacientemente sus animales, las tormentas-aludes, los incendios y sus modalidades. Con el arado aumentaron las posibilidades explotadoras, pero también el peligro de erosión en ladera empuñada.

Mirando al tiempo geológico, encontramos un ejemplo de explotación natural activadora, renovadora de estructuras que posibilitó el desarrollo extraordinario de los mamíferos terrestres, consumidores de ramón y pasto; aumentó el tamaño del animal gracias al acceso a un alimento basto y abundante, pero con una especialización adecuada

de estructuras.

El ramoneo aclaró florestas, favoreciendo a la pradera en climas adecuados y bajo la presión de manadas en pastoreo. La hierba exige mucha fertilidad y precisa un aporte regular de agua; vimos que la cubierta verde favorece la precipitación oculta a nivel del suelo, bajo el césped, pero además conviene destacar ahora algo tan decisivo como la trituración-digestión de unas masas ingentes de forraje.

En los bosques persiste mucho el mantillo triturado lentamente por legiones de artrópodos muy especializados; por otra parte el micelio de hongos sólo actúa intensamente en momentos del año favorables y antes de que aparezcan las setas; la remoción superficial activa las bacterias mineralizadoras, pero esta acción resulta excepcional en los bosques naturales.

Situados en el prado próximo al bosque, todo se acelera y la función trituradora es realizada por el rebaño que sesteando rumiando; boñigas y cagarrutas alimentan unas bacterias adecuadas que activan a los coprófagos. En la panza, cámara de cultivo termorregulada y con secreciones activadoras, se aceleran las mismas funciones realizadas lentamente en el mantillo forestal. Esta comparación tan fructífera en ecología paisajística, la formuló hace tiempo un equipo de investigadores del CSIC en la Facultad de Veterinaria de León(\*) y señala un camino al investigador científico que desea integrar sus conocimientos a unos sistemas naturales viables.

4. EQUILIBRIO ENTRE RENOVACION-CONSERVACION- El ecólogo R. MARGALEF(\*\*) expuso en Roma unas ideas básicas sobre organización reticular, contacto entre sistemas de distinta organización y sobre las estructuras estabilizadoras que encauzan la renovación rápida, abriendo un sinfín de posibilidades al investigador ambiental moderno.

He desarrollado las ideas anteriores en publicaciones dedicadas a la explotación de pastos en la montaña; existen heterogeneidades, contactos asimétricos complementarios y ensamblados naturalmente por coevolución que indican el sentido de algunas funciones elementales del paisaje. Dicha heterogeneidad ordenada, favorece los intercambios y acelera las funciones decisivas, como vimos en el caso de los rumiantes y podríamos ampliar al de los équidos, roedores coprófagos, etc. La escasez de artrópodos coprófagos en Australia, sin insectos de boñiga, determina el empobrecimiento del pasto australiano, con superficies inutilizadas por pellas reseca que persisten muchos años.

Tanto en la Pradera como la Pampa o en las sabanas, existen diversificaciones al parecer superfluas que pudieron simplificarse hasta cierto punto en tierra llana, pero con peligro incrementado de algunos huracanes que remueven todo lo labrado. En alta montaña, como la Puna, la Tundra alpina, laderas muy pendientes y otros lugares crioturbados, es enorme el peligro de arrasamiento y esterilización productiva; esto explica el comportamiento conservador del montañés.

(\*) ZORITA, SUAREZ y CALVO An.Edaf. Agrobiol., 26:273-292, vol.hom.a José M<sup>l</sup>. Albareda. Madrid 1967

(\*\*) MARGALEF, R. Conferencia en el "I.B.P. International Symposium", Roma. Pirineos, 98: 103-121. Jaca, 1970.

Nuestras culturas arraigadas evolucionaron en ambiente difícil ahuecando el bosque con ayuda de los herbívoros. El frajinal de Guadarrama -Escorial es fruto de dicha diversificación paisajística con adaptación ganadera; salvo en laderas arenosas más permeables, el problema productivo radica en una mala permeabilidad edáfica, con encharcamiento primaveral que sana el Fresno al brotar. Es un conjunto muy estable que admite el arado sólo en sectores favorables de la malla estructural.

En el clima continental del Pirineo ribagorzano son frecuentes los frajinales o freixanes y lo mismo podríamos decir de los montes zamoranos y los bejaranos; escamonda, ramoneo directo con cabras y acciones parecidas de los équidos y un vacuno adaptado, son claro ejemplo de las estructuras culturales que utilizan un "monte" poco apto para la agronomía cerealista tradicional. Se trata de unos ganaderos forzados que mantuvieron estructuras paisajísticas estabuladoras. Conservan los árboles, pero también los podan sin comprometer su permanencia en el prado estructurado.

Debemos fomentar el estudio directo de esa coordinación de estructuras en la ecología paisajística, preparando unos programas de investigación adecuados para poner de manifiesto los mecanismos estabilizadores más útiles en cada ambiente. Acaso valga la pena centrar ahora nuestra atención en el dinamismo edáfico, contando con las plantas indicadoras que un botánico entrenado puede interpretar. No siempre es fácil conocer lo que ocurre bajo la superficie del suelo.

5. EL DINAMISMO EDAFICO- La recuperación de fertilidad mantenedora de unas producciones sostenidas y consumidas ordenadamente al producirse, requiere estructuras edáficas reguladas por la penetración de raíces y el movimiento del bioedafón. Es un campo de investigación muy descuidado; sería prometedor plantear el estudio en sistemas geofísico -culturales. Hasta hace poco las ciencias avanzaron en un campo muy limitado, descuidando las fronteras y los contactos asimétricos tan prometedores para orientar las funciones del sistema.

Centrando más el tema, observaríamos unos lugares contaminados desde siempre por agentes bien conocidos científicamente, que mantienen organismos y comunidades absorbentes de dicha contaminación, no una cualquiera, sino la suya, la que experimentaron durante milenios. En estas condiciones fijadas evolutivamente, la contaminación fertiliza.

Progresará mucho la microbiología edáfica y la de los estercoleros abonados con fosforita molida, yeso y elementos en mínimo, si deseamos de verdad actuar en una agronomía anticontaminante; nos falta conocer ahora el dinamismo de las comunidades más activas y mantenerlas para unos momentos decisivos que debemos conocer perfectamente. En climas que varían a lo largo del año, son muy limitadas las posibilidades de actuación biológica, con unos seres que deben sobrevivir a los periodos desfavorables.

Se impondrá el estercolero-fábrica de abono rural anticontaminante. De potenciar la producción por planta, pasaremos a reciclar rápidamente sin contaminación posible, reutilizándose la fertilidad "in situ" de manera eficiente; cada día escasearán más los fosfatos

y otros abonos químicos, aumentará la conciencia del peligro que entraña su aplicación indiscriminada, y se estimulará el estudio de estos procesos en los sistemas productivos de nuestras montañas.

6. ASPECTOS PRACTICOS DEL PROBLEMA- Dejando a un lado el aspecto teórico deducido de unos principios expuestos sucintamente, quiero ahora destacar dos conclusiones importantes: (a) las estrategias de investigación y control, por una parte y (b) el empleo de los filtros descubiertos en cada sistema montaraz mediante la investigación orientada, por otra.

a) La estrategia investigadora. En cada cuenca, cabe distinguir los tramos que conservaron su tapiz vegetal hasta hace poco, de los labrados reiteradamente; su recuperación homeostásica será distinta. Actualmente se labran muchos montes y nadie trata de medir la inestabilidad que eso conlleva. Oigo decir que se repueblan bosques, pero en realidad se labran suelos marginales no sometidos anteriormente a tan drástica medida destructora de su estabilidad.

Un control de aforos, especie de balance con salidas para cada cuenca parcial, del agua, los *solutos* y *suspensión sólida*, sería una conclusión viable inmediatamente. Mediante instrumentos normalizados, al modo de la red pluviométrica nacional, se descubrirían pronto las anomalías hasta encontrar al responsable del desaguisado; podríamos así pedir responsabilidades a los gestores públicos o privados.

b) Los filtros naturales y sus posibilidades. Vemos que puede resultar fácil conocer calidades del agua en los arroyos y la de los sistemas que frenan escorrentías o evitan erosiones. Puesto en marcha un plan ordenado de investigación, aparecerán explotaciones demenciales en montes protegidos por la ley, los abusos agropecuarios tan frecuentes, el efecto de los incendios, de roturaciones sin sentido, de pistas mal construidas no terminadas, de instalaciones turísticas mas-todónticas, de unas prospecciones petrolíferas poco cuidadosas con el patrimonio nacional, etc.

Es más importante la parte positiva del estudio que nos descubre unos sistemas con extraordinaria capacidad absorbente, transformadora, mientras otros son lábiles y deben protegerse.

El dinamismo de las riberas con sargas--chopos y pastos, sus entarquinados naturales o provocados y las erosiones meandrinosas-- , nos muestra tanto los desastres como el sentido previsor de la cultura acutóctona o de varios técnicos sensibilizados: caso del entarquinado-pasto en las choperas de Alfántega en el Cinca. Existen ya los sistemas alternativos de explotación-filtro, económicos si los situamos correctamente y más aún si han sido experimentados previamente.

Este conocimiento de la capacidad homeostásica, del poder regular en sistemas de ladera y en riberas, debe orientar la ordenación territorial en áreas extensas de nuestra orografía, la que produjo, aún produce y debe seguir produciendo agua de calidad para nuestras ciudades e industrias.

Jaca, 6 de Noviembre de 1981

Comunicación presentada al CONGRESO SOBRE TECNOLOGIAS DE BAJO COSTO PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES. Tema "Alternativas a la depuración tecnológica. Técnicas de bajo costo". Dirección General del Medio Ambiente. M.O.P.U. Madrid, 18-20 Noviembre de 1981.