



CURSO REGIONAL DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA
(TRABAJOS PRÁCTICOS DE CAMPO)

III FLORA Y FITOTOPOGRAFÍA

(por P. Montserrat-Recoder y J. Puigdefábregas)

Sumario: Flora. Comunidades vegetales; los bosques; los pastos. Nociones de Ecología. La integración fitotopográfica (I) y (II). Métodos utilizados para el estudio fitotopográfico. Bibliografía.

I) FLORA Y VEGETACIÓN

Flora

Dominios florales y elementos florísticos.— El conjunto de plantas que pueblan un país forman su flora. Podemos distinguir la flora de antófitos, de criptógamas, etc., pero en su significado primitivo se aplica al conjunto de plantas superiores (Angiospermas, Gimnospermas y Criptógamas vasculares). Se comprende que según sea el país la flora será más o menos rica.

En la flora de grandes zonas terrestres, se observan familias, géneros y muchísimas especies que la caracterizan, individualizándola respecto a la de otras zonas terrestres. Se distinguen varios dominios florales con entidades taxonómicas de categoría y peculiares. Nos encontramos en el dominio boreal.

Dentro del dominio florístico boreal, podemos distinguir otras zonas importantes, caracterizadas por géneros peculiares y muchísimas especies exclusivas; son los subdominios regiones boreoártica, eurosiberiana y mediterránea, por lo que respecta a la flora española. Den-

tro de los mismos podemos distinguir sectores o provincias, caracterizados por la abundancia y exclusividad de muchas especies (con pocos géneros propios), como por ejemplo el sector atlántico, oromediterráneo, centroeuropeo, ibero-mauritánico, etc.

En cada flora regional, podemos distinguir unos elementos florísticos o grupos de especies cuyo dominio principal se encuentra en otras regiones geográficas. Así podemos hablar del elemento atlántico, oromediterráneo, sarmático, ibérico, mediterráneo, etc. en nuestro Pirineo. La flora pirenaica está constituida por "elementos" de otras floras más o menos limítrofes, que alcanzaron el Pirineo en épocas climáticas favorables. Como ejemplo podemos citar la penetración de especies boreoárticas durante las glaciaciones. Vean cómo el concepto de elemento florístico, va ligado por una parte a una flora característica de una determinada región geográfica y por otra parte a un conjunto de especies que llegaron al Pirineo durante determinado período histórico, caracterizado por una modalidad climática especial con penetración de plantas de otras regiones, que antiguamente alcanzaron el Pirineo. Retengan los dos aspectos de "elemento", el más propio de tipo geográfico y el histórico-ecológico, ligado a movimientos de flora en épocas pretéritas. Algunas veces es difícil separar ambos aspectos, porque las condiciones ecológicas determinaron las migraciones florales.

Para el estudio de los elementos florísticos se emplean los mapas de áreas de especies y géneros (o familias), centrándolas de acuerdo con criterios concretos.

El poblamiento vegetal del Pirineo. - Nuestro Pirineo es muy antiguo. Se formó durante el Carbonífero (Plegamiento Herciniano), arrasándose a lo largo del Secundario, para elevarse de nuevo con las primeras fases del plegamiento alpino (Eoceno). La vegetación eocénica era tropical, como lo prueban los restos fósiles de Europa occidental.

Sobre esta base florística formada por familias y géneros que actualmente persisten entre los trópicos, fue diferenciándose una flora adaptada progresivamente al frío y a la sequía. La enorme pantalla que representaba el Pirineo muy elevado durante el Oligoceno y Mioceno, determinó un clima cada vez más continental, favoreciendo la penetración de plantas actualmente abundantes en las estepas asiáticas y de la Europa centro-oriental (elemento histórico sarmático o arano-turaniano). El Plioceno fue más húmedo y templado, modalidad climática de tipo oceánico (por lo menos en parte del Pirineo) como lo prueban los restos fósiles de la Cerdeña muy bien estudiados; la flora presentaba afinidades con la actual de China y parte SE de los EE.UU. americanos (laurisilva), así como en las estribaciones septentrionales de algunas de las Islas Canarias. Finalmente se sucedieron períodos fríos, otros húmedos o secos, que determinaron las glaciaciones y el deshielo; el manto nival eliminó

muchas plantas, pero en los montes que emergían de la lengua glaciaria aún persistieron muchas especies que posteriormente recolonizaron el Pirineo, junto con otras que subieron de los valles no afectados directamente por los hielos. Las morrenas frontales se encuentran en Villanúa y Senegué (V. del Aragón y V. del Gállego).

En cada período algunas especies se especializaron en la conquista de los peñascos y pedrizas más soleadas que el bosque; las especialistas de peñasco y gleras deben soportar cambios bruscos de temperatura y pudieron persistir mejor las glaciaciones; muchas de ellas no fueron afectadas por la invasión de hielo por estar situadas sobre la lengua glaciaria. Actualmente aún persisten algunas con afinidades tropicales, como la Borderea pyrenaica, cuyas especies se relacionan con lianas ecuatoriales pertenecientes a las Dioscoreáceas. Las Gesneriáceas proporcionan otro ejemplo de familia intertropical, con pocas especies mediterráneas, como nuestra Ranonda myconi pirenaica, afín a otras especies de los Balcanes meridionales y a muchas Gesneriáceas tropicales.

Quedan plantas pirenaicas afines a las esteparias irano-turanas, como algunas Scorzonera, Gypsophylla, Astragalus, producidas por adaptación de las que poblaban parte del Pirineo durante el Mioceno más continental. Quedan finalmente las plantas con afinidades atlánticas y las más recientes boreoárticas, reliquia de las glaciaciones.

Sobre un fondo florístico tropical al iniciarse el Terciario, con muchas familias actuales y gran parte de los géneros, pero formados por especies distintas, se desarrolló la flora autóctona, la propiamente pirenaica con sus elementos florísticos en parte comunes a montes mediterráneos y plantas endémicas, es decir exclusivas, pero relacionadas con las de otros montes europeos, africanos o asiáticos.

Cualquier cordillera presenta siempre una infinidad de climas locales (topoclimas) y en ellos encuentran acomodo plantas de muy diversas exigencias ecológicas. Si además tenemos en cuenta la variabilidad y deriva genética, acentuadas en pequeñas poblaciones aisladas, es fácil imaginar la persistencia de géneros con raíces pirenaicas antiguas, pero diversificados en especies de distribución restringida, con algunas estrictamente pirenaicas o endémicas. Como el clima general ha variado, fue posible la llegada paulatina de especies propias de otras regiones; algunas lograron adaptarse y persistir, otras desaparecieron sin dejar rastro y finalmente las más, evolucionaron hasta convertirse en nuevas especies distintas a las invasoras.

Elementos históricos y modalidades climáticas.— Ya hemos indicado algo del fondo tropical situado en la raíz misma de la evolución de la flora fanerogámica de los montes mediterráneos en general y del Pirineo en particular. También parece clara la penetración de un elemento adaptado al clima continental (estepario), producida durante el Mioceno; dicho período geológico se caracteriza por el endorreísmo penin-

sular muy acentuado (clima continental seco) y la abundancia de antílopes, de los que persiste como reliquia el sarrío (Rupicapra pyrenai-
ca). Un clima similar se encuentra en Anatolia y Norte de Persia, precisamente en la región donde abunda el elemento irano-turaniano, estepario seco. De dicho elemento suelen distinguir algunos autores el sarmático, que persiste en la Europa esteparia y, por los valles centrales de los Alpes, alcanzaría el Norte de España.

El elemento atlántico, con clima de modalidad oceánica, parece que alcanzó su esplendor durante parte del Plioceno, con épocas favorables, acaso en el interglaciar Mindel-Riss (2ª - 3ª glaciación) y un período postglaciar llamado el subatlántico de corta duración. Es lógico que dicho elemento persista mejor en la parte francesa y navarro-vasca del Pirineo, pero puede rastrearse en los rincones más húmedos de los grandes valles aragoneses, como en Villanía.

No es necesario hablar del elemento mediterráneo, el básico de nuestro Pirineo, pero acaso convenga mencionar sus enclaves cantábricos, franceses y de alta montaña en la vertiente navarro-aragonesa, con encina carrasca y muchas especies eumediterráneas que persisten gracias a climas locales muy secos, cálidos y poco fríos en invierno (calizas duras cársticas, efecto fohen, solanas abrigadas).

Las especies mediterráneas subatlánticas, vienen presididas por el madroño junto con Viburnum tinus, además de otras especies exigentes en humedad y poco tolerantes a los fríos invernales. Las mediterráneas subcontinentales presentan afinidades con la flora de nuestra meseta, el Valais suizo y las estepas anatólicas.

La parte occidental pirenaica recibe humedad con nieblas procedentes del Cantábrico (clima atlántico y subatlántico), con réplica en las estribaciones gerundenses del Pirineo oriental (clima marítimo producido por el Mediterráneo). La parte francesa es más oceánica que el Pallars, Ribagorza, Sobrarbe y la Jacetania; en Navarra se observa la transición al clima vasco, el más oceánico y menos frío. En el Pirineo central aragonés y catalán, junto con Andorra, es donde observamos una mayor continentalidad, con penetración de plantas sarmáticas por la Cerdeña. En el Sobrarbe, junto con parte del Ribagorza, se observa actualmente un clima continental muy seco y con variaciones de temperatura extremadas.

La flora pirenaica actual traduce fielmente dichas modalidades climáticas y su estudio permite conocer las vías de penetración de algunas plantas. El estudio del poblamiento terciario es más difícil y sólo podrá deducirse después de profundos estudios sobre la distribución y variabilidad de muchas plantas pirenaicas, en relación con los topoclimas actuales o pretéritos. Es un trabajo de integración de conocimientos que requiere una base florística y ecológica mucho mayor que la actual.

Hacia la parte alta interviene la innivación más o menos prolongada que permite la persistencia del elemento boreoártico en los lugares más nevados. La flora autóctona o afín a la de alta montaña mediterránea, se acantona en localidades donde la nieve persiste menos y con cambios de temperatura brutales. Son plantas de tipo estepario, las que poblaban el Pirineo y montes próximos durante el Mioceno (elemento oromediterráneo e ibero-mauritánico), muy adaptadas a los cambios bruscos de temperatura y a las fuertes heladas sin cubierta de nieve.

Sobre dichos elementos históricos, de raíz tropical el más remoto, con afinidades esteparias y mediterráneo-continenciales el siguiente, con afinidades oceánicas al terminar el Terciario y finalmente una penetración boreoártica en el Pleistoceno Cuaternario, teniendo en cuenta la plasticidad genética de dichas cepas ancestrales, favorecida a su vez por el aislamiento geográfico y la exigüidad de algunas poblaciones vegetales, será posible explicar en el futuro la historia detallada del poblamiento vegetal pirenaico.

El endemismo pirenaico.- Las piezas maestras para resolver el problema anterior, las que se han mostrado más fructíferas hasta ahora, se encuentran en las plantas llamadas paleoendémicas, las especies exclusivas del Pirineo que se encuentran muy aisladas de otras congéneres. Son plantas arcaicas que se han salvado en el Pirineo de la desaparición total (fósiles vivientes), como ventanas abiertas al pasado que nos permiten vislumbrar algo de las floras pretéritas.

Cuando las plantas paleoendémicas pertenecen a secciones de un género, o mejor aún, cuando se trata de todo un género endémico, el valor indicador de dicho endemismo es mucho mayor e ilustra muy bien la historia floral.

Otras endémicas se encuentran en plena evolución y presentan infinidad de formas agresivas, colonizadoras, actualmente y con modalidades reproductivas muy especiales (apomictos, híbridos con multiplicación vegetativa, cleistogamia, etc.), por ejemplo en los géneros Alchemilla, Potentilla, Rosa, Rubus, Hieracium, Taraxacum, Viola, etc. Se trata de las llamadas neoendémicas entidades taxonómicas de origen muy reciente, pero de escaso valor como indicadores del poblamiento histórico pirenaico. Su conocimiento detallado, en relación con los cariogramas y cultivo experimental, permitirá penetrar en la dinámica de poblaciones, estudio genético que proporcionará detalles sobre la evolución reciente de las floras.

Los estudios cariológicos, permiten conocer las poblaciones primitivas dentro de los enjambres de formas recientes, facilitando el conocimiento y localización de las cepas ancestrales. Así, algunas veces, resulta difícil conocer las especies paleoendémicas y debe recurrirse a disciplinas biológicas muy especializadas como la Genética. Los estudios paleontológicos, en especial los palinológicos realizados en paleosuelos y turberas fósiles o actuales, permiten conocer deta -

lles del poblamiento histórico. La introgresión entre poblaciones vegetales, facilitará el estudio de los cambios areales recientes debidos a modificaciones climáticas.

Veán cómo el estudio de las raíces florísticas pirenaicas permite realizar estudios biológicos de elevado interés, no sólo para conocer la paleoecología pirenaica, sino también para deducir los cambios en el futuro. Dichos estudios pueden tener elevada repercusión práctica.

Vegetación

El conjunto de los vegetales de un país o región determinados, se reúnen formando unidades estructurales y funcionales que reciben el nombre de vegetación.

La vegetación forma la parte más estable y visible de los distintos ecosistemas de un país; por su aspecto aparente o vuelo, presentan determinada fisionomía, que podemos describir utilizando una nomenclatura sencilla de tipo geográfico, considerándola bajo el aspecto de unidades fundamentales del paisaje.

En cualquier libro pueden repasar los tipos biológicos y sus combinaciones fisionómicas en las unidades estructurales del paisaje vegetal. Bosques con varios tipos (laurifolio, esclerófilo, aciculifolio, caducifolio), matorrales y maquias (monte bajo), estepas de gramíneas duras, pastos estepoides de alta montaña, pastos finos alpinos, pastos turbosos, turberas planas y abovedadas, manantiales con hierbas jugosas, etc.

Este método primario, por tipos estructurales fisionómicos más o menos ligados a factores ecológicos muy aparentes, con mentalidad paisajística o sea de tipo geográfico, es el que se debe utilizar ante un paisaje algo complejo. El análisis de sus unidades fisionómicas, con descripción somera y realizada sin una gran preparación botánica, permite conocer algunos rasgos esenciales de las comunidades que integran el vuelo de los paisajes montanos. Pronto se deduce el factor ecológico determinante de las variaciones en el vuelo y con ello se profundiza algo más en el análisis de la vegetación que integra el paisaje.

Con métodos parecidos, pero con trabajo más arduo, se puede analizar la estratificación del suelo, con sus horizontes más aparentes, acumulación de hojarasca, compresión de la misma, fermentación en una capa enmohecida, humificación en el horizonte superior edáfico, distribución de rizomas y raíces, difusión del humus por el perfil, acumulación de coloides y finalmente la roca madre del suelo que se está observando. Cualquier detalle observable tiene interés y permite conocer mejor la realidad que tiene ante la vista, integrando dichos

conocimientos con los adquiridos al observar el vuelo.

El método de estudio sigue por lo tanto un proceso lógico. Una primera aproximación de todo lo que pueda observarse, con métodos rápidos, seguida de una integración de conocimientos adquiridos, relacionando los del vuelo con peculiaridades del suelo. Finalmente llega el análisis detallado de los elementos que constituyen cada comunidad, con el fin de aportar detalles estructurales al conjunto y llegar finalmente a conocer la función global y armónica de cada comunidad elemental.

El estudio detallado de algunos elementos de la comunidad, sin tener una idea precisa del conjunto, podría conducir a errores y deformaciones que conviene evitar. Algunas veces parece que los especialistas prescinden de dicha aproximación casi intuitiva, elemental, pero es porque ya están familiarizados con el tipo de vegetación que estudian y conocen previamente los factores críticos, los que cabe considerar en el estudio profundo de cada comunidad.

El método analítico para estudio de una comunidad cuya fisiología y funcionamiento ya se conoce por el método fisiológico y la descripción del perfil edáfico, es netamente botánico. La lista de elementos biológicos que constituyen la comunidad, se completa con datos sobre frecuencia, abundancia, dominancia, sociabilidad, etc. Los inventarios florísticos permiten alcanzar por lo tanto una aproximación mayor, completando el cuadro fisiológico y la intuición de los factores ecológicos más significativos.

Finalmente queda el método ecológico funcional, el que precisa el empleo de aparatos microclimáticos, medidas de producción (hojas, frutos, ramas y troncos), estudio del mantillo, humus y análisis del suelo. Integración de conocimientos de tipo estructural y funcionales, para deducir eficiencias en el flujo energético que atraviesa los distintos niveles del ecosistema. Estamos ya en la coronación del estudio de las comunidades consideradas como elementos del paisaje vegetal, más los animales y plantas dependientes e integrantes del ecosistema.

Aún queda la integración de comunidades en el relieve (fitotopografía), para ver las variaciones de las mismas e interpretar su papel en el paisaje. Finalmente cabe considerar que cada ecosistema está integrado por unidades de vegetación elementales, unidas por los territorios de cada animal dependiente, con funcionamiento que se complementa y forma un ecosistema complejo. Se trata del estudio integral de todas las comunidades y su funcionamiento. La estructura estudiada por la fitotopografía y el funcionamiento que se alcanzará al conocer profundamente la biología y productividad de cada componente del gran ecosistema fitotopográfico. La ecología fitotopográfica está en sus balbucesos, pero se presenta como la única geobiología del porvenir.

Las formaciones vegetales pirenaicas.- Veamos someramente algunos de los tipos de vegetación a observar durante el cursillo.

El bosque jacetano, donde las condiciones climáticas y de suelo son óptimas, entre los 1200 y 1700 m. de altitud, es ciertamente el abetal con subvuelco de hayas. Abetos de 40-50 m. emergerían de un manto continuo de hayas de 35-40 m; abetos y hayas jóvenes formarían los estratos inferiores casi exclusivamente. A ras de suelo encontraríamos las especialistas del mantillo, saprofitas o parásitas algunas setas variadas (Monotropa, Neottia, Lathraea) con nutrición micorrizica las más (Pirola cuatro especies, Godiera repens con otras orquídeas) y especialistas de sombra con rizomas rastreros bajo la capa de hojarasca en descomposición (Oxalis acetosella, Asperula odorata, Anemone ssp., Hepatica, Galium rotundifolium, etc.). Las matas serían escasas, apareciendo en los claros producidas por caída de abetos, pedruscos y otros accidentes. Bordeando los claros aparecerían varios caducifolios (Tilia, Ulmus, Fraxinus, Corylus, Acer opalus, A. campestre, Sorbus, etc.) y en determinadas condiciones una orla espinosa (Crataegus, Rosa, Rubus, Rhamnus, etc.) o borde forestal que cicatriza dichas heridas; con frecuencia serían los árboles jóvenes de los dos dominantes, que se desarrollarían rápidamente gracias a la luz y materia nutritiva disponible en los claros.

Otro borde exterior de grandes hierbas (umbelíferas, geraniáceas, Geum ssp: compuestas, tréboles, gramíneas, Luzula y Carex), mantenido por acción de los grandes herbívoros, habría originado la pradería jacetana más fresca, la que puede segarse sin riego adicional. En estos claros herbáceos aparecen algunas plantas medicinales como la belladona, las dedaleras y otras parecidas. Los sauqueros (Sambucus racemosa, S. ebulus y S. nigra) se localizarían entre dicho borde herbáceo y el leñoso, en una posición intermedia.

Estos abetales con estructura rica, gran producción y muy variada, son ciertamente climax en la Jacetania húmeda; representan una reliquia de los grandes bosques que poblaban nuestros montes a fines del Terciario y antes de las grandes glaciaciones. Forman el bosque templado que nos corresponde por latitud y por el fondo florístico ancestral pirenaico.

Las glaciaciones, con sus oscilaciones climáticas, mermaron la riqueza de nuestros abetales. La sequía (relativa) actual, ha mantenido el abetal en los fondos de valle más propicios. En Navarra, por proximidad del Cantábrico con clima muy brumoso y favorable al haya, dominan los hayedos. En el Sobrarbe, por clima más continental el dominio ya es del pino silvestre, árbol pionero que forma comunidades estables (permanentes) en el piso montano seco y frío pirenaico. Parece que los suelos de pinar antiguos se formaron bajo abetal; entonces los pinares representarían el bosque permanente donde por falta de humedad no puede persistir el abeto. En todos los pinares musgosos pirenaicos se observan reliquias de abetal en el fondo de valle, precisamente donde la

humedad freática compensa la falta de humedad climática.

En la parte baja, especialmente solanas abrigadas, el quejigal formaría la climax del piso montano inferior submediterráneo. Bajo quejigos (robles de hoja pequeña y marcescente de origen híbrido) el pino no puede establecerse. Actualmente es difícil saber cómo serían los quejigales climax. Forzando la imaginación y para orientarles algo, diríamos que serían unos árboles de 25-35 metros, con troncos de más de un metro de diámetro, que darían mucha sombra pero con algunos claros en los que entraría el borde forestal rico, el que actualmente se encuentra en todos los quejigales debido a la acción zocantropógena intensa. Con esta flora variada entraría el pino albar (Pinus silvestris) que no puede nacer ni establecerse a la sombra de caducifolios. El boj y agracejo, junto con muchos rosales, zarzas, arbustos variados, etc., formarían la orla espinosa de dichos quejigales. La orla herbácea estaría formada por comunidades pratenses de "Brometalia" con Brachypodium pinnatum, Avena cantabrica, Genista hispanica, tréboles, esparcetas, Hippocrepis, etc.

Por degradación del suelo de quejigal, en la actualidad se observan unos pastos submediterráneos de "Rosmarinetalia", con los dos espliegos, aliaga, Aphyllanthes monspeliensis, etc., entre los que se intercalan pequeñas depresiones de "Deschampsion mediae", con suelo poco permeable e inundación temporal.

En las riberas se observaría un bosque caducifolio más rico, la olmeda, con olmo, chopo, fresnos, sauces. Se trata de un bosque galería muy diezmado por el hombre (huertas, prados, campos, choperas, etc.).

En laderas frías, expuestas al septentrión, pero con fuerte pendiente que facilita la escorrentía de las aguas pluviales y las freáticas, con heladas tardías en primavera que dañan al brote tierno de los quejigos, el pinar musgoso formaría una comunidad permanente; la evolución normal hacia abetal queda impedida por falta de humedad freática principalmente. En Villanúa existe mosaico pinar musgoso-abetal y que permite comprender lo indicado. La capa de musgos es un rasgo característico de los pinares permanentes jacetanos; pertenecen fundamentalmente al género Hylocomium, son robustos y llegan a formar una capa casi continua de 8 a 20 cm. de grosor. Las hojas de pino caen sobre el musgo sin formar nunca una capa de pinocha continua. El sistema destructor del suelo parece eficiente para descomponer con relativa rapidez las hojas de pino y evitar la formación de un mantillo continuo que impediría la vida a los musgos.

Estos musgos acumulan agua durante las tormentas estivales y frenan la escorrentía superficial; de esta forma el pinar dispone de agua durante los meses estivales críticos y la aprovecha al máximo. En los pinares más secos suele dominar el boj, mientras en los húmedos aparece el acebo como arbusto característico.

Las comunidades permanentes de pedrizas (glorias en Aragón), cascados de ríos y cantiles, se verán durante el cursillo.

2) COMUNIDADES VEGETALES

Los bosques

Tipología de los bosques regionales.- Acabamos de dar una idea anteriormente por lo que se refiere al piso montano. Falta completar el subalpino, hasta alcanzar los pastos clímax del piso alpino.

En una hoja aparte daremos, más adelante ejemplos concretos de cadenas fitotopográficas en San Juan de la Peña, Oroel, Villanúa, Sayerri-Blancas y Candanchú-Tortiellas, con perfiles y una idea sobre la composición de las comunidades topográficas. En ellas destacamos los rasgos fisionómicos fundamentales y la composición florística, por lo menos de las fitocenosis más importantes. Las correlaciones con el relieve, espesor del suelo, agua freática y composición del sustrato geológico, explican en parte las variaciones observadas. Se trata de los rasgos ecológicos fundamentales, los que dirigen la distribución de especies en comunidades estables o colonizadoras más o menos permanentes.

En la parte superior del piso montano, especialmente por el Valle de Tena, del abetal se pasa hacia los 1600-1700 m. a un pinar de pino negro (Pinus uncinata) poco denso, pero con un matorral casi continuo de rododendro (Rhododendrum ferrugineum) con arándanos (Vaccinium myrtillus) y otras especies características. En las solanas escasea el rododendro y predomina el enebro enano (Juniperus communis ssp. nana) con gayuba y algunas veces brechina (Calluna vulgaris). El límite forestal superior se sitúa hacia los 2200-2450 m., precisamente cerca de la isoterma de julio de 10°C, con tres meses por lo menos sin nieve, tormentas estivales copiosas y nieblas relativamente frecuentes.

Actualmente el piso subalpino se encuentra bastante desforestado, con pradería formada por acción del ganado que pasta después del fuego provocado por los pastores. Vemos todas las etapas entre pasto puro, matorrales con algún pino y pinares bastante densos.

Al Oeste de la Jacetania parece faltar el verdadero piso subalpino y en Candanchú-Valle de Aspe, se da hayedo a 1700-1800 m. en contacto directo con unos pastos alpinizados. El rododendro es muy escaso y falta en los montes roncaleses-ansotanos; el pino negro se localiza en peñascos calizos (cársticos), con fuertes pendientes que impiden la acumulación de nieve y acompañados de una serie de plantas oromediterráneas.

rráneas, entre las que destaca Festuca scoparia, Thymelaea dioica, T. tinctoria ssp. nivalis, Helianthemum oelandicum ssp. alpestre, H. nummularium ssp. grandiflorum, Thalictrum macrocarpum, Globularia nudicaulis ssp. humilis, G. nana, Sideritis hyssopifolia ssp. pyrenaica y muchas otras que sería prolijo enumerar.

Se trata del pinar de alta montaña mediterránea, equivalente hasta cierto punto al verdadero subalpino, pero lo bastante distinto a dicho piso en los Alpes para ser distinguido con suficiente claridad. Formaciones equivalentes se encuentran en la Cebollera (Soria), cumbres de Gúdar (Teruel) y Alpes marítimos. Su afinidad es mayor con los pinares de P. silvestris y Juniperus sabina (Cord. Ibérica) y otros parecidos del Centro-Sur de España. Su persistencia en peñascos de la parte cántabro-pirenaica, debe relacionarse con la influencia moderadora del clima oceánico, que permitió la persistencia de plantas mediterráneo-atlánticas durante las glaciaciones. Las lluvias primaverales funden pronto la nieve en los cantiles y permiten una vegetación prolongada, con temperatura muy baja pero casi sin heladas durante cuatro-seis meses. Son unas condiciones climáticas muy distintas a las del verdadero piso subalpino:

En la parte roncalesa del Pirineo, donde faltan los montes cársticos con laderas muy empinadas, el hayedo sube en forma de matorral hasta los 1900 metros aproximadamente; la geofita Convallaria majalis es acaso la especie más característica de estos matorrales de haya muy pedregosos.

Veremos un pinar de alta montaña mediterránea muy fragmentado en la umbría más alta de Oroel (hacia los 1700 m.), protegido de la fuerte insolación por el cantil de la cumbre.

En las solanas más secas de la Jacetania, actualmente vemos pastos de tipo estepario pero con algún pino negro, enebro (J. com. ssp. hemisphaerica) y sin las verdaderas características del piso subalpino. El pastoreo diezmó los pinares de esta zona, pero es probable que antiguamente fueran pinares del tipo de alta montaña mediterránea. El piso montano sube por ellos hasta los 1600-1800 m., como prueban la Genista horrida y el boj junto con otras plantas netamente mediterráneas.

Modificaciones del bosque. Origen de los pastos.— Mencionamos anteriormente las roturas en el abetal, con la orla leñosa que las circunscribe y el borde herbáceo formado por grandes hierbas.

La caída de un abeto gigante aterra muchos árboles, los machaca y pronto entra la luz hasta el suelo. En la tierra removida se activa la descomposición de materia orgánica, con humificación y mineralización rápidas; dicha descomposición libera mucha fertilidad edáfica retenida en el humus y mantillo, disminuye la concurrencia de las raíces arbóreas y puede desarrollarse una vegetación de grandes hierbas

semejante a la de los estercoleros; pronto aparecen arbustos de rápido crecimiento y amigos de la luz, algunos espinosos que taponan rápidamente la herida forestal. Al final, en la lucha se imponen los árboles de la clímax, primero hayas y finalmente abetos, de crecimiento más lento pero seguro.

Nuestros ecosistemas forestales han tenido grandes herbívoros que precisamente frecuentaban los claros producidos de manera fortuita al principio y provocados por el hombre después. Cérvidos, bóvidos, ovinos y équidos, han contribuido a mantener a raya al bosque, impidiendo la regeneración de los árboles dominantes. Las plantas de las roturas naturales se propagaron, especialmente las que podían retoñar rápidamente después de las rozas por el diente o el pisoteo del ganado. No sólo las gramíneas y leguminosas de prado, sino también las umbelíferas, compuestas y otras hierbas de rápido crecimiento, fueron propagándose eliminando a las de rebrote lento; los ecotipos de prado fueron imponiéndose y hasta fecha muy reciente el hombre no ha logrado completar la selección natural, obteniendo unas pratenses muy adaptadas a cada ambiente ecológico.

El hombre ha completado la acción del ganado por medio de la guadaña primero y de las máquinas segadoras después; repartiendo estiércol y regando ha logrado extender la pradería espontánea. Finalmente obtuvo semilla de pratenses y en la actualidad provoca variabilidad y realiza selecciones con base más o menos genética. Donde no intervino nunca la guadaña tenemos aún los pastos espontáneos, producidos casi siempre en ambiente forestal y con una historia parecida a la descrita para los claros del abetal jacetano. En la parte superior del piso subalpino el bosque lleva una vida precaria, de suerte que una vez rozado y pastado la evolución hacia el pinar se hace muy difícil; sólo bajo la protección de enebros, rododendro y gayuba, es posible encontrar pinos jóvenes que inician la recuperación lenta del bosque y en rodales muy aislados.

En el piso montano bajo, el submediterráneo, con el pasto se extendió el boj, el senero o riñonera (Amelanchier ovalis) y otras matas, formándose unos matorrales que no son pasto ni bosque alto. Este tipo de monte bajo con aspecto mediterráneo domina actualmente en la Jacetania, con enclaves de pasto, antiguos cultivos en evolución (facies de aliaga o de espliego) y bosquetes en los que predominan las especies de la orla forestal del quejigal. Los mismos quejigales están invadidos por su orla y es difícil imaginar lo que sería un quejigal adulto, clímax. El carboneo impedía conseguir hasta fecha reciente quejigos adultos y la recuperación resulta lenta. En la reserva del Boñar de Jaca (muy reciente) se ve la recuperación lenta del quejigal con su orla y pinos; los pinos no podrán germinar ni establecerse en la maraña actual; una vez muertos los viejos será imposible su persistencia.

Ya dijimos que hacia el verdadero piso montano, con primavera

fría y pendientes que evitan la formación de un suelo profundo, en clima poco favorable al abeto, en vez de quejigal observamos el pinar musgoso.

La orla espinosa.- Ya hemos insinuado que el óptimo para la orla espinosa se encuentra en el piso montano menos húmedo (quejigales y pinar musgoso), de suerte que escasea en los verdaderos hayedos húmedos (Navarra) y en los mejores abetales de la Jacetania.

La clase "Crataego-Prunetea" con infinidad de rosales, zarzas, arañón (Prunus spinosa), Rhamnus cathartica, Berberis gr. hispanica, Hypophaeae rhamnoides, boj, Lonicera etrusca, Clematis vitalba, Ilex aquifolium, etc. es más rica en el contacto entre quejigal y olmedas del bosque galería. Sus distintas modalidades sirven para diferenciar tipos de quejigal, de pinar musgoso y de olmedas. Durante el cursillo veremos algunos ejemplos concretos. Por ahora basta saber que se obtiene un conocimiento más profundo de los bosques al analizar su orla espinosa. Este método tiene aún más valor cuando por acción zooantropógena la orla ha penetrado en el mismo bosque y apenas quedan fragmentos forestales que nos recuerden algo lo que sería la clímax.

La clase "Geranietea" con modalidades de "Plantaginetea" en los caminos que cruzan los bosques, permiten diferenciar tipos de ambiente forestal. Su estudio detallado completa la información aportada por la orla espinosa y permite describir mejor los tipos de bosque montanos. Si además consideramos las grandes hierbas, con o sin Sambucus ebulus, de los claros más o menos fortuitos, tenemos ya los elementos para el estudio fitotopográfico de los grandes bosques jacetanos. Un estudio de pastos y prados, en especial los no regados con sus setos, completa la descripción del paisaje vegetal actual, el que se presenta ante nuestros ojos.

Cada tipo de clima y suelo tiene sus complejos forestales característicos, con la ventaja de que estudiamos el paisaje real. El conocimiento del bosque clímax puede deducirse más adelante de los datos aportados, pero no es absolutamente preciso para describir un ambiente forestal.

Decimos eso para que vean como además del estudio del bosque menos alterado, interesa conocer su borde espinoso y las comunidades herbáceas influenciadas por la ecología forestal pero con más luz y frecuentemente pisoteados por animales o el hombre. El borde debe estudiarse detenidamente y acaso convenga dar un detalle accesorio al representar la catena de una ladera con bosques más o menos alterados. Convenga el perfil general y detalles ampliados de los bordes de cada comunidad forestal.

Los pastos y sus tipos

Acabamos de hablar del pasto forestal, el único del piso montano, nacido en el seno de los grandes bosques.

El pasto alpino.- El césped raso y denso de las altas cumbres es clímax, estable con o sin ganado. Es uno de los pocos pastos naturales de España.

Como la lluvia es abundante, el lavado contrarresta la evaporación, produciéndose siempre suelos ácidos, con humus no saturado y un mantillo descompuesto lentamente. Son pastos de la clase "Juncetea trifidae" con Festuca gr. ovina (F. ovina var. supina), Carex curvula y otras especies características.

En los crestos ventosos, sobre suelos muy calizos (rendsinas) o con aporte de polvo calizo que evite la acidificación, el proceso evolutivo del suelo puede ser muy lento, acaso imposible. En estas condiciones suele dominar otra Ciperácea muy dura (Elyna myosuroides), acompañada de plantas diminutas protegidas por la planta dominante. El suelo es rendsina muy humífera que en algunas partes tiende hacia el pasto clímax de F. supina y Carex curvula. Estamos por lo tanto ante una comunidad permanente producida por determinadas condiciones ambientales, en especial por intensos vientos desecantes que aumentan extraordinariamente la evaporación, hasta contrarrestar el lavado edáfico.

En laderas muy pendientes, el pasto suele ser duro, de potente raigambre (Festuca eskia) y adaptado a la soliflucción. El suelo se desliza por acción del hielo-deshielo, aterrando paulatinamente a la gramínea dura que rebrota con fuerza cada primavera y retiene en lo posible parte del suelo. Se forman como unas macetas semicirculares (media luna) en las que se encuentran infinidad de plantitas protegidas por el gigante que puede luchar contra la soliflucción. Otra especie del mismo género (F. scoparia) más pequeña y de un tono algo amarillento, forma también terracitas semilunares en laderas muy pendientes, retrasando algo el deslizamiento producido por soliflucción. Festuca eskia predomina en los suelos silíceos o los acidificados de alta montaña (1300-2800 m.), mientras F. scoparia predomina en el subalpino y parte alta del piso montano, subiendo a sólo muy pocas solanas abrigadas del piso alpino, comportándose como calcícola preferente.

Las depresiones con más nieve, fuerte acidificación, y muy especialmente hacia la parte occidental del Pirineo, se cubren de un pasto duro y pobre; los cervunales más húmedos se caracterizan por la dominancia del cervuno (Nardus stricta), pequeña gramínea que acumula gran cantidad de restos orgánicos de difícil humificación. En climas con verano más soleado, como son los del piso alpino y parte subalpina de nuestra Jacetania, el cervunal casi siempre lleva regaliz

de montaña (Trifolium alpinum) favorecido por el pastoreo multiseccular. Estos cervunales algo más secos suelen ser muy productivos, manteniendo en verano numerosos rebaños de vacuno y lanar.

Bordeando lagunas (ibones en el Pirineo), se forman turberas planas muy húmedas y finalmente pastos turbosos en los que domina el Carex fusca. Exteriormente aparece el cervunal húmedo, el seco y finalmente el pasto duro en ladera. Sólo en pocos rellanos se alcanza la clímax de Carex curvula y compañeras. El verdadero pasto alpino es muy discontinuo debido a la acción de los hielos cuaternarios con su potente abrasión que erosionó el suelo precuaternario. Actualmente el frío retrasa la evolución edáfica y en el piso alpino los hielos han persistido hasta hace pocos milenios.

La vegetación de los neveros presenta matitas rastreras (sauces enanos), así como los crestones de caliza dura (Dryas octopetala) colonizadoras de suelo húmedo helado y peñascos sin tierra vegetal. Las pedrizas móviles presentan comunidades pioneras muy características, a las que sucede el pasto duro resistente a la soliflucción. Acabamos de mencionar las comunidades pioneras del piso alpino; Dryas octopetala al formar mantillo permite la entrada de otras plantas más exigentes y al final se consigue el pasto duro de Elyna myosuroides.

Pastos y prados zooantropógenos.— Ya en el dominio forestal de los pisos subalpino y montanos, los grandes herbívoros crearon su pasto apropiado a partir de los claros formados de manera fortuita al principio y con ayuda del hombre posteriormente. Las plantas herbáceas del borde forestal fueron especializándose paulatinamente en las majadas y querencias de ganado, pasando a los pastos espontáneos favorecidos por el hombre mediante quemadas periódicas y rozas. El empleo de la guadaña permitió extender los prados, junto con los abonados y riegos. Actualmente asistimos al inicio de la pradicultura con orientación ecológica y genética.

Los pastos y prados del complejo formado por abetales y hayedos, se presentan verdes todo el verano sin ayuda de riegos. Hacia la parte continental pirenaica predomina el tipo "Trisetum-Polygonion" con Trisetum flavescens como gramínea dominante, acompañada de grandes hierbas resistentes al frío primaveral (agua fría del deshielo); hacia la parte occidental más oceánica y menos fría, los prados tienden hacia el "Cynosurion", con Cynosurus cristata, Lolium perenne, Agrostis tenuis y Trifolium repens como dominantes. En el piso montano bajo, en el complejo de los quejigales-pinar musgoso, los prados de guadaña deben regarse para que se mantengan verdes en verano y suele dominar la gramínea Arrhenatherum elatius, bastante resistente a cortos períodos de sequía, junto con otras plantas del Arrhenatherion elatieris. Con humedad más permanente y bordeando los manantiales encontramos los prados bastos de Nolinia caerulea y Schoenus nigricans, en los que abunda Festuca arundinacea.

En todo el piso montano, sin riego y por acción del pastoreo, se consiguen pastos del "Bromion erecti", con tendencia al "Cynosurion cristatae" en los lugares majadeados y a comunidades de la clase "Ononido-Rosmarineta" en los lugares erosionados, casi sin suelo. Las comunidades pioneras son por lo tanto submediterráneas y suben de la parte baja colonizando laderas pobres, sometidas a períodos secos prolongados.

En la parte baja de la Jacetania, sobre suelos poco profundos, aparecen los mosaicos de "Aphyllanthion-Deschampsion mediae", puestos de manifiesto por la abundancia de aliaga (Genista scorpius) y xunque-ta (Aphyllanthes monspeliensis) junto con el tono gris del espliego jacetano (Lavandula spica ssp. pyrenaica). Casi todos corresponden a comunidades pioneras que inician la recuperación del suelo después de las erosiones producidas por el pastoreo-fuego o bien por el cultivo reiterado.

El subsuelo de margas ^{oceanicas} oceánicas, poco permeable, es el que determina la escorrentía intensa y provoca fuertes erosiones. En la conquista de dichas margas grises juegan buen papel las leguminosas, como Ononis fruticosa, de bellas flores rosadas, Coronilla minima, Genista scorpius, G. hispanica, acompañadas de plantas con raíz esponjosa (Laserpitium gallicum, Thymelaea pubescens, Euphorbia esula, etc.), acumuladora de agua que les permite resistir las sequías poco prolongadas. En los rellenos con humedad más permanente, abunda Plantago serpentina, Prunella hyssopifolia, Achillea ageratum, Jasonia tuberosa, Gymnadenia conopsea y muy especialmente Deschampsia media, la especie más característica.

Con aporte de superfosfato, algunos riegos en primavera-verano, y estercoladuras periódicas, es posible convertir el pasto duro de la Jacetania en prados productivos, con suelo más permeable y mejor regulación del agua edáfica.

Naturalmente la evolución del pasto submediterráneo se hace por complicación estructural, con unas gramíneas potentes (Brachypodium pinnatum y Avena filifolia ssp. cantabrica) que acumulan mucha hojarasca iniciando la acidificación edáfica superficial. En la parte subcantábrica de la Jacetania esta evolución conduce hacia un tipo de brezal con Erica vagans y Thymelaea ruizii. Al final se establecería el quejigal que moviliza bases en sus hojas e impide que progrese la acidificación edáfica.

3) NOCIONES DE ECOLOGIA

Ejemplo de un ecosistema forestal.- En el piso montano seco de la Jacetania domina el pinar musgoso con subvuelo de boj. El suelo es bastante profundo (entre "terra fusca" y tierra parda con horizonte (B) poco diferenciado), de horizonte A muy activo, en especial con rica fauna en las capas de musgo y la de fermentación; el humus difuso penetra bastante en el perfil y la mayor actividad biológica se observa inmediatamente debajo la capa de fermentación, en la que viven los hongos saprofitos y los micorrícicos del pino con algunas plantas del estrato forestal inferior.

En cualquier ecosistema se encuentran estructuras vegetales destinadas a favorecer la actividad fotosintética de la fitocenosis (productividad primaria). Las plantas acumulan alimento, base energética y proteica (con sales minerales) para los consumidores primarios.

Entre los consumidores primarios cabe considerar de manera especial a los insectos fitófagos; en algunos pinares la procesionaria consume gran parte de las hojas producidas por el pino. En los bosques de cupulíferas existen larvas de lepidóptero muy activas en consumir las hojas tiernas. Existen herbívoros especializados en el ramoneo o que comen algo la hierba del estrato inferior forestal. Otros son granívoros y frugívoros.

Insectívoros y depredadores forman los consumidores secundarios del ecosistema. Si consideramos las redes tróficas que enlazan de manera intrincada los distintos niveles considerados, con carnívoros que algunas veces pueden consumir a otros carnívoros, parásitos de insectos fitófagos o de sus depredadores, comensales y plagas de los herbívoros, de los carnívoros, etc. se obtiene una idea aproximada de cómo fluye la energía solar a través del sistema y cómo se pierde paulatinamente, tanto para mantener los distintos niveles, como para organizarlos y sostener una estructura tan diferenciada.

Al suelo caen las hojas con ramitas (braquiblastos, ramas secas) que aún contienen bastante energía biológica; el bioedafon con saprofitos y simbiontes, consume dicha energía paulatinamente, tomando alimentos que por las micorrizas entrarán en un nuevo ciclo o bien humificándolos y finalmente mineralizándolos hasta perder toda la energía acumulada por fotosíntesis. En los pinares tienen mucha importancia las micorrizas que acortan el proceso biológico edáfico y restituyen sustancias orgánicas relativamente simples al pino y a pocas plantas micorrícicas. De esta forma la mineralización pierde importancia y se acorta la reincorporación de sustancias para iniciar un nuevo ciclo trófico.

Tenemos por lo tanto unos productores primarios, fotosintéticos, estructurados en una comunidad compleja (pinar musgoso) muy adaptado al ambiente, que con su estructura filtra la luz solar, asimila activamente y mantiene unos niveles tróficos superpuestos formados por com-

sumidores primarios (insectos fitófagos y herbívoros), con los consumidores secundarios (insectívoros y carnívoros) y las redes de plagas, parásitos e hiperparásitos que actúan sobre cada nivel trófico fundamental. En el suelo se agota la energía proporcionada por restos vegetales y animales, humificando y mineralizándolo todo o bien trasvando por medio de micorrizas algunas sustancias orgánicas simples directamente a los productores primarios. Si la descomposición es rápida o bien las micorrizas eficientes, se recupera pronto la fertilidad, reciclando los escasos fertilizantes disponibles de la manera más rápida posible. Con descomponedores eficientes, en un período vegetativo, parte de los fertilizantes pueden pasar varias veces a través de todo el sistema.

La energía recibida por fotosíntesis se gasta en estructurar a los vegetales (tronco, ramas, hojas) acumulando energía; los fitófagos transforman dicha energía biológica estructurándose y reproduciéndose, pero consumen gran parte en actividad biológica (respiración); al nivel secundario ya pasa menos energía. Finalmente vuelven al suelo residuos vegetales y animales, aptos para mantener la rica estructura edáfica (animales y plantas saprofitos o micorrícicos) asegurando la estabilidad de todo el sistema.

El ecosistema depende de las plantas pero éstas dependen fundamentalmente del clima (que suponemos adecuado) y del sistema edáfico (suelo) que debe ser adecuado para asegurar la reserva de nutrientes y agua a las plantas del suelo. En suelo poco maduro, con el clima jacetano, es imposible mantener un pinar en plena producción y vitalidad.

El flujo de energía.— Ya hemos dicho que atraviesa todo el sistema, de los productores primarios a los consumidores, con redes tróficas que enlazan los cuatro niveles principales que suelen distinguirse (productores, consumidores, carnívoros y descomponedores). La estructura y vitalidad de cada nivel se mantiene gracias al flujo energético que disminuye al pasar de un nivel al superior. Al suelo debe llegar parte de la energía para asegurar la estabilidad de todo el ecosistema.

Con estructura más simple la energía recibida podría gastarse en vitalidad, aumentando la actividad de los consumidores, pero llegaría poco alimento orgánico (poca energía) al suelo y la estabilidad del sistema disminuiría; es lo que ocurre en los pastos no estercolados del pinar.

En el abetal que mencionamos anteriormente, la estructura forestal, tanto en suelo como en cielo, es más compleja. El sistema se adapta para filtrar de la manera más completa toda la energía solar recibida (así, en la umbría del Oroel el abetal es más oscuro que el pinar), lo que permite mantener una estructura más compleja, muy diferenciada, con gran diversidad y mayor número de nichos ecológicos. Vean cómo existe una relación entre estructura diferenciada y aprove -

chamiento óptimo de la energía recibida por los productores del ecosistema forestal. El flujo energético se consume en mantener la estructura diferenciada, aprovechando al máximo la fertilidad y el agua disponibles. El suelo muy complejo acumula mucha agua, lo que permite salvar los cortos períodos de sequía.

La estabilidad del abetal se ha logrado por lenta evolución de la comunidad, en condiciones de relativa estabilidad climática, con provisión de muchos nichos ecológicos. La estructura de los árboles dominantes (abeto y haya) es máxima, con troncos de más de dos metros de diámetro y una talla entre los 40-50 metros. Es mucha la energía acumulada en estos gigantes del reino vegetal, pero al fin vuelve al sistema edáfico, se descompone y libera sus fertilizantes que entran de nuevo en el ciclo de producción. La descomposición de troncos permite la vida a infinidad de animales y plantas saprofitos, con sus plagas y parásitos. En los abetales jacetanos se observa la mayor diferenciación estructural, con gran estabilidad. La energía recibida se consume en estructura que estabiliza todo el sistema.

Un pasto formado en abetal, sin aporte de excrementos (por ejemplo con siega y extracción de heno), perdería rápidamente estabilidad, el suelo se degradaría, disminuiría la retención de agua y finalmente tendríamos un prado fibroso (rico en lignina) pero de escasa utilidad para los rumiantes o équidos. La estabilidad disminuiría y al final llegaríamos al brezal, adaptado a condiciones de muy escasa fertilidad y al régimen climático de lluvia intensa.

Circulación de elementos.— Los dos ejemplos mencionados, en pinar y abetal, ilustran la circulación de elementos minerales y sobre la distribución del flujo energético.

Los árboles con potente raigambre extraen sales minerales del suelo, bombeándolas y contrarrestando los efectos del lavado edáfico producido por las intensas lluvias. Sin abetos hemos visto como el pasto se hace fibroso (poco nutritivo) y finalmente se convierte en brezal; falta la movilización de bases por las hojas del abeto y las hayas. La hojarasca del mantillo se descompone lentamente y libera fertilizantes que toman las micorrizas para darlos nuevamente a las plantas; la vida del bosque se sitúa fundamentalmente cerca de la capa de fermentación del mantillo, donde los árboles tienen sus raíces nutricias principales provistas de la correspondiente micorriza. Dichas raíces se ramifican horizontalmente bajo la capa de fermentación, aprovechando inmediatamente la fertilidad liberada. Dichas raíces compiten con las plantas de sombra provistas de rizomas que exploran precisamente dicha capa de fermentación. Las potentes raíces de los árboles dominantes, sirven principalmente para sostén y para absorber agua con sales minerales de las capas profundas del suelo, contrarrestando el lavado edáfico.

Los especialistas en humus, estudian la composición de la hoja -

rasca, del mantillo, y las sales minerales que contienen. Tanto el abeto como el haya se ha comprobado que pueden movilizar muchas bases (en especial calcio) de las partes profundas del suelo. El abetal con hayas tiene asegurada su estabilidad, gracias a dicha movilización de bases y también a la facultad de sus plántulas de poder crecer bajo densa sombra.

Factores limitantes.- Las comunidades climáticas se han adaptado perfectamente a las condiciones ambientales, desarrollando estructuras que permiten salvar las limitaciones ambientales.

En clima lluvioso, si suprimimos al árbol y eliminamos repetidamente la vegetación herbácea por siega y extracción del heno, ya hemos visto como se llega a un brezal con gramíneas bastas; el suelo tiende hacia la podsolización, con empobrecimiento progresivo de fertilizantes minerales, muy especialmente en el horizonte superficial del suelo. El humus dulce (mull) pasa a moder y queda gran parte de la materia orgánica poco descompuesta (humus bruto, no saturado). La limitación fundamental reside en la escasez de fertilizantes y muy especialmente calcio. En el abetal próximo la hoja de haya y abeto, proporciona suficiente calcio y sales minerales para saturar al humus.

En el caso de un pasto productivo, pastado directamente por el ganado, gran parte de la fertilidad vuelve al suelo con los orines y excrementos. Si los animales mueren sobre el pasto vuelve calcio y fósforo al suelo; si los animales se venden, existe una pérdida paulatina de fósforo y calcio que deben reponerse por medio del abono fosfórico con caliza. El nitrógeno se fija simbióticamente por medio de las leguminosas y el potasio no es retenido en el cuerpo de los herbívoros, vuelve al suelo junto con magnesio y otros nutrientes. En el caso considerado, sin abono fosfórico y sin encalar, llegaremos a un ecosistema pastoral limitado por la falta de dichos nutrientes.

En otros ambientes la falta de agua en determinados momentos puede limitar la producción del ecosistema hasta reducir la fotosíntesis a un nivel que no basta para reponer las pérdidas. La falta de agua o de un fertilizante esencial, puede reducir la productividad de todo el ecosistema. La determinación de los factores limitantes es muy fructífera en agronomía y permite equilibrar los ecosistemas simplificados, con menor estructura y más expuestos a cualquier desequilibrio. En estas ideas simples se encuentran los principios básicos de la agronomía teórica o ecológica.

Biomasa y productividad.- Volviendo al ejemplo del pinar musgoso considerado al principio de este capítulo, podríamos medir la masa de pinos (troncos, ramas, hojas), la del boj y la de todas las plantas subordinadas. De esta forma mediríamos la biomasa de productores fotosintéticos, los asimiladores. Del mismo modo puede medirse la biomasa de los insectos fitófagos, la de los herbívoros y la de los consumidores, tanto insectívoros como carnívoros. La biomasa disminuye

mucho al pasar de las plantas a los herbívoros y finalmente a los carnívoros dependientes de los fitófagos. Un estudio más detallado debería medir la biomasa de plagas y parásitos, en redes reticulares y relacionados con cada nivel del ecosistema.

La productividad de los productores por fotosíntesis es máxima y la de sus consumidores quedaría por debajo de la décima parte. Los carnívoros estarán reducidos a una ínfima parte de la biomasa del sistema. Las biomásas suelen representarse en forma de pirámides, con sección de volúmenes proporcional a las respectivas biomásas. La cantidad de biomasa que pasa de un nivel a su inmediato superior recibe el nombre de productividad; se entiende que debe referirse a cada nivel trófico. Dicha productividad da idea del flujo energético; el resto se pierde en respiración que da una idea de la actividad.

En otras palabras, para conocer la productividad de un determinado nivel trófico del ecosistema, interesa determinar la tasa de renovación de sus individuos, dependiente del tiempo que tardan en crecer y reproducirse hasta igualar su biomasa. Como puede verse la productividad se mide por la tasa de renovación de la biomasa. En los árboles el ciclo de renovación es largo, pero el incremento de peso individual es progresivo; en los insectos se alcanza pronto la talla normal, la renovación es rápida, por lo que con escasa biomasa podemos tener una productividad elevada.

Estructura y función.— Ya hemos visto como los bosques estables, los correspondientes a la clímax, son complejos y muy estables; el abetal jacetano ha desarrollado unas estructuras complejas que le aseguran una elevada estabilidad. Dicha estructura es funcional ya que permite superar fácilmente los factores ambientales adversos; el ejemplo del lavado de sales en ausencia del árbol dominante, nos proporciona un ejemplo contundente, ya que sin la potente raigambre del abeto no podría contrarrestarse el lavado edáfico intenso en climas lluviosos. La disposición en estratos superpuestos, junto con la estructura de ramas, hojas y tejidos foliares, permite filtrar al máximo la luz solar, para obtener la energía máxima posible en el ambiente de abetal. La recuperación de fertilidad viene asegurada por un sistema de descomponedores muy eficientes, tanto para humificar la madera como cualquier resto orgánico. Las micorrizas acortan la reincorporación de materiales al árbol, permitiendo su utilización con la mayor celeridad posible.

De la rica estructura del abetal nada sobra, todos los seres que forman su ecosistema tienen su papel en la circulación de materiales y en la transmisión del flujo energético. La misma diversidad tan elevada, con multitud de nichos ecológicos, es una característica de estructura comunitaria compleja y al mismo tiempo funcional. Mantener una estructura tan complicada precisa mucha energía y efectivamente, toda se gasta en mantener la actividad de tantos seres dependientes unos de otros. La estructura dirige la función y consume toda la energía dis-

ponible; se trata de un equilibrio dinámico, propio de las comunidades climáticas, las estables, complejas pero completamente funcionales.

Veamos someramente la estructura del pinar musgoso. En ella observamos una capa casi continua formada por las copas del pino dominante; las hojas estrechas y en posición que no obstruye grandemente el paso de la luz, permite la vida de un estrato casi continuo de boj (de 4 a 6 m.) junto con otros arbustos (Ilex, Lonicera xylosteum, Viburnum lantana, etc.), algunas matas y finalmente un estrato inferior casi continuo formado por una capa gruesa de musgos, con algunas hierbas y plántulas de pino. Si el pino no puede establecerse a la media sombra del pinar, nos indica claramente que lo estudiado no es un pinar permanente, tratándose de un pinar pionero que lleva al quejigal o al abetal-hayedo.

El clima en los pinares mundiales presenta cierta tendencia hacia la continentalidad, con aire frecuentemente muy seco, variaciones bruscas de temperatura, tormentas copiosas en poco tiempo y seguidas de un sol abrasador en verano; poca nieve en invierno y heladas muy intensas sin la protección del manto nival. En la Jacetania y más en el vecino Sobrarbe el verano suele ser seco, pero con tormentas convectivas, intensas y cortas que provocan fuertes erosiones en laderas poco vestidas. Cae el chaparrón y moja las hojas que reciben el golpe de las gruesas gotas, se mojan los boj (de 4 a 6 m.) del estrato medio y el agua cae mansamente sobre los musgos que forman una gigantesca esponja. En la capa musgosa pueden retenerse muchos litros de agua por metro cuadrado, la ceden a la capa de fermentación muy permeable y poco a poco penetra en el perfil edáfico. Vean como toda la estructura lucha contra la elevada escorrentía provocada por las intensas tormentas estivales. Gracias a una estructura tan funcional, puede aprovecharse al máximo el agua caída en los meses caniculares, precisamente cuando es más necesaria y cuando el peligro de erosión es mayor.

Durante el cursillo podrán admirar esta maravilla de estructuras tan funcionales, tan adaptadas al ambiente de montaña algo seca; sería conveniente que tuvieran que soportar una fuerte tormenta en las cercanías del pinar, para ver como cambia la alfombra de musgos, tanto que, después de la lluvia, no parecen los mismos.

Si observan las hojas duras del pino y las del boj, comprenderán sus adaptaciones anatómicas tan extraordinarias para resistir períodos de varias semanas con aire muy seco, fuertes insolaciones y sin una gota de lluvia. El frío produce desecación y el pinar resiste muy bien intensas heladas seguidas de un día soleado, ventoso y seco. Una ojeada a la Jacetania les hará ver fácilmente los montes secos, con pinar cada vez más raro; hacia las crestas ventosas el pino queda erano, como los boj, y aparece una planta almohadillada, el célebre erizón (Echinopartum horridum) de los lugares más ventosos y secos.

En el quejigal, el paso hacia cresta ventosa se reconoce por el

aumento de la encina carrasca (Quercus rotundifolia), de hoja muy dura y adaptada al viento desecante impetuoso.

Veán como tanto la estructura anatómica del árbol dominante, como la estructura comunitaria, se adaptan al ambiente, con unas estructuras diferenciadas y perfectamente adaptadas a su función.

Podríamos citar otros casos y ver detalles más finos del funcionalismo comunitario, entonces aún comprenderían mejor la maravilla de adaptaciones conseguidas por evolución multiseccular de plantas y sus comunidades; al considerar los animales dependientes podemos apreciar detalles de la estructura comunitaria que no vamos a describir ahora y lo dicho basta para que tengan una idea del funcionalismo de unas estructuras muy adecuadas. Durante el Cursillo verán algunos aspectos más del problema de las estructuras funcionales.

Estructuras vegetales y sus variaciones.- No podemos terminar este capítulo tercero sin profundizar algo más en la significación de las estructuras de los árboles dominantes en los bosques considerados. Dejaremos por ahora la consideración de aspectos relacionados con la fauna, para destacar los más relacionados con los árboles.

En un bosque existe la lucha por la luz, factor ecológico que guía la diferenciación de estratos. La clorofila está organizada (grana, cloroplastos, parénquimas asimiladores, tejidos de aireación, los protectores, etc.) formándose las hojas. Cada árbol presenta una estructura foliar perfectamente adecuada al ambiente; en las hayas vemos dos tipos de hoja, las de pleno sol y las de sombra, con unas modificaciones anatómicas que son clásicas en los libros de fisiología vegetal. Las hojas de abeto son más xerófitas y las de pino extraordinariamente xerófitas; el abeto puede transpirar mucho (clorovaporización) gracias a una superficie foliar extraordinaria, con ramas que distribuyen las hojas en pisos sucesivos y adaptados a filtrar la luz con eficiencia máxima. En San Juan de la Peña y Oroel podrán ver las hojas superiores del abeto arrolladas, cubriendo las zonas blanquecinas y estomatíferas del envés foliar, mientras las de sombra se presentan como ensanchadas, completamente planas para adaptarse a la atmósfera más húmeda del bosque y aprovechar al máximo la escasa luz.

Los árboles dominantes levantan sus hojas para que cubran a las demás especies del bosque; sus troncos potentes y ramas en pisos horizontales permiten filtrar al máximo la luz solar. Las matas y musgos subordinados reciben menos luz y en el suelo les falta agua por competencia con las potentes raíces de los árboles dominantes. Tonos muy verdes, hojas anchas que favorecen la clorovaporización, raíces superficiales para aprovechar el rocío matutino y tomar agua de lluvia tan pronto cae, son las adaptaciones anatómicas que observarán en las plantas de sombra. Los árboles pueden penetrar más en el suelo y explotan el agua hasta gran profundidad; una clorovaporización más intensa aumenta su capacidad extractora de agua y sales minerales del suelo.

Las plantas de la comunidad se complementan y las más potentes presentan una estructura muerta (tronco, ramas y raíces gruesas) muy grande, con misión principal de sostén. Las menos potentes apenas pueden acumular estructura muerta, son débiles y viven por completo subordinadas a los gigantes del bosque.

Estructuras forestales muy características de los bosques clímax son las micorrizas. En la capa de fermentación vemos micelios blancos en los que conviven hongos saprofitos con los micorrícicos de los árboles dominantes y de varias especies de sombra. Ya hemos dicho algo sobre la función de dichas micorrizas, especialmente en relación con el acortamiento de la cadena trófica edáfica. Los hongos pueden absorber aminoácidos y otras sustancias orgánicas simples, que ceden a su planta nutricia, la que les proporciona energía (hidratos de carbono, grasas) para su vida heterótrofa. La nutrición micorrícica representa una estructura muy diferenciada para favorecer la absorción de sustancias y agua del mantillo (capa de fermentación) forestal.

La estructura muerta, la madera y cortezas, permite mantener los estratos, la estructura más aparente del suelo. En los ecosistemas forestales, se da el caso de que pretendemos aprovechar precisamente la estructura muerta, la de sostén. Para ello se precisa una gran vitalidad en todos los niveles del ecosistema, pero muy especialmente en las plagas de los consumidores fitófagos.

Sus variaciones en el espacio hacen referencia a la distribución en estratos del bosque ya mencionada. Por lo que respecta al tiempo cabe considerar un aspecto fundamental que ya mencionamos ligeramente; se trata de que el árbol dominante no tiene una vida indefinida, envejece y muere por lo que debe reproducirse. Las plántulas de abeto, haya y pino, deben poder germinar bajo la sombra densa del bosque, compitiendo con las plantas de sombra del estrato superficial. Es un rasgo característico de la estructura en comunidades clímax, el que se encuentren plántulas en el estrato superficial, así como arbolitos en el estrato de matas, arbustos, árboles jóvenes y ~~los~~ los adultos dominantes. La plántula de abeto, así como la de haya, debe comportarse como especie de sombra durante sus primeros años. El pino es incapaz de establecerse bajo un bosque denso de hayas, abeto y aún de quejigos adultos, razón por la cual es fácil deducir qué pinares son comunidad permanente o cuáles son pioneros en la reconstrucción de quejigales o abetales con hayas. HX

Vemos por lo tanto como existen estructuras adecuadas en las comunidades clímax y en las permanentes tanto para distribuirse el espacio y filtrar la luz en el suelo, como para distribuirse los horizontes edáficos en el suelo, como para situarse en el lugar adecuado durante las fases juveniles del árbol dominante.

4) FLORA Y VEGETACIÓN EN SUS RELACIONES CON CLIMA Y SUELO

Las comunidades climax, como por ejemplo el abetal jacetano, traducen fielmente las condiciones medias del ambiente. Si conocemos las exigencias climáticas y el suelo de nuestros abetales, podremos deducir con extraordinaria fidelidad el clima y suelos correspondientes a un abetal no estudiado. Por ser climax se trata de suelos maduros, estabilizados mientras reciban el aporte anual de hojarasca, que en parte puede sustituirse por excrementos del ganado que pasta en los claros herbosos del bosque; también en la pradería intercalada entre abetales, el aporte anual de estiércol puede proporcionar los fertilizantes adecuados para mantener indefinidamente la fertilidad del suelo, junto con la vida del biocedafon. Sin aporte de materia orgánica vimos cómo el suelo degenera y tiende hacia la podsolización, con humus insaturado, difuso y hasta lavado hacia horizontes inferiores.

El clima general correspondiente a cualquier climax es su fitoclima. Como se comprende será adecuado para mantener la rica estructura de un bosque tan diferenciado y exigente; ningún mapa climático, puede superar en precisión biológica al testimonio aportado por un abetal estable y bien desarrollado. El concepto de fitoclima se utiliza en la cartografía botánica normal y es acaso el dato más urgente que deben aportar los botánicos al progreso de los conocimientos agrobiológicos.

Climas locales y su reconocimiento.- Conociendo las climax dominantes en determinada región y algunas de las comunidades permanentes más características, las podemos relacionar con el relieve topográfico.

Observaremos que una de las comunidades permanentes más constantes en laderas empinadas expuestas al Norte (1000-1500 m.) es el pinar musgoso, con pequeños enclaves de un abetal incipiente y localizados en lugares donde la humedad freática es mayor. Esta simple observación ya indica que el pinar musgoso aparece siempre dentro la climax de abetal, pero en los lugares que por su topografía reciben menos agua de la necesaria. Su estructura comunitaria, adaptada a disminuir la escorrentía, ya indica que dicha comunidad permanente viene limitada por la escasez de agua. Si observamos en una primavera seca los abetales y pinares musgosos contiguos, nos daremos perfecta cuenta de que el pinar se deseca antes, que el suelo correspondiente tiene menor capacidad para almacenar agua, por ser menos profundo o bien por no recibir aportes freáticos procedentes del piedemonte de la ladera.

En muchas laderas del sombrío, siempre dentro del piso montano alto, podremos observar abetal cerca del fondo de valle (sobre piedemonte rico en agua), pinar musgoso que pasa nuevamente a un abetal algo más seco cerca del cantil superior, comunidades permanentes de peñasco, cresta ventosa con almohadillas espinosas del erizón (Echinopartum horridum) y en la solana un bujedo que pasa paulatinamente a pinar raquíptico entre erizones y boj y a quejigal con boj climax.

Cada ambiente de los citados tiene su clima local (topoclima) que

determina un tipo de comunidad permanente o bien una clímax; en el ejemplo citado tenemos las dos clímax jacetanas, el pinar musgoso (permanente y casi clímax), la vegetación de cantiles y de sus cornisas más frescas, la almohadilla de cresta, la transición a pinar seco y finalmente la clímax de quejigos.

Vean como la topografía ayuda a interpretar el significado climático de cada comunidad. En el piso montano bajo, submediterráneo, veríamos otro tipo de quejigal dominante, con riberas de olmedo y crestas ventosas en las que domina encina carrasca (Quercus rotundifolia). En algunas solanas muy secas y ventosas, a la carrasca suele unirse el xinebro (Juniperus oxycedrus) como en Bernués, al iniciar la subida hacia San Juan de la Peña.

Si tienen una idea de las clímax de cada piso de vegetación, el parecido de las comunidades permanentes con alguno de ellos, ya permite deducir el significado climático de las mismas. Así el carrascal con xinebro de Bernués recuerda mucho al "Quercion rotundifoliae" del Somontano oscense, las comunidades de cresta con crizón a los espinales de los montes béticos tan secos y de clima extremado, los pinares con musgo a la taiga eurosiberiana, los quejigales al "Quorco-Buxetum" provenzal y de la Plana de Vic. Los abetales con haya forman precisamente la clímax regional pirenaica del piso montano, típica de la vertiente francesa.

Conviene indicar otro principio general orientador para la prospección previa al estudio profundo de comunidades. Las comunidades clímax bien desarrolladas presentan el perfil edáfico más evolucionado, el más diferenciado y maduro. Las comunidades permanentes topográficas, presentarán suelos más profundos y evolucionados cuanto más se aproximen a la clímax regional. En el primer caso mencionado el pinar musgoso más húmedo, con suelo más evolucionado, se parecerá bastante a un abetal y presentarán abetos los lugares con suelo que retenga más fácilmente la humedad. En las crestas ventosas, bajo las almohadillas espinosas, encontraremos litosuelos y rendsinas poco evolucionadas, muy parecidas a las de los montes granadinos.

Métodos fitosociológicos.- Acabamos de mencionar uno muy general y previo a cualquier estudio que se realice en el campo. Pero queda otro que se relaciona con la llamada progresión fitosociológica, que orienta tanto por lo que se refiere a climas locales como por lo que respecta a la evolución del suelo.

Ante todo cabe mencionar que la progresión fitosociológica, en especial la serie seca colonizadora de suelos pedregosos, ordena las comunidades vegetales en un sentido cada vez más exigente en suelo y clima, desde las comunidades pioneras hasta las preclimáticas y climáticas, terminando en las postclimáticas o bosques galería (recuerden las olmedas sobre suelo de vega). No estará de más recordar que en la zona del pinar musgoso el abetal suele formar bosque galería aprovechando la humedad freática; si consideráramos al pinar como clímax, el

abetal galeria sería su postclímax.

La serie fitosociológica, por lo que se refiere a divisiones y clases, fue sistematizada por BOLÓS en 1968 (2); RIVAS MARTÍNEZ establece correlaciones con el suelo, siguiendo la clasificación de KUBIÉNA (11 y 7). Las obras mencionadas pueden completar la información que aquí se da. En la obra pirenaica de BRAUN-BLANQUET (3), encontrarán referencias al piso alpino (y parte del subalpino) en el Pirineo oriental; recientemente ha publicado una obra que se refiere al País vasco (4). Por lo que respecta a los hayedos y pastos navarros, he publicado dos trabajos (9 y 10).

Las comunidades pioneras de peñasco y glera (pedrizas móviles en ladera muy pendiente) inician la formación de suelo y se encuentran al inicio de cualquier progresión fitosociológica, junto con las de dunas que no vamos a considerar ahora.

En la vegetación ruderal-arvense el hombre ha simplificado el suelo; la vegetación inicia su reconstrucción progresiva; en ella se observa una peor regulación de la humedad y en la Jacetania una disminución de la permeabilidad.

En la vegetación pionera tenemos la División "Vulpio-Brachypodiea ramosi", con una clase para suelos silíceos (mal representada en la Jacetania) y otra para los calizos o "Thero-Brachypodietea". En la División "Cisto-Romarinea" los matorral-pasto mediterráneos y submediterráneos, con la Clase "Oponido-Rosmarinatea" muy bien representada en la Jacetania y propia de suelos calizos. Los pastos secos Div. "Festuco-Bromea" son dominantes en gran parte de la Jacetania; por riego y estercoladuras pasan a la Div. "Arrhenathera" con la clase "Molinio-Arrhenatheretea". Por acidificación del suelo, en lugares con clima de tendencias oceánicas, se pasa a la Div. "Callunetea", con brezal-pasto y suelo que tiende hacia la acidificación.

Dentro la vegetación silvática, la Div. más xerófita con la "Oleo-Quercea" y Clase "Quercetea ilicis" que aparece en los crestones más secos de la Jacetania baja. La Div. "Querco-Fagea" con bosques de robledal submediterráneo, robledal montano (Quercus petraea), robledal atlántico (Q. robur), hayedo seco (Cephalanthero-Fagion) hayedo rico "Fagion", hayedo con abeto "Galic-Abieton" y hayedo ácido (Luzulo-Fagion), las olmedas y alisedas de ribera. Finalmente la Div. de la targa "Abieto-Piceea" propia de nuestro piso subalpino.

Los pastos del piso alpino, Div. "Seslerio-Juncea trifidi" comprenden tres clases: la inicial nivosa "Salicetea herbaceae", la inicial calcícola "Slyno-Seslerietea" y la acidófila o clímax "Juncetea trifidi".

En relación con el suelo, en los carrascales más secos y espinales de cresta se encuentran rendsinas (xerorendsinas), con alguna

"terra rossa" relicta y tendencia a la tierra parda mediterránea bajo carrascal denso. En los quejigales jacetanos, tierra parda caliza húmica con "terra fusca". En los abetales se encuentra el suelo maduro europeo, la tierra parda mesotrofa o rica; en los pinares se pasa por una parte a Ranker de mull en la parte alta (contacto con el subalpino) y a "terra fusca" en la parte baja.

En los bosques de ribera, olmedas, abedulares con avellano, algunos abetales, encontramos tierras pardas con gley, muchas veces con varios niveles producidos por sedimentación de arrastres de arroyos y torrentes. El gley indica el nivel freático constante. En la parte baja jacetana podrían encontrarse suelos con pseudogley, es decir con nivel freático variable.

Comunidades indicadoras edáficas.- Interesa mucho conocer las especies que forman mosaicos en las comunidades más frecuentes y que indican un lavado edáfico no contrarrestado por el aporte de hojarasca suficiente.

Dentro de los abetales, precisamente junto a los barrancos excavados y con cejas sobresalientes barridas por el viento, la hojarasca es arrastrada hacia los pequeños rellanos abrigados del viento; en dichas cejas se observa un brezal incipiente, con Calluna en cejas algo secas y Vaccinium myrtillus en las más húmedas; con otras compañeras acidófilas, estas dos especies suelen indicar los lugares con su superficie edáfica más ácida, humus moder y mala humificación. En las partes de abetal más ricas, con gran aporte de hojarasca, las indicadoras suelen ser las especialistas de hayedo y bosques pirenaicos eutrofos: Scilla liliohyacinthus, Asperula odorata, Milium effusum, Veronica montana, Festuca gigantea, Anemone nemorosa, A. ranunculoides, Pulmonaria affinis, etc. Todas ellas indican humus dulce (mull) y suficiente humedad edáfica.

En los pinares musgosos de Oroel y San Juan de la Peña, las cejas barridas por el viento, con menos aporte de hojarasca y lavadas por agua de lluvia sin aporte de agua freática por evaporación, son ocupadas por la brecina (Calluna vulgaris) junto con Lathyrus montanus y Deschampsia flexuosa, además de otras indicadoras de humus bruto (moder), con la acidificación de los niveles superiores del suelo.

En los quejigales y carrascales sometidos a la influencia cantábrica, con nieblas frecuentes y el "chiri-miri" persistente durante las estaciones equinociales (parte occidental cerca de Navarra), se conservan suelos fósiles del tipo "terra-rossa", acidificados en todo su perfil y con cierta rubefacción, en los que fácilmente aparecen especies acidófilas que inician la formación de un brezal-pasto subcantábrico. En estas condiciones abunda Thymelaea ruizii con Avena cantabrica (formadora de mucha hojarasca de difícil descomposición), Brachypodium pinnatum, Calluna vulgaris y Erica vagans. Si aparece Erica cinerea podemos reconocer la parte más acidificada, desprovista

→ casi por completo de bases...

En los pastos secos de rellanos cacuminales con lluvia abundante (Monte Pano, Mirador de Oroel, laderas junto a la Boca del Infierno chesa), encontramos retazos con especies anuales entre las que destacan algunas acidófilas: Scleranthus gr. annuus, muchos Cerastium anuales, Moenchia erecta, Linum trigynum, L. bienne, Trifolium dubium, T. striatum, T. subterraneum, Lathyrus sphaericus, Rumex angiocarpus y otras efímeras de la clase "Helianthemetea annuae". Estas anuales indican un fuerte lavado superficial del suelo, con escasa retención de agua que en verano no permite la persistencia de las plantas perennes del "Bromion erecti". Estos retazos se reconocen fácilmente por la abundancia de Poa bulbosa seca en primavera que destaca por su color entre las especies perennes del "Bromion".

Por el contrario, en las cercanías, en crestones batidos por el viento impetuoso y con intensa evaporación, se concentran sales en superficie; entonces aparecen anuales de la clase "Thero-Brachypodietea" entre las almohadillas del erizón y otras especialistas de cresta. Micropus erectus, Arenaria serpyllifolia, A. leptoclados, Trifolium scabrum, Hornungia petraea, Saxifraga tridactylites, etc. suelen indicar el referido predominio de la evaporación sobre el lavado edáfico.

En abetales y pinares húmedos es el boj con su cortejo de submediterráneas el que suele indicar un predominio de la evaporación.

Adaptaciones fisionómicas al ambiente.- Los vegetales se adaptan perfectamente al ambiente (efarmonía) de suerte que tanto las plantas como sus comunidades y paisajes presentan aspectos que recuerdan otros paisajes en los que dominan características climáticas y edáficas comunes.

Los antiguos cultivos jacetanos, abandonados hace años por degradación del suelo (erosión intensa) se presentan actualmente con unos tonos cenicientos debidos a la dominancia de aliaga y espliego (Lavandula spica ssp. pyrenaica). Su parecido con los matorrales secos turolenses y sorianos es notable, sólo que la labiada dominante es entonces la Salvia lavandulaefolia. Esto ya indica el matiz continental que dentro lo submediterráneo tiene el clima jacetano.

Hemos hablado del porte almohadillado de las crestas ventosas jacetanas (cumbres de Oroel, de San Juan de la Peña, de Borau, etc.) y sus semejanzas no sólo con las crestas granadinas, sino también las de toda la Cordillera Ibérica, entre Almansa y Teruel-Soria. La leguminosa espinosa almohadillada es única en la Jacetania (Echinospartum spinosum) mientras en el Levante-Sur de España son muchas más, junto con especies de muchas familias. Eso indica que la Jacetania se encuentra ya en el borde de este tipo de comunidades espinosas de cresta ventosa en montañas elevadas; sin embargo aparece una especie que for-

ma almohadillas muy densas y no es espinosa. (Saponaria caespitosa), junto con un grupo de especies y formas del grupo Arenaria aggregata, vicariantes en la Jacetania de otras más comunes en el Levante-Sur peninsular. La semejanza fisionómica traduce fielmente la semejanza ecológica. El menor número de especies propias, ya indica que al igual que en los montes de la Francia meridional, las condiciones de aridez no han sido tan persistentes a lo largo del tiempo como en el Sur de España y en el Atlas. En las estepas frías del norte de Persia y en Anatolia, dichas comunidades de cresta están muy diferenciadas con gran número de especies adaptadas durante millones de años a dicho ambiente, que ha debido persistir desde mediado el Terciario.

Los bosques de ribera, así como los formados al pie de cantiles muy húmedos, presentan marcadas afinidades con el bosque mixto centro-europeo; la mezcla de tilos, arces, illón, fresno, olmo de montaña, haya, roble, serbales-mostajos, etc. ya indica la persistencia de un bosque preglaciar, muy rico y diferenciado; se ha conservado gracias a la protección del cantil y a la mayor humedad del suelo. En San Juan de la Peña veremos un ejemplo muy bueno de bosque mixto, sobre suelo rico y húmedo.

Los pinares más húmedos de alta montaña, junto con la parte superior de algunos abetales, se parecen mucho a la taiga eurosiberiana; es una semejanza empobrecida, debido a que las condiciones de taiga no han persistido siempre. En los Alpes ya es más rica y aún más en la parte polaca de los Cárpatos. Las afinidades con la taiga siberiana aumentan naturalmente en los Urales. En nuestro Pirineo la semejanza es tan remota, y el número de plantas de alta montaña mediterránea aumenta tanto que ya es preferible diferenciar los bosques claros de pino negro como formando parte de una clase especial, la "Pino-Juniperetea" RIVAS MARTÍNEZ (11) propia de la alta montaña del Mediterráneo occidental. Es vicariante de la taiga, pero no exactamente igual. Las sabinas (Juniperus sabina, J. thurifera), con el enebro, (J. hemisphaerica), el pino negro, razas de pino silvestre, y muchas especies de origen netamente mediterráneo, determinan diferencias notables, con aspecto global de mayor sequía estival y menos frío en invierno, con menor cantidad de nieve.

5) LA INTEGRACIÓN FITOTOPOGRÁFICA (I)

Concepto de paisaje.- Una vez descritas someramente las principales características de las comunidades vegetales en la Jacetania, parece oportuno introducir el concepto de paisaje y algunas consideraciones técnicas inherentes al mismo. Se trata de aspectos muy debatidos desde hace años por los estudiosos de la vegetación, pero no vamos ahora a plantear las intrincadas argumentaciones que este problema re-

quiere. Para ello remitimos al lector a la excelente monografía de M. GOUNOT, 1969 (6). Nuestra intención es simplemente comentar algunas dudas y perplejidades que inevitablemente asaltan el ánimo de todo botánico y ecólogo, cuando a partir de sus observaciones en el campo trata de sistematizar el paisaje.

Es conveniente utilizar esta palabra, paisaje, porque es de uso corriente y se encuentra muy arraigada, pero ampliando quizá su acepción un tanto "turística". Según CHRISTIAN (1963) (5) "el paisaje debe considerarse como la integración de todos los perfiles verticales completos en cada punto de la superficie terrestre estudiada, desde el ambiente aéreo hasta los horizontes geológicos subyacentes, incluyendo las poblaciones vegetales y animales, así como las actividades humanas pasadas y presentes asociadas con ellos". Se trata evidentemente de una definición algo ambiciosa, pero puede servirnos de marco a las siguientes consideraciones, y además resalta los dos aspectos fundamentales del concepto de paisaje: constituido por una integración de puntos, cada uno de ellos caracterizado por una constelación de propiedades.

Estructura del paisaje.- Si examinamos con atención una fotografía aérea, comprobaremos que se halla compuesta por una integración en mosaico de manchas de distintas formas y tonalidades. Nos daremos también cuenta que esas manchas no son todas completamente distintas entre sí, sino que es posible reunir las en unos pocos grupos definidos, y con ello habremos realizado una primera clasificación. Si a continuación estudiamos la distribución de las manchas en el fotograma, comprobaremos probablemente que no es al azar, sino que varios tipos de manchas se integran en unidades mayores que van repitiéndose con cierta regularidad. Estamos ante el problema de la heterogeneidad en el paisaje; las mismas manchas no son homogéneas, así las examinamos con detalle, provistos de una lupa, nos daremos cuenta que presentan ciertas variaciones de tonos y relieves, lo que ocurre es que esas variaciones son también repetitivas, y permiten delimitar la mancha como una unidad claramente definida. Por otra parte, si vamos al lugar real correspondiente a esa mancha del fotograma, comprobaremos que aún pueden distinguirse en ella varias zonas distintas; si se trata de una roca por ejemplo, veremos que hay superficies lisas, grietas o hendiduras, relanos, etc. y que la distribución más o menos repetitiva de estos elementos, es lo que permite diferenciar la roca como unidad. Como puede comprenderse, si dispusiéramos de instrumentos de observación adecuados, podríamos proseguir este análisis hasta la escala atómica, ya que nunca llegaríamos a encontrar los elementos verdaderamente homogéneos que integran las unidades mayores. En la naturaleza la heterogeneidad se extiende prácticamente hasta el infinito, y el paisaje se halla constituido por elementos o unidades que, a su vez, aparecen compuestos de otros elementos, dispuestos en sucesivos "niveles de integración".

El hecho de que el paisaje no aparezca constituido por elementos

en distribución caótica o al azar, sino que por el contrario manifiestan una cierta ordenación integrada en diversos niveles es muy importante, pues indica la presencia de esfuerzos o coacciones que mantienen esos estados ordenados y permiten definir unas líneas a lo largo de las cuales, la composición de los elementos y las propiedades de cada punto, varían en el mismo sentido según un gradiente.

Fases en el estudio del paisaje.- Ante este estado de cosas, la cuestión que probablemente inquietará nuestro ánimo ante el fotograma, es la siguiente: ¿Qué unidades debo considerar, los grupos de manchas que van repitiéndose, las mismas manchas, o será necesario descender todavía a mayores detalles y considerar los elementos de que se hallan compuestas las manchas?. Se trata de un problema que es necesario afrontar con serenidad, de lo contrario muchas veces se tomarían decisiones completamente ilógicas. En primer lugar es aconsejable reunir todos los fotogramas de la región que pretendemos estudiar, y formar con ellos un mosaico (ver capítulo 7). Observando entonces la distribución de las manchas, podremos seguramente agruparlas en unas pocas grandes zonas que difieren entre sí por la ordenación de las manchas en su interior. La delimitación de esas zonas debe practicarse examinando los gradientes con que varían la composición y ordenación de los elementos. En la frontera de la zona esos gradientes son muy abruptos, de manera que si escogemos dos superficies, éstas difieren más entre sí, si se hallan una a cada lado de la frontera, que si se encuentran a un mismo lado. Con esta operación habremos realizado una primera división de la superficie a estudiar en "sistemas de paisajes". Dentro de cada sistema, los elementos discernibles en el fotograma, se disponen de un modo repetitivo, y descendiendo en los diversos niveles de integración, es posible distinguir varios "subsistemas" hasta llegar a los más pequeños elementos analizados, que para fines prácticos o de clasificación consideraremos homogéneos. El nivel de integración correspondiente a esos elementos últimos dependerá como es natural de la escala a que deseemos trabajar, y a ellos los denominaremos genéricamente "unidades de paisaje". No siempre es fácil conseguir una división del paisaje con las debidas garantías de objetividad, por ello, recientemente se están desarrollando procedimientos automáticos de análisis de fotogramas (ver capítulo 7).

Con este proceder habremos llegado a una división de la zona a estudiar en clases jerárquicamente incluídas unas en otras. Habremos establecido los dos órdenes extremos (los sistemas de paisaje por arriba y las unidades de paisaje por abajo) con todos los intermedios que sean discernibles, pero debemos apresurarnos a resaltar que tal clasificación sólo tiene validez dentro de la zona estudiada, y que tanto sus clases como sus criterios de equivalencia son siempre relativos a ella. Si con el mismo procedimiento fuéramos ampliando la superficie estudiada, hasta alcanzar el nivel continental o planetario, podríamos lograr una clasificación general, válida para todo el conjunto o planeta, pero esto representaría un esfuerzo considerable, y numerosos problemas adicionales que no podemos ahora detallar. Por el momen-

to nos basta resaltar que esta labor de clasificación, aun careciendo de una validez general, se encuentra en la base de todo estudio de paisaje, gracias a ella podemos "comprenderlo", es decir conseguimos una descripción sistematizada y causal (en la medida de nuestras posibilidades) del mismo.

La descripción de las unidades de paisaje, en el orden inferior de la clasificación, requiere la prospección en el campo según los métodos detallados en el capítulo 6, pero evidentemente esta labor viene muy facilitada por la división realizada en los fotogramas, gracias a la cual es posible estratificar el muestreo en el campo, y lograr una precisión adecuada con esfuerzo mucho menor. La descripción de los sistemas y subsistemas de paisaje se realizará teniendo en cuenta el modo de agruparse u ordenarse las unidades inferiores que los integran.

El hecho de que los elementos que integran el paisaje no se distribuyan al azar, sino que presentan una cierta ordenación agrupándose en unidades definibles y discernibles, plantea el problema del porqué es así, problema que un estudio científico del paisaje no puede rehuir. La forma de las unidades, la ordenación de los elementos más simples en su interior y el sentido de la variación o gradientes de esa composición por un lado, y las características de los factores climáticos y geológicos por otro, permiten muchas veces establecer hipótesis que relacionen esos factores con la ordenación del paisaje por una vía de causa y efecto. La comprobación de tales hipótesis se consigue experimentalmente si es posible, o por vía estadística examinando gran número de casos.

Paisajes ordenados y paisajes desordenados.- El procedimiento que hemos expuesto para el estudio del paisaje, si bien parece bastante claro en teoría, en la práctica tropieza con algunas dificultades, debidas sobre todo a la intervención del hombre. Según la definición de paisaje dada al principio de este capítulo, la acción humana no puede considerarse como un elemento foráneo al paisaje natural, y éste es un punto de vista muy fecundo que es preciso no olvidar.

En general los paisajes poco intervenidos por el hombre parecen más ordenados porque la interacción de los factores geológicos y climáticos con la biosfera, produce situaciones de equilibrio a más largo plazo. Sin embargo decimos que sólo parecen más ordenados, porque al moverse el hombre dentro del marco de la interacción antes mencionada, su actividad no es libre ni aleatoria, sino que se halla condicionada por una serie de factores que pueden reunirse en dos grandes grupos, las posibilidades ofrecidas por el territorio (criterios de potencialidad) y la propia historia de las actividades y comunidades humanas. Por ejemplo es evidente que en una región montañosa, la intervención agrícola del hombre se halla recluida a los fondos más llanos de los valles (potencialidad del territorio) y aunque puedan aparecer zonas cultivadas en laderas inclinadas, éstas constituirán siempre re-

giones marginales, bordeando a los fondos antes mencionados, y aparecerán sujetas a unos ciclos de cultivo y abandono, que dependerán de la presión demográfica y del grado de autonomía económica de la región (factores históricos). La comprensión de estos fenómenos es quizá difícil para un investigador con formación biológica clásica, pero es evidente que pueden aportar una información preciosa para la comprensión del paisaje cada vez más humanizado que nos rodea.

Por otra parte, los paisajes sometidos a grandes tensiones por factores climáticos o geológicos (regiones áridas, suelos salinos, yesosos, etc.) tienen también un aspecto más ordenado, debido a que la distribución de las comunidades se halla en gran parte gobernada por unos pocos factores sencillos, y la intervención humana tiene muy pocas posibilidades de escapar a ellos. En estos casos la morfología del sustrato controla buena parte de las características microclimáticas y la formación de los suelos, por lo que la distribución de los elementos en las unidades del paisaje se halla casi siempre bien relacionada con la topografía. Así sucede con la parte central de la depresión del Ebro (debido a la aridez) o con la región de los circos en alta montaña (debido al frío), regiones relativamente fáciles de estudiar, y sin duda más apropiadas para los principiantes.

6) LA INTEGRACIÓN FITOTOPOGRÁFICA (II)

El paisaje vegetal es muy variado y resulta difícil al profano encontrar el rasgo común que permita formar unidades apropiadas para su descripción perfecta y clara. Todo parece distribuido algo al azar y esta sensación aumenta ante un paisaje humanizado, muy intervenido por el hombre y sus animales como lo es ciertamente el paisaje jacetano, excluidos los bosques húmedos de sus valles más remotos.

Ya hemos dado un esquema de los bosques y comunidades permanentes más típicos de la Jacetania, y partiendo de dichos conocimientos puede resultar más fácil ordenar los datos que cabe apreciar tan pronto llega a Jaca y ^{moj} observa su paisaje.

Los bosques más o menos alterados están en contacto con cultivos, con pastos aprovechados de forma muy variada, con matorrales en los que se inicia la recuperación forestal, bosquetes más o menos densos y finalmente algunos bosques con árboles de tallas diversas más o menos invadidos por el matorral. Como sabemos que la tendencia evolutiva es hacia pocas climax y comunidades permanentes, ya tenemos un criterio para ordenar los tipos de paisaje dentro de cada dominio climático y de cada comunidad permanente. En ellas observamos las series evolutivas, las de la regeneración después del cultivo o del pastoreo intenso; todas tienden hacia una comunidad más estable y su distribu-

ción no es completamente al azar. Las acciones zoantropógenas son algunas veces arbitrarias, pero las fuerzas naturales llevan hacia un fin común para todas ellas.

Oriol de BÓLOS, en junio de 1963, ordenó las ideas que permitieron hacer abstracción de las unidades del paisaje (1) y posteriormente en 1964 (8) intentamos dar a conocer sus ideas fundamentales, resumiéndolas de suerte que sean asequibles a los que se interesen por temas relacionados con la Fitotopografía.

Los conceptos de tesela y catena.- Se llama tesela a cada unidad de paisaje que puede distinguirse. Se trata de una abstracción, pero puede aplicarse a ejemplos concretos y entonces coincide con el clásico de zona en las llamadas zonaciones (de charcas, altitudinales, latitudinales).

En ejemplos anteriores hablamos de teselas típicas de la Jacetania, como la cresta con carrascas, quejigal en umbría, olmeda en la ribera, que puede continuar por la solana, con quejigal seco, bujedo con pino y crizón, espinal de cresta, comunidades de peñasco, pinar musgoso y abetal de valle fresco. Todos los elementos citados son teselas, unidades que podemos ordenar ya en zonación de umbría (catena de umbría), ya de solana. La catena ordena las teselas en un sentido topográfico.

Al dibujar las catenas ordenadas como en el ejemplo anterior, cortando valles transversales y de Sur a Norte, podemos representarlo sobre el perfil geológico, el de suelos y las catenas; el perfil o catena es entonces muy completo y permite integrar conocimientos de tipo geológico, con los edafológicos y fitotopográficos, relacionados a su vez con el clima. La fitotopografía es ciencia de integración de conocimientos con vistas a la interpretación ecológica del paisaje. Interesa retener que la catena puede representarse como un perfil de vegetación.

Conviene insistir que podemos dibujar catenas algo teóricas, con las comunidades finales de la evolución y prescindiendo del estado evolutivo en que se encuentran debido a las acciones zoantropógenas; las teselas o unidades representadas son entonces las deducidas de acuerdo con tendencias evolutivas. Podemos dibujar perfiles en varios valles y hacer posteriormente la integración abstracta, con rasgos comunes a todas ellas para dar la catena que consideremos más ajustada a la realidad fitotopográfica. No olviden por lo tanto que tanto la unidad tesela como la serie ordenada de teselas o catena, pueden tener un significado concreto (un determinado perfil) y otro significado abstracto, deducido por las características comunes a varios perfiles o catenas concretas.

También es posible dibujar varios perfiles, con la misma base geológica y representando teselas en distinta fase evolutiva. Una

catena teórica con teselas formadas por comunidades permanentes y clímax, otra con los matorrales derivados de las mismas, otra con los pastos de cada serie y finalmente otra con los cultivos dominantes en cada tesela. Vean como las posibilidades son múltiples y permiten representar esquemáticamente la distribución topográfica de las principales unidades de vegetación con la de sustitución en cada una de sus series evolutivas.

Las series evolutivas.- En un paisaje humanizado es posible encontrar en el espacio todas las etapas de sus series evolutivas; en un lugar determinado se van sucediendo en el tiempo, como por ejemplo del cultivo se pasa a erial con pasto, pasto-matorral, matorral denso con algunos árboles, bosquetes claros y finalmente el bosque denso permanente. Como las acciones humanas no son simultáneas en todas partes, podemos ver fácilmente campos abandonados desde hace pocos años, otros de medio siglo y finalmente los que apenas se tocan desde hace siglos. Cuando en un mismo ambiente (por ejemplo de pinar musgoso) encontramos toda la serie completa, podemos ver la zonación serial en el espacio; si cortamos perpendicularmente los bordes de dichas zonas, según el gradiente máximo de variación, podremos representar una catena en la que se observe directamente dicha evolución. Este estudio es fundamental en la interpretación del paisaje.

Si es posible obtener datos históricos respecto a la fecha de abandono del cultivo en cada zona (tesela) de dicho gradiente (catena), podemos tener una idea muy aproximada de la velocidad de recuperación a partir de un suelo y clima con unas condiciones de fertilidad edáfica que pueden medirse. Vean lo importante que es saber escoger las localidades para ver en el espacio lo que ocurre a lo largo de los años. Realizados varios estudios en ambientes muy distintos (por ejemplo en el abetal, o en un tipo de quejigal, o en el carrascal montano de lugares ventosos), verán como la evolución tarda más o menos, según sea la fertilidad del suelo de partida o según las dificultades climáticas.

Series principales del piso montano bajo.- La clímax es ciertamente el quejigal submediterráneo, parecido a los quejigales de la dorsal catalana (Segarra alta) y de la Piana de Vic (Barcelona); acaso es con el último con el que pueden establecerse mayores afinidades. Efectivamente el sustrato geológico son margas cocénicas en ambos y el clima bastante parecido, con primavera y verano relativamente secos.

Ya hemos dicho que se conservan pocos quejigales y los que vemos actualmente fueron sometidos a turnos de aprovechamiento bastante cortos (para leñas y carboneo), por lo que resulta difícil conocer el tipo de quejigal bien desarrollado. Además el ganado entra en el bosque y lo altera, favoreciendo la penetración de hierbas y matas heliófilas; actualmente producen la impresión de tratarse de robledales con fuerte penetración de sus mantos espino y herbáceo. Con todo quedan aún pequeños quejigales en lugares poco accesibles que podrían

estudiarse bien, deduciendo posteriormente la composición que debía tener el quejigal clímax, en solanas, umbrías bajas y en las partes occidentales próximas a Navarra. Es posible que por lo menos sean tres las clímax de quejigal en la Jacetania.

Actualmente vemos cultivos en las terrazas y glacis poco inclinados, con suelo que tiende al encharcamiento durante la época de lluvias persistentes (plantas segetales que resisten el encharcamiento) y dedicados fundamentalmente a cereales en rotación con esparceta o trébol; los mejores se siembran cada año y en los pobres se observan aún barbechos que con frecuencia no llegan a labrarse, abandonando rastrojos que pasan a erial de un año, de dos, de varios, etc. La evolución de cultivos abandonados puede estudiarse relativamente bien en la periferia de los cultivos de cada pueblo de la Jacetania. En la ladera pendiente cada vez es más difícil encontrar cultivos recientes, pero puede estudiarse la evolución en cuarenta o cien años de pastoreo más o menos intenso. Pronto la aliaga y el boj dificultan dicho pastoreo y si no descubrimos señales de fuego en los bojes, podemos apreciar el sentido evolutivo de dicho bujedo.

El pino silvestre se comporta como pionero, sus semillas se difunden con facilidad (diseminación anemócora) y pronto nace en el bujedo. Algunas aves, como las urracas, transportan bellotas de quejigo (o carrasca) que germinan de manera aislada en el antiguo erial con boj. Crecerán pinos y quejigos en bosque cada vez más denso, pero al final el pino no podrá establecerse bajo el quejigal denso. Veán por lo tanto un criterio para reconocer rápidamente los quejigales más antiguos, los más próximos a la etapa final de la serie o clímax.

Anteriormente ya nos referimos al pasto más frecuente de esta zona baja; se trata del complejo entre "Aphyllanthion-Deschampsion mediae" que hacia la parte occidental (influencia cantábrica) pasa rápidamente a una modalidad de "Bromion" con Brachypodium pinnatum dominante. En todos ellos se observa la tendencia al dominio de Genista scorpius, la aliaga, que dificulta el pastoreo. Estos pastos con aliaga se quemaron o se abandonan; si se queman vuelve pronto la aliaga y si el fuego se repite mucho aparece como arbusto-mata indicador la coscoja (Quercus coccifera), acompañado de Brachypodium ramosum en las solanas más áridas y gamones (Asphodelus) en gran parte de la Jacetania.

En las riberas apenas se encuentran olmedos naturales. A las sargas (Salix eleagnos, S. purpurea, S. triandra), algunas veces con aliso (Alnus ssp.) de la zona más removida y cascajosa, sucede pronto el chopo espontáneo (Populus nigra), el sauce blanco con fresno (Fraxinus parvifolia y F. excelsior), olmo (Ulmus minor) y muchos arbustos de quejigal; entre las lianas cabe destacar algunos rosales gigantes y muy especialmente Clematis vitalba, con hiedra y las lianas herbáceas Tamus communis, Bryonia dioica. La zonación ribereña, de sargas junto al cauce actual, con chopo en los lugares menos removidos y la olmeda incipiente de los lugares más resguardados, como brazos muertos

Galán de la Campa

del río, puede representarse como una catena perpendicular al cauce. De varias catenas concretas ^(perfectas) puede deducirse el proceso de colonización de riberas, representándolo en una catena abstracta.

En los lugares ventosos de la Canal de Berdún, muy especialmente en los salientes que corresponden a estrechamientos del valle, encontramos un mosaico entre carrascal y quejigal, localizándose el segundo en las pequeñas depresiones con más suelo de la terraza antigua. En Berdún pueden estudiarse los campos actuales, con rastros y eriales recientes, pastos antiguos, con la serie de matorrales que conducen de nuevo al bosque. En los crestones secos y ventosos de los montes poco altos (800-1100 m.) podemos observar carrascales en los que abundan las plantas heliófilas; esto nos indica que dichos bosquetes han sido siempre claros, porque de otra forma las geófitas heliófilas no habrían persistido.

Podríamos citar a los manantiales, con plantas sumergidas, juncos en los que aparece Silaum pratense, con Teucrium scordioides y Mentha aquatica, bordeados de una vegetación higrófila de Carex ssp., juncos variados y Phragmites. Cuando se forma toba caliza es frecuente encontrar la Molinia caerulea, junto con Schoenus nigricans y rara vez Pinguicula vulgaris. La orla exterior de dichos humedales está formada por un "Deschampsion mediac" en el que aparece como muy característica Achillea ageratum, acompañada casi siempre de Prunella hyssopifolia.

El romeral nunca está bien caracterizado, pero en algunos cabezos muy secos, aparece Coris monspeliensis, con Stachelina dubia, Fumana ericoides, Helianthemum gr. polifolium, que se aproximan a una comunidad perteneciente al "Rosmarino-Ericion". En el resto predomina el "Aphyllanthion" formando los complejos antes citados.

Series del piso montano alto.- Cabe distinguir dos ambientes fundamentales, bien representados en la Jacetania y otros mucho más locales a lo que nos referiremos a continuación.

El pinar musgoso sustituye al quejigal y ocupa el lugar del roble noble (Quercus petraea), haciendo al paso al abetal con haya. A partir de los 1000 m. se localiza en las umbrías y hacia los 1400-1700 m. en las solanas, dejando para el abetal los suelos más profundos y frescos a partir de los 1100 m. aproximadamente. En esta zona escasean los cultivos, con predominio del prado de guadaña pastado a fin de invierno y segado al iniciarse el verano. El ganado aprovecha dichos prados al bajar de la montaña, estercolándolos en otoño hasta que los encierran en invierno.

Los prados montanos están rodeados de setos correspondientes al borde espinoso del pinar musgoso, que penetra en los más descuidados y permite conocer las etapas de la serie evolutiva hacia dicho pinar.

Es posible por lo tanto representar catenas en las que se vean dichas etapas e interpretar correctamente su evolución. El boj penetra pronto en los prados abandonados y con él el pino; finalmente los musgos forman como una esponja esencial para la estabilidad del pinar.

En las partes más frescas, con suelo más profundo y agua freática suplementaria, se desarrolla la verdadera climax, el abetal con hayas. Los prados se mantienen verdes todo el verano y podrían segar-se dos veces seguidas, en sus setos predominan grandes umbelíferas (Anthriscus silvestris, Heracleum ssp., Pastinaca sativa) Malva moschata, Sambucus ebulus y otras hierbas jugosas de la orla herbácea del abetal. En los claros del bosque aparecen pinos, pero mueren antes de los 30 años, sofocados por hayas y abetos de crecimiento más rápido; también en dichos claros aparecen abedules, temblones y avellanos, junto con el illón (Acer opalus) y mostajos (Sorbus aria, S. mougeotii). Bajo este tipo de bosque mixto priserial, aparece pronto el haya con abetos que al final dominarán.

Sólo al pie de grandes riscos, con piedemonte húmedo por los manantiales de media ladera y el agua que colecta dicho cantil, aparece el bosque mixto en comunidad permanente y muy interesante. En el Monasterio Viejo de San Juan de la Peña podrán estudiarlo, así como el último día junto a los cantiles del Peña Forca, en Hecho y antes de penetrar en la llamada Boca del Infierno que conduce al paraíso de la Selva de Oza.

Series del piso subalpino y oromediterráneo.— Ya hemos dicho algo anteriormente. En el verdadero subalpino no hay cultivos y escasean los prados que suelen presentarse cuajados de grandes hierbas jugosas; las aguas de fusión de nieve, muy frías en primavera, determinan dicho predominio de Ranunculáceas, Umbelíferas y Compuestas, junto con Polygonum bistorta, grandes Rumex, etc. Los setos están formados por la orla del bosque subalpino mezclada con grandes hierbas.

Los cortados del pinar subalpino suelen estar plagados de grandes hierbas (megaforbios) como Adenostyles, Veratrum, Digitalis, Aconitum, etc., junto con arbolitos priseriales; Betula ssp., Sambucus racemosa, Sorbus aucuparia, etc. Al final la climax es de Pinus uncinata, con matorral de rododendro que cubre otro más bajo de arándanos (Vaccinium myrtillus); cualquier accidente provocado por caída de piedras, un manantial, aludes, etc., permite la entrada de grandes hierbas y el pasto que forma mosaicos con el bosque climax. En la solana ya hemos dicho que cambia la comunidad vegetal y se aproxima al pinar oromediterráneo.

Los pinares oromediterráneos, suelen encontrarse bastante típicos y formando comunidad permanente en los cantiles abruptos de la Jacetania occidental (parte del valle de Tena, Canfranc, Aisa, Hecho, Ansó y Belagua del Roncal), con matas de origen mediterráneo y mucha Festuca scoparia. El pasto duro de Festuca scoparia probablemente

Selva de Oza

evoluciona hacia un tipo de pinar oromediterráneo, pero por pastoreo multiseccular es difícil poder ver buenos ejemplos. Junto a la carretera de Blancas estudiarán este complejo de pasto y pinar incipiente.

Series de piso alpino.- Los circos glaciares suelen presentarse rodeados de cantiles casi verticales con gleras de piedemonte muy inestables. Las comunidades fijadoras de glera pronto dejan paso a las dos Festuca dominantes (F. scoparia y F. eskia), muy resistentes a la soliflucción y a los cortos períodos secos. Sus comunidades evolucionan hacia varios tipos de cervunal (Nardus stricta y Trifolium alpinum) en los pequeños rellanos menos removidos por la helada y deshielo del suelo. Junto a los neveros aparecen orlas de plantas calcícolas resistentes a la innivación prolongada, siendo acaso la más característica el Horminum pyrenaicum, que con Primula intricata y Soldanella alpina, preparan la entrada directamente del cervunal.

En todas partes podríamos reseñar las comunidades fontinales y las que bordean dichos manantiales, las colonizadoras de bordes de charcas e ibones, las de cantiles y sus rellanos en forma de cornisas suspendidas, verdaderos jardines de Babilonia; se trata de unos detalles que pueden contribuir a definir mejor los ambientes, pero que rebasan la finalidad que ahora pretendemos. Lo dicho basta para que puedan interpretar fácilmente las catenas fundamentales, con sus telas más representativas.

7) MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO FITOTOPOGRÁFICO

Análisis de fotogramas y su objeto.- La fotografía aérea constituye una herramienta muy valiosa para el estudio fitotopográfico. Como hemos visto en páginas anteriores (capítulo 5), los fotogramas permiten reducir en gran parte el trabajo de campo, aumentando considerablemente su eficiencia, al dirigir el muestreo en zonas previamente determinadas y según itinerarios también fijados de antemano. Por otra parte proporcionan una visión más compendiosa del paisaje, permitiendo captar las grandes unidades con mayor facilidad que en el propio terreno, no en valde se dice: "los árboles no dejan ver el bosque".

Los distintos tipos de fotografías que pueden obtenerse de un paisaje se clasifican de diversas maneras. Por el ángulo de toma, se consideran fotografías verticales cuando el ángulo comprendido entre el eje óptico y la vertical es menor de 3°, y oblicuas cuando es mayor; las tomas efectuadas desde tierra se consideran horizontales. Por el tipo de película, las fotografías más utilizadas son en blanco y negro, pero también se realizan tomas con película color, útiles para

destacar ciertos aspectos de la vegetación y los suelos, o con película sensible al infrarrojo, con lo cual resaltan mucho las porciones ricas en agua que absorben más energía en la región de onda larga del espectro, así se distinguen, por ejemplo los bosques de coníferas (tonos claros) de los hayedos (tonos oscuros).

En general las mayores garantías de estabilidad se obtienen con el blanco y negro, por lo que es interesante servirse de este tipo de fotogramas incluso cuando se trabaja con misiones a color o infrarrojo, principalmente porque la comparación de ambos tipos, incrementa en gran manera la información que puede obtenerse de las fotografías. Al estudiar los fotogramas hay que tener presente que estos no representan una proyección plana del paisaje, sino cónica, y que por tanto todas las imágenes, excepto las situadas estrictamente en el eje óptico, presentan una distorsión más o menos grande según lo alejadas que se encuentren del centro. Por eso en los bordes de la fotografía pueden verse los objetos como estirados a lo largo de los radios que parten del centro, o punto por donde pasa el eje óptico.

Las fotografías verticales se toman con instrumentos especiales desde avión, de manera que cada una se solape o superponga un 60% con la siguiente. Gracias a este procedimiento, cualquier punto del paisaje captado se halla representado por lo menos en dos fotogramas contiguos. La observación de estos fotogramas por pares contiguos con un instrumento adecuado (estereoscopio) permite reunir ambas imágenes de una misma realidad tomadas desde puntos de vista distintos en una sola sensación y por tanto producir la impresión de relieve. Como la separación de los puntos en que se han tomado los fotogramas contiguos es de varios cientos de metros, frente a los escasos centímetros a que se encuentran separados nuestros ojos, la sensación de relieve que se obtiene al observar este tipo de fotogramas, es mucho mayor que si observáramos realmente el paisaje desde el avión.

Cada fotograma lleva en el margen una serie de informaciones imprescindibles cuando se trata de realizar mediciones en él; tales como el número de orden, la hora y la fecha (para orientar la fotografía con precisión), la altura de vuelo y la distancia focal de la lente utilizada (para calcular la escala con exactitud), así como unas muescas laterales con las que puede determinarse la posición del punto central.

Las fotografías de una determinada región pueden unirse suprimiendo las porciones comunes e incluso conservando las escalas horizontales, con lo que se obtienen los llamados mosaicos, de gran utilidad cuando se trata de obtener una visión conjunta de una región muy amplia.

La escala de los fotogramas verticales suele oscilar entre 1/15.000 y 1/30.000, aunque para fines más detallados se utilizan también las escalas 1/5.000 y 1/10.000. Estas últimas tienen el inconveniente de que con frecuencia es difícil localizar los fotogramas en el plano to-

pográfico, debido a la ausencia de puntos de referencia. Las fotografías son siempre copias de contacto, y todas las variaciones de escala deben realizarse modificando la relación $\frac{\text{distancia focal}}{\text{altura de vuelo}}$; las ampliaciones no consiguen aumentar el detalle, que en realidad se halla controlado por el grano de la película.

En la práctica el análisis de los objetos, o manchas que aparecen en la fotografía, deberá tener en cuenta los siguientes aspectos, todos los cuales constituyen atributos muy útiles a la hora de interpretar y clasificar las imágenes fotográficas. En primer lugar es aconsejable fijarse en la forma o perímetro, luego en la estructura o microrrelieve que aparece en su interior, a continuación interesa observar las sombras, tanto las que se forman en el "techo" del objeto, como las proyectadas por él en el suelo; es también importante fijarse en el relieve total del objeto (distinguir árboles de arbustos, por ejemplo) y por último hay que estudiar el tono que presenta el techo, si bien esta última cualidad hay que tratarla con mucha precaución, pues el tono puede variar no sólo con el objeto, sino con la hora del día, condiciones meteorológicas, exposición, etc.

Nos hemos abstenido deliberadamente de pormenorizar los detalles de observación y montaje de los fotogramas, porque creemos que las prácticas realizadas a lo largo del curso, proporcionarán al alumno más información que todas las explicaciones que ahora pudiéramos dar. Interesa no obstante destacar que para obtener una mejor primaria visión de cualquier fotograma (sin visión estereoscópica) debe mirarse en territorios boreales al revés que los mapas, es decir de N a S y no de S a N.

Toma de datos en el campo, inventarios o listas y su ordenación. Este tema debe desarrollarse en clase práctica, pero ahora vamos a dar una ligera idea de lo que debe tenerse en cuenta al salir al campo para observar directamente la vegetación.

Ante todo conviene reconocer la sucesión ordenada de teselas en catenas como las descritas anteriormente, juzgar sobre su estado evolutivo e intentar definir sus unidades de vegetación o teselas.

Para definir una comunidad vegetal el método más exacto entre los utilizados normalmente es el de recurrir al inventario de sus elementos constituyentes, dando cifras de abundancia-dominancia y sociabilidad. Algunas veces la comunidad es fragmentaria, poco completa o se presenta con individuos irreconocibles (geófitas pasadas, anuales secas, etc.); en este caso es preferible dar una buena lista y añadir algunos datos sobre abundancia estimada por medio de letras. Conviene distinguir bien los inventarios que siempre deben ser completos y las listas que pueden ser fragmentarias, orientadoras. Un mal inventario podría inducirnos a error al intentar conocer el tipo de comunidad a través de los inventarios levantados e incompletos; las listas se manejan ya con más precaución.

Al tomar un inventario debe buscarse ante todo la homogeneidad, de suerte que cada fragmento del área estudiada sea semejante a los demás, sin grandes variaciones en sus plantas fundamentales. Con un poco de práctica se aprecia rápidamente la homogeneidad. Muchas veces la homogeneidad se distribuye en forma reticular, o en mosaico, pero sus elementos homogéneos se repiten de manera casi monótona. En algunos casos convendrá describir estas variaciones, para llegar a conocer la causa o las causas que la determinan.

Por ejemplo en el pasto de "Aphyllanthion" jacetano se aprecian pequeñas depresiones con Plantago serpentina, Jasonia tuberosa, Cirsium acaule y algunas veces Deschampsia media. Son dos comunidades distintas en mosaico, muchas veces formadas por teselas elementales muy pequeñas, pero que se repiten con uniformidad, produciendo la sensación de tratarse de una comunidad vegetal homogénea. Un estudio detallado, ampliando el área reconocida, permitirá poner de manifiesto dichas heterogeneidades reiterativas.

Otro ejemplo lo proporciona el "Bromion" de Hecho, hacia la Boca del Infierno, con pequeños enclaves de Poa bulbosa, a la que acompañan especies anuales, algunas calcífugas. En primavera puede verse amarilla la Poa bulbosa y verde el pasto normal; un ligero estudio del suelo pondrá de manifiesto la existencia de rocas casi a flor de tierra y precisamente bajo los rodales de Poa bulbosa. Un inventario tomado a la ligera, sin las debidas precauciones, mezclaría dos tipos de pasto pertenecientes a divisiones distintas de la jerarquía fitosociológica. El inventario híbrido no podría decirnos nada y desorientaría al pretender generalizar el resultado de varios inventarios.

El complejo mencionado últimamente debe describirse analizando pequeñas superficies correspondientes a Poa bulbosa con otras anuales calcífugas, en número suficiente para dar el área mínima, la que una vez sobrepasada apenas aporta nuevas especies de dicho temperamento ecológico. Por otra parte se analiza el pasto normal, formado por plantas cespitosas, perennes y verdes al llegar el verano. En un mismo prado se obtienen así, dos inventarios que corresponden a tipos de vegetación completamente distintos.

Para el estudio ecológico de dicho prado, es muy útil el fitotopográfico detallado, con una microcatena que corte la ecotonía entre pasto efímero y pasto perenne, distinguiendo la microcomunidad con menos suelo, las de paso y finalmente el pasto de "Bromion" típico. El análisis del suelo debe realizarse igual, dibujando el perfil de su profundidad, con lo que tendremos suficientes elementos para juzgar sobre los aspectos fundamentales ecológicos del prado mencionado.

Integración de resultados.- Ante todo conviene definir bien las comunidades típicas de cada tesela. La reunión de muchos inventarios fitosociológicos en una tabla, permite reconocer sus especies características; para ello se tienen en cuenta todos los trabajos fitosocio-

-44-

lógicos de regiones parecidas y se ordenan las especies de acuerdo con su significado fitosociológico. Se deben realizar algunos trabajos prácticos en este sentido.

Descritas las teselas fundamentales, conviene completar la catena interpretando las etapas de sustitución, o series principales de cada tipo de vegetación estable. Con estudios microtopográficos como el mencionado del prado seco cheso, podemos poner de manifiesto las heterogeneidades debidas a distintas etapas evolutivas o a la heterogeneidad del medio. Finalmente pueden trazarse las catenas de comunidades permanentes y si es preciso las de sus etapas evolutivas principales.

Representación de las catenas fundamentales.- Ya hemos dicho que se utilizan perfiles similares a los geológicos y a los edafológicos; es más, parece recomendable superponerlos en el esquema o perfil, de suerte que se pueda relacionar la catena fitotopográfica con peculiaridades del subsuelo y suelo. Para las relaciones con climas locales interesa orientar el perfil o catena; si es posible se elige la dirección N-S, estudiando valles dirigidos de E a W o viceversa, para contrastar al máximo los efectos de solana y umbría. Si al representar el suelo se hace a escala convenientemente ampliada, es posible relacionar las variaciones de la vegetación con la profundidad del mismo. Si existen piedemontes potentes, con escorrentía freática, la vegetación traducirá fielmente dichas disponibilidades hídricas superiores a las normales. Si el suelo es muy delgado, como en las morrenas sobre grandes cantos subterráneos, aparecerán heterogeneidades debidas precisamente a la menor disponibilidad hídrica, como la de los enclaves de Poa bulbosa en el prado cheso repetidamente mencionado.

Es así imposible un estudio ecológico del ambiente vegetal y menos aún la interpretación correcta del paisaje, sin recurrir al estudio detallado de catenas fitotopográficas adecuadas para el estudio de la variabilidad ambiental.

Las posibilidades del método son inmensas, permiten describir cualquier tipo de zonación, todas las zonaciones tanto climáticas como edáficas y las acciones zooantropógenas, con las etapas de recuperación serial hacia las comunidades permanentes o las climax.

Vean cómo consideramos a la catena fundamental, a la que representa la sucesión topográfica de comunidades estables (climax o permanentes) y a las más especializadas para el estudio de comunidades de sustitución (etapas iniciales o avanzadas de cada serie) o para la interpretación de gradientes ecológicos, generalmente de tipo edáfico.

Los mapas de vegetación.- A las escalas normales de 1:50.000 hasta 1:200.000, no puede representarse el detalle de todas las comu-

nidades que pueden distinguirse. La representación de comunidades (fitocenosis) dificulta la interpretación global del paisaje y se reserva para grandes escalas (1:5.000 a 1:10.000, máximo 1:25.000) con estudios muy especializados; estos mapas de fitocenosis reciben el nombre de mapas fitosociológicos.

En el estudio de la vegetación debe representarse con claridad cada tipo de paisaje, el que corresponde a las teselas fundamentales que acabamos de describir. Sobre los colores fundamentales de cada comunidad estable, pueden representarse los paisajes muy extendidos debidos a un tipo de acción humana muy típica del país, con comunidades seriales de sustitución; en el caso de la Jacetania los bujedos con pasto pobre. Finalmente los detalles de comunidades muy influidas por el hombre o los animales, como cultivos y algunos tipos de pasto, pueden representarse por sobrecargas en negro. Las mezclas de dos tipos de paisaje fundamentales suelen representarse por medio de bandas con el color de cada una y anchuras relacionadas con su extensión relativa.

En la memoria suelen describirse las catenas más típicas, las que permiten conocer algunos detalles sobre la distribución de pequeñas comunidades que forman complejos con las más extendidas (cantiles, repisas de los mismos, gleras, matorrales colonizadores de gleras, riberas, etc.); como las catenas se repiten en grandes zonas, su estudio mediante perfiles permite interpretar mejor los datos aportados por el mapa.

Estos mapas fitotopográficos, que representan el paisaje natural y el intervenido por el hombre, se realizan estudiando las catenas fundamentales, las de sustitución, y pequeñas catenas en las ecotonías para estudio de las zonaciones fundamentales (riberas de río, lagos, heterogeneidades más frecuentes). El estudio fitosociológico de cada comunidad permite describir los distintos tipos complejos, destinando a cada uno las mezclas de los colores fundamentales, los pertenecientes a las comunidades más estables. Finalmente en negro se dan los detalles que ilustran sobre peculiaridades de los cultivos y pastos extensos no incluidos en los colores fundamentales ni en los complejos de los mismos.

Conocidos los elementos del paisaje vegetal, la fotografía aérea permite dibujar los contornos de cada tesela fundamental y los de sus etapas de sustitución cuando son lo suficientemente grandes para poderlas representar a la escala elegida.

Una adecuada elección de colores, de tramas para los complejos, de motitas en color para unidades muy pequeñas, de sobrecargas en negro para los detalles de utilización humana y con números para situar las especies aisladas muy significativas (megaendémicas, buenas indicadores ecológicos extraordinariamente localizadas, etc.), permite representar con claridad todo lo fundamental junto con los detalles más

significativos.

El estudio de las catenas fundamentales y el de algunas de gran significado ecológico, permitirá interpretar correctamente los complejos cartografiados, aumentando la utilidad del mapa fitotopográfico.

Se comprende que un mapa de este tipo, bien realizado, con interpretación lógica de los complejos de vegetación, será utilísimo para los estudios agrrobiológicos, permitiendo la realización de mapas edafológicos y climáticos más perfectos que los actuales. Las plantas y muy especialmente sus comunidades, son indicadores ecológicos de primer orden. Su estudio resulta útil y al mismo tiempo apasionante.

- 1960. - La transición entre la Depresión del Ebro y las Pirineas en el aspecto geobotánico. An. I. Bot.
A. J. Cavarielles 18: 199-254. Madrid.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BOLÓS, Oriol de - 1963.- Botánica y Geografía. Mem. R. Ac. Ciencias y Artes de Barcelona, 34 (14): 443-491. Barcelona.
- (2) " " 1968.- Tabula vegetationis. Europaea occidentalis. Acta Geobotánica, Barcinonensia, 3: 5-8. Barcelona, Fac. Ciencias.
- (3) BRAUN-BLANQUET, J., 1948.- La végétation alpine des Pyrénées Orientales. Mon. de la E. de Estudios Pirenaicos, nº 9, Barcelona.
- (4) " " 1966-1967.- Vegetationsskizzen aus dem Baskenland mit Ausblicken auf das weitere Ibero-Atlantikum Vegetatio 13 (3) y 14 (1-4): 1-126. La Haya.
- (5) CHRISTIAN, C.S., 1968.- Methodology of integrated surveys. Aerial surveys and integrated studies. Natural resources research 6. 233-281. UNESCO, París.
- (6) GOUNOT, M., 1969.- Methodes d'étude quantitative de la végétation. Masson, París.
- (7) KUBIENA, W.L., 1952.- Claves sistematísticas de suelos. C.S.I.C. 388 pp. con numerosas láminas en color. Madrid.
- (8) MONTSERRAT, P., 1964.- Fitotopografía. Ann. Edaf. Agrobiol. 23 (3-4): 285-292. Madrid.

- (9) MONTSERRAT. P., 1968.- Los hayedos navarros. Collect. Bot. 7 (2): 845-893. Barcelona.
- (10) " " " Pastos orófitos del Pirineo occidental español. Pirineos, 79-80: 181-200.
- (11) RIVAS MARTÍNEZ. S., 1964.- Esquema de la vegetación potencial y su correspondencia con los suelos en la España peninsular. Ann. I. A. J. Cavanilles, 22: 343-405. Madrid.

