

## **SUGERENCIAS DE LOS DATOS PROPORCIONADOS POR LA ZOOGEOGRAFIA Y LA FENOLOGIA EN LA ORDENACION DEL TERRITORIO\***

Enrique BALCELLS ROCAMORA  
Instituto Pirenaico de Ecología

**Sumario:** Preámbulo.- Zoogeografía, sus matices y relación con otras Ciencias.- El estudio de las áreas de distribución de las especies.- Algunos aspectos de Zoogeografía ecológica abordados.- Las observaciones fenológicas como indicadores de la evolución estacional del clima local.- El interés de los datos fenológicos ante la ordenación del territorio.

### **PREAMBULO**

Ante todo agradezco el título inmerecido, con el que me ha sorprendido la Universidad de Zaragoza, honrándome a petición de su prestigiosa Facultad de Filosofía y Letras.

No podía suponer que el obligado esfuerzo por el cumplimiento simple del deber profesional, dentro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pero en buena medida desarrollado en amable territorio aragonés de acogida, pudiera repercutir en tan elevadas muestras de cordialidad y afecto. Parece obligado recordar que, precisamente la referida labor desarrollada, durante las últimas tres décadas, se ha realizado en el contexto del esfuerzo científico, organizativo y previo de un aragonés ilustre, cual fue, José María de Albarece, formado en la misma Universidad que hoy nos acoge.

En dicha promoción científica, transcurrida durante los últimos cincuenta años, me precedieron otros profesores, siendo numerosos los de esta misma casa y, si bien he dedicado ya al

---

\* Estudio elaborado con motivo de la investidura, como Doctor Honoris Causa por la Universidad de Zaragoza, el 16 de mayo de 1991. Instituto Pirenaico de Ecología. Jaca (Huesca).

relato de su labor, estudios ya publicados y en curso<sup>1</sup>, me parece imprescindible recordarlo, siquiera brevemente, aquí y ahora.

En 1963, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas -dos años antes del fallecimiento de Albareda-, promovía el Centro Pirenaico de Biología experimental, cuya estación principal debía radicar en Jaca y suponía el primer instituto científico dedicado a Ecología de Montaña. Fue entonces, uno de los dos centros de investigación, presentados como aportación española tangible, al Programa Biológico Internacional de Ciencias Biológicas, gozando del apoyo de UNESCO y más tarde, importante precedente de otros programas a nivel "gubernamental", entre los que descuellan MAB/UNESCO y PNUMA, este último organizado por las Naciones Unidas, considerando la problemática del medio, a nivel mundial. La labor desarrollada por aquella institución y su continuidad en la del Instituto Pirenaico de Ecología (1983), es todavía reciente y conocida y además hoy, pese a su calificación, se extiende a otras montañas, tanto españolas como foráneas.

Sólo cinco años más tarde, en 1968, el mismo Consejo, me adjudicó proseguir la labor del Instituto de Estudios Pirenaicos. Organismo fundado, también por el repetido C.S. de I.C. en 1942, con misión multidisciplinar -quizás adelantándose veinticinco años a la divulgación de tal calificativo-, donde convergían por primera vez, muy diversas líneas, tanto integradas en las Ciencias Naturales como de Humanidades.

El Instituto de E.P., de carácter coordinador, se dedicaba a considerar, con cierta amplitud y genéricamente, el territorio de nuestra Cordillera fronteriza; se apoyaba principalmente, en las dos universidades más antiguas del NE español, Barcelona y Zaragoza, donde sendos profesores se distribuían su dirección. Cabe recordar aquí, la labor de Luis Solé Sabarís desde Barcelona y sobre todo la de José Manuel Casas Torres, desde la Facultad de Letras de la Universidad que nos acoge. A través de su cátedra de Geografía, Casas Torres dedicaba sus esfuerzos a modernizar la investigación geográfica en España, en aquellos momentos en fase casi inicial y necesitaba de creación de escuelas, pero, dicha tarea con resultados tangibles, no le impidió cuidar de la edición de la revista

---

<sup>1</sup> V. *Pirineos* 110, 55-94. *Acta Geológica Hispánica*, 14, 32-38 y en curso de publicación, conceptos: "Pirineos" e "Instituto de Estudios Pirenaicos" en *Diccionario Etnológico de España*, dirigido por J. Caro-Baroja.

*Pirineos*, de la creación de la Unión Internacional de Estudios Pirenaicos y paralelamente, atender y coordinar la promoción de la investigación pirenaica, cuyos resultados constan en el centenar de monografías paralelas que el Instituto editó en el período anterior a 1968, colaborando a ello numerosa representación científica española y francesa, recordada pertinentemente, en los estudios anteriormente aludidos.

La herencia de labor científica que se me adjudicó, unida a la promoción del centro fundado en 1963, en un momento de déficit de profesionales de las Ciencias Naturales (solamente en dos universidades españolas se formaban geólogos y biólogos en la década de los sesenta, sin duda magro vivero para ulterior especialización de ecólogos, careciendo de cátedras dotadas para dicha materia), el carácter imprescindible de la especialización que ambas instituciones suponían y, como contraste, el elevado nivel alcanzado por la Ecología marina, a cargo del instituto fundado por mi maestro el prof. García del Cid, con el apoyo cooperativo de Margalef, pueden dar una idea de dos cosas: la complejidad de mi tarea, que sólo pude cumplir en muy pequeña parte, pese al esfuerzo de mis colaboradores y, el bloqueo de mi dedicación a la Ciencia Zoológica, durante los veinticinco años que duró mi labor de gestión y, 25 años -como decía irónicamente en cierta ocasión un amigo suizo, en un acto universitario parejo-, es "casi" un cuarto de siglo.

Entiendo no obstante que el selecto público que debe escucharme, ante mi promoción al honor de doctor, espera algo más de mi exposición que un simple relato histórico de tareas administrativas, organizativas y de representación nacional e internacional, que de todo hubo.

Por otro lado conozco muy bien al equipo en cuyo seno se ha gestado la promoción de mi candidatura, Departamento, el de Geografía y Ordenación del Territorio, que me ha honrado en ocasiones, solicitando afectuosamente mi colaboración a impartir enseñanza. Intento así, elaborar una aportación sintética de aquellos aspectos, abordados por mí, como zoólogo, manteniendo interés geográfico en parte y en el resto sugerente, al tener en cuenta numerosos detalles en la investigación de los recursos geofísicos, como apoyo a problemas de ordenación del territorio.

## ZOOGEOGRAFIA, SUS MATICES Y SU RELACION CON OTRAS CIENCIAS BIOLÓGICAS.

Cabría definir la Zoogeografía, como una parte de la Biogeografía, que estudia las características faunísticas de paisajes y regiones, la evolución y dinámica actual de las áreas de distribución de los animales y sus relaciones recíprocas entre dichas áreas y la especie humana; sobre todo lo último acentuado en tiempos recientes. Esencialmente, por lo tanto, la Zoogeografía establece un puente entre la Zoología y la Geografía.

La presencia de un animal en cualquier lugar obedecería a tres causas fundamentales: históricas, ecológicas y las debidas a sus recursos genéticos.

De forma ya clásica en los últimos cincuenta años, cabe considerar el apoyo prestado por la Ecología y la Zoogeografía al estudio de la Evolución de la vida animal en nuestro planeta. De hecho las tres ramas de la Ciencia constituyen un conjunto inseparable y sugerente apoyo para el debido progreso en el campo de cada una de ellas. Como indicaba ya Margalef en 1959, dichas tres materias vienen a ser los tres vértices de un triángulo en el que se encierra lo más interesante que puede enseñarnos el estudio de los organismos a "cielo abierto", es decir en sus reales condiciones de vida. Cuando así ocurre, están sometidos a una constelación de circunstancias que, muchas veces, se deforma y simplifica en exceso, tan pronto como las estudiamos en el laboratorio.

Convendría además advertir, que tal constelación de factores ambientales no se refiere en exclusiva a los geofísicos -a cuyo estudio de incidencia he dedicado atención preferente en mi vida científica-, sino a todos, químicos incluidos y los bióticos, o sea, en este último caso, la relación entre las especies.

Siguiendo brevemente a MÜLLER, cabe considerar tres tipos distintos de Bio o Zoogeografía: la *descriptiva*, la *causal* y la *aplicada* (esta última de origen relativamente reciente). Sin embargo los tres conceptos, al considerar, a su vez, sus distintos matices, son materias que se imbrican.

1.- *La Zoogeografía descriptiva* : trata de ordenar la compleja diversidad de los fenómenos que rigen la vida animal.

Se apoya en la *Corología*, que estudia las áreas geográficas de distribución de los organismos; recibe también el nombre de Geonemia y, en definitiva, es la parte más necesaria de la biogeografía, pese a su menor atractivo intelectual (MARGALEF 1974). *Faunística*, en definitiva inventario de especies; *Zoogeografía sistemática*, referida a las categorías animales más amplias, y la *Zoogeografía biocenótica* que estudia la distribución dinámica de los animales en las comunidades o sea las partes vivas que constituyen los ecosistemas. De hecho, cuando hay equilibrio biocenótico con el medio, pese a que los animales en muchos casos se sustituyen unos a otros, lo hacen sin alterar su homeostasis<sup>2</sup>. La Zoogeografía biocenótica se ocuparía así también, de esclarecer la estructura, variaciones, estabilidad y distribución de los animales de cada biocenosis.

2.- *La Zoogeografía causal*, como indicaría su nombre, intentaría explicar el porqué de la distribución. En cambio, las materias hasta ahora reseñadas se mantendrían en rango descriptivo. Dentro de la Zoogeografía causal cabría sí, diferenciar tres modalidades:

2.A. Una primera de ellas estudiaría la valencia ecológica del taxón (especie, subespecie o población), atendiendo a la costelación de factores ambientales antes referida, determinando su área de distribución. De hecho podría confundirse con su autoecología o ecofisiología. Explicaría así, la distribución de los animales considerando sus relaciones con el entorno, incluido el biótico. Recibiría el calificativo de *Zoogeografía ecológica*.

2.B. *Zoogeografía histórica*: trataría de hallar explicación a las actuales áreas de distribución a la luz de lo conocido, sobre el origen y la evolución de organismos animales y paisajes. Tales estudios requieren sustentarse en datos paleoclimáticos y paleológicos, de mucho mejor apoyo que el referido a otros recursos más especulativos, cual la justificación utópica de "puentes continentales". De hecho equivaldría a considerar la Ecología de épocas pasadas.

Los resultados de ambas especialidades no se oponen entre sí. Ambos enfoques resultan necesarios para comprender las causas de la actual distribución de los animales vivientes.

---

<sup>2</sup> ... o "capacidad de regulación dentro de unos cánones de estabilidad que pueden recuperarse si se pierden temporalmente por acciones externas y con apoyo en mecanismos internos al ecosistema y siempre que dichas acciones no sean drásticas"

2.C. *La Zoogeografía experimental*, cuidaría del desarrollo de métodos empíricos para analizar datos concretos de distribución y del esclarecimiento predictivo de las posibilidades de dispersión pasiva de los organismos, manifestando así relaciones con la Corología descriptiva, pero también contribuyendo al conocimiento de la "valencia ecológica".

3.- En cuanto a la *Zoogeografía aplicada*, se la juzga hoy de descuidada y, con la experimental, se las calificaría a las dos de más modernas. La aplicación se apoyaría en buena parte, en la causal, en la experimental y en la predictiva y su desarrollo sería de interés para el hombre. Acentuaría así, la consideración de:

- las especies parásitas directas (=geomedicina),
  - los vectores de enfermedades,
  - especies de importancia económica, incluido el proceso de domesticación y el estudio de las plagas,
  - atendería al estudio de los indicadores de contaminación,
- e incluiría:
- a la distribución de los organismos en el medio urbano.

Ante los tres grandes grupos diferenciados (descriptiva, causal y aplicada), solamente los dos primeros ofrecen métodos adecuados característicos y cuerpo doctrinal propio. La última, se apoya fundamentalmente en distintos matices de las dos primeras y sólo se diferencia de ellas en la finalidad de los resultados y objetivos que se pretenden.

No obstante, cabe destacar de nuevo que unas y otras materias se imbrican en cuanto a fines, orientaciones y resultados. En buena medida, mi actividad investigadora y primeras fases en tiempo antiguo, corresponderían al ámbito de la Zoogeografía aplicada. Me apoyé sobre todo en métodos corológicos, pero sin perder de vista el trasfondo causal, las observaciones ecológicas de campo y los contrastes con datos experimentales y de laboratorio. Son precisamente los mencionados últimos aspectos, aquellos que me han conducido a ocuparme de problemas fenológicos, apoyando y sugiriendo atención detallada al estudio de los recursos geofísicos, como útil telón de fondo, ante problemas de ordenación y gestión territorial.

## EL ESTUDIO DE LAS AREAS DE DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES.

Cuando mediada la década de los cuarenta inicié mis tareas investigadoras, lo hice influido por las inquietudes promotoras de nuestra profesión de biólogo, entonces de desarrollo incipiente y de interés poco reconocido, sobre todo en sus vertientes de aplicación. Me interesé así, en un tema que entraba de lleno en los objetivos de la Zoogeografía aplicada, cual el problema de la delimitación de las áreas de dispersión potencial de ciertas especies, capaces de manifestarse en plaga y, por lo tanto, destacando su interés en predecir los territorios de otros continentes, susceptibles de acogerlas y de su ulterior prosperidad, dada la plasticidad de los recursos genéticos propios de tales taxones.

La importancia económica del tema mantenía amargos precedentes, datando ya de fines del siglo pasado, pero habiendo confirmado todo su interés sucesivo, durante las primeras décadas del presente. Cabe adjudicar las causas de dicha problemática a dos aspectos del progreso tecnológico: a. La simplificación drástica de los ecosistemas autóctonos, climax, sustituidos en el espacio por la uniformidad del régimen de cultivos en grandes extensiones, representando etapas de la sucesión ecológica sumamente inmaduras. b. Posibilidades de contagio y dispersión, animadas por el transporte y los intercambios mercantiles intercontinentales, creciendo a gran ritmo.

Dichos riesgos, causando mayor impacto, no sólo los acrecentaba la plasticidad de las especies plaga, procedentes de países de clima variable y continental, mejor capacitado para mantener la heterogeneidad genética de los taxones, sino también de los países que los recibían, muchos de ellos jóvenes, con muy escasa historia colonizadora (zona templada de América del Norte) y aquellos otros además "vacíos" (Australia), refugio de especies antiguas y escasamente competitivas, con las importadas. A las características de las referidas especies aurícoras (=amplia distribución), el hombre facilitaba, no sólo su capacidad de prosperar, sino también los medios de dispersión intercontinentales.

Se sugirió así, que ciertas formas de Eurasia, mantenían capacidad superiores de dispersión e instalación que las de América del Norte, quizás debido a la existencia, en el Antiguo Continente, de más amplios territorios con clima oscilante y continental. Así los permitirían confirmar, ejemplos como la adaptación rápida del gorrión doméstico, el estornino, las ratas, los ratones caseros y la

misma carpa. Sin embargo, también cabe considerar espectaculares efectos en invasiones de sentido opuesto; causando agudos problemas y obligando a cambios drásticos en la utilización del territorio en el Antiguo Mundo. Importa aludir así, a la expansión de la *Phylloxera* de la vid, la rata almizclera en el sector central de nuestro continente y, sobre todo, el escarabajo de la patata, *Leptinotarse decemlineata*, especie que merece cierta atención. Originada en el centro diferenciador de especies de su género (localizado en las mesetas mejicanas de clima continental) y adaptada a la ingestión de la patata y otras solanáceas afines de huerta y gran cultivo, prosperó, invadió y progresó rápidamente, a través de las llanuras de E.E.U.U., con grandes y uniformes espacios dedicados al cultivo extensivo de la referida planta, a una velocidad promedio calculada de 70 km/año<sup>3</sup>. El transporte marítimo en una etapa crítica, le permitió penetrar en Europa a través de Burdeos y Aquitania en el transcurso de la Primera Guerra Mundial, llegando a la Península Ibérica, poco antes de la Guerra Civil, en los años treinta.

Todo ello permite ambientar la inquietud reinante en los servicios de defensa antiplagas en los años que se reseñan. Período feliz que tienta -parodiando a D. Quijote-, calificar no obstante de "aureo", puesto que la promoción de los ulteriores y eficaces pesticidas orgánicos se hallaba todavía "en mantillas". El control de las importaciones así, constituía la única logística preventiva, ante tales y posibles infestaciones explosivas. Descendiendo a lo anecdótico, cabe recordar el relato que con frecuencia contaba mi maestro el profesor Francisco García del Cid, sobre la drástica actuación de los servicios civiles en los aeropuertos norteamericanos, condenando al fuego inmediato, durante el desembarco, a los ramos de flores de despedida, con que se obsequiaba a las esposas de los visitantes ilustres que abandonaban Europa. Actuación estereotipada y así, todavía vigente.

Si, pese al referido cuidado, penetraba la plaga y se expandía, se asignaba a los biólogos una responsable misión: viajar al país de origen, a la búsqueda y captura de todos aquellos depredadores capaces de diezmar al agente en plaga y focalizar así, una etapa de lucha biológica (= "biological control").

---

<sup>3</sup> En realidad a la especie montañesa a que se adaptó fue a *Solanum rostratum* y se dispersó hacia el norte con ella. La invasión de la patata fue posterior, secundaria y espectacular. V. por ejemplo: BALCELLS, 1954.- Revista *Ibérica*, 279. Barcelona.



Dicho servicio se hallaba lleno de dificultades y solía mostrarse complejo, dado su carácter multidisciplinar y requiriendo investigación integrada. Por un lado resultaba dificultoso desarraigar a los depredadores, remitirlos en condiciones adecuadas para sobre vivir durante el viaje y lograr luego su adaptación a las condiciones simplificadas de cultivos extensivos en etapa ecológica de sucesión inmadura. En muchas ocasiones era imprescindible repetir la operación, hasta lograr que la población depredadora se "adaptara" al ciclo de la presa y lo hiciera "nadando y guardando la ropa"; es decir, que su eficacia en destruirla no fuera tal, que, en una temporada propicia eliminara casi toda la población depredada, atentando en contra de sus propios recursos de sobrevivencia. En otros casos, los depredadores, diezmando la plaga en origen, eran muchos y su sobrevivencia requería apoyo en biocenosis de mayor madurez (por ejemplo marginales a los cultivos) y por lo tanto, no improvisables ante la simplificación alcanzada en la monotonía paisajística del país de acogida.

Tuve la ocasión de cooperar a una de tales misiones promovida por los servicios agrarios australianos. Dirigida a la búsqueda y captura de la fauna que, en nuestro ámbito mediterráneo y xerófilo, depredaba una mala hierba ruderal, como el heliotropo europeo. Especie de gran tasa reproductora y bien conformada para resistir la sequía; que había "enriquecido" inadvertidamente, la flora de la faja isoclimática del vacío Novísimo Continente, creando un problema de dominancia y competitividad, en los campos abandonados y esteparios (BALCELLS 1952). Se producía así y una vez más, un problema semejante al derivado de la introducción del conejo, cuya expansión explosiva, no sólo deterioró el medio en su día, sino que amenazó la misma sobrevivencia del ornitorrinco.

Sea para prevenir invasiones de especies amenazantes, sea para ulteriormente, frenar sus perjuicios mediante introducción de agentes depredadores, el estudio de las áreas de distribución de las especies era un problema de básico interés a mediados de la presente centuria, por las causas expuestas; si bien, lo sigue siendo hoy, por otras muchas razones a las que convendrá referirse oportunamente. La metodología utilizada, forzosamente apoyada en cálculos cuantitativos, es distinta para cada objetivo, extensión del territorio considerado, escala empleada e información intensiva y extensiva suficiente de datos de presencia/ausencia de la especie que se estudia o de la biocenosis en que se halla integrada. Se considera no obstante, que la metodología entonces en boga, dió resultados aceptables y parece así de interés recordarla hoy.

El principal problema es corológico; estribaba en una selección certera de los parámetros limitantes y su ulterior representación cartográfica a escala adecuada, según fines y densidad informativa existente, no sólo del área del momento en un continente, sino también diseñar la potencial, intuyendo expansión de recursos similares en las restantes tierras; al primer aspecto de definir el área, se sumaba así, otro de predicción. Todo ello se apoyaba en las tres operaciones, siguientes:

A. Delimitación de las áreas continentales reales y propias del momento.

B. Intuir unos adecuados parámetros que definieran con ajuste aproximado y global, la totalidad del área, con ciertas garantías y apoyo en el cálculo de probabilidades.

C. Deducción ulterior de la zona potencial, extrapolando a otros continentes los límites hallados (=fajas isocondicionales) e incluyendo datos de incidencia en el hemisferio opuesto, ante la posibilidad de prosperar en fajas isocondicionales en el otro costado de la zona tórrida, alcanzando así una distribución final de tipo disyunto probable.

A. *Delimitación del espacio geográfico ocupado por una especie plaga.* Se apoya en información faunística previa, sobre posible presencia de la especie en un territorio más extenso que el de presumible ocupación, al menos en latitud. Valen así, igualmente los datos de presencia que los negativos de posible ausencia. En caso de que dicha información extensiva exista, lo certero de los resultados depende de la uniformidad de la prospección territorial. El logro de una información completa como la indicada, entraña ciertas dificultades; sobre todo cuando se trata de grupos poco vistosos, que no han gozado de la atención de coleccionistas cooperadores. Sus menciones resultan incompletas y casi siempre coinciden con la distribución geográfica de los investigadores, estudiosos del grupo. En otras ocasiones -incluso cuando se trata de grupos gozando de la popularidad prospectiva (aves, mariposas, caracoles)-, ocurre que las especies "vulgares" son las menos informadas y mencionadas, pues los coleccionistas "entienden" que no son merecedoras de registro preciso<sup>4</sup>. Claro está que, hasta cierto punto, el problema se simplifica cuando se trata de

---

<sup>4</sup> En mi encuesta a registros de museos europeos (v. BALCELLS 1954), con objeto de definir el área real de varios escarabajos crisomélidos y sus depredadores de tendencia eurócica, confiaba en 1946, con la obtención de un máximo de citas concretas, procedentes del museo de París. Sin embargo no fue así el resultado. Entonces, las colecciones de los museos no sólo carecían de informatización, sino que además, los más ricos precisamente, incorporaban de forma algebráica a sus materiales, las colecciones donadas por los recolectores, sin previa intercalación de los objetos en una sola colección general. Efectivamente, no pude obtener de la dirección del laboratorio de Entomología,

especies de acusado interés antrópico declarado, puesto que los servicios sanitarios de toda índole, a cargo de la Administración, rellenan ese vacío, con información relativamente densa. Superados los relatados antecedentes, el área vendrá definida sobre un mapa por una nube de puntos de presencia, más o menos densa, según frecuencia de citas, a la que cabe suponer tanto mayor, cuanto más cerca esté del óptimo vital de la especie definido por su abundancia; disminuyendo hacia ambos bordes del área, donde las citas tenderán a rarificarse.

Las áreas de algunas especies, son vastas, calificándose de eurícoras, pudiendo, las más frecuentes, calificarse de *cosmopolitas*, en cuyo caso viven y prosperan en todos los países donde hallan condiciones adecuadas para su reproducción y desarrollo. Las designadas como *estenócoras* en cambio, ocupan áreas más reducidas y son también calificadas de endémicas. Entre las eurícoras, las hay de área *continua*; pero otras no; sus discontinuidades son atribuibles en general, a complejas causas históricas y a la distribución cortada actual de los recursos que su valencia ecológica requiere; se llaman de área *disyunta* y, entre ellas, cabría incluir las *bipolares* o *antitropicales* cuando su disposición es en franjas al norte y al sur de la zona tórrida.

B. *Elección de parámetros limitantes*: La definición y la limitación cartográfica más o menos continua de las áreas, su sistematización e interpretación, requiere otros apoyos, otros datos y penetrar ya, en la temática de la Zoografía ecológica e histórica. Sin embargo, ciñéndonos al tema expuesto, cabía prescindir de dichas últimas especulaciones, concentrándonos exclusivamente en la realidad actual. Tienta así, de inmediato, aplicar a la definición de áreas de especies continentales (animales terrestres y de aguas dulces), únicamente parámetros de exclusivo y aséptico índice espacial, sin buscar otras explicaciones, a la ubicación de las localidades donde se menciona la especie considerada. Se ha recurrido así y a veces, a las mismas divisiones político-administrativas o al empleo de cuadrículas más o menos universales, tales UTM o los valores angulares de longitud y latitud. El perfeccionamiento de tales metodologías está hoy muy avanzado, sobre todo para otros objetivos requiriendo escalas más detalladas (y por lo tanto mayores). Sin embargo resultan de difícil expresión interpretativa y se prestan quizás mal, ante la consideración de las áreas de mayor espacio y menor densidad de datos, como ocurriría ante el tema aquí planteado, no admitiendo así,

---

otro dato sobre los taxones consultados, que una respuesta genérica como la siguiente: "elles sont des espèces qu'on trouve un peu par tout".

una densidad de unidades superficiales de cuadrícula, que indicaran suficientemente, el contorno sinuoso de los continentes o de la misma orografía. Parece así imprescindible apoyarse en otras consideraciones más simplistas, dadas las características de las especies animales-plaga, a las que se alude a continuación.

Sin duda alguna las áreas ocupadas, lo son por reunir una serie de características ecológicas imprescindibles para la vida de la especie. Las exigencias son grandes y complejas en las especies estenócoras -designadas como estabilizadas-, de acusada homeogeneidad genética y más bien así propias de ecosistemas maduros, federados a unos factores muy diversos y dentro de límites de variabilidad muy precisos, sujetos a recursos, no solamente geofísicos destacados, sino químicos y hasta bióticos. Así, en cuanto a sus relaciones tróficas: forman parte de ecosistemas o nichos maduros. Por el contrario el problema se simplifica ante las especies plaga. En cuanto a su alimento dependen de una sola o única especie, previamente extendida por el cultivo, en grandes áreas uniformes. Junto a la referida circunstancia, cabe recordar que se trata de especies eurícoras, propias de ecosistemas o nichos escasamente maduros y biocenosis apartadas de la climax y por lo tanto en etapa sucesional; son así especies más capaces de seguir las fluctuaciones ambientales, manteniendo gran heterogeneidad en sus recursos genéticos poblacionales. Son casi siempre, entre los que destaca el rápido crecimiento en etapa juvenil, el no menos rápido alcance del estadio adulto y la repetición de generaciones, aprovechando periodos estacionales favorables. Son, en definitiva especies calificadas de plásticas<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> El concepto sería casi equivalente al de amplia valencia ecológica. La plasticidad sería la propiedad de un organismo de manifestar variaciones somáticas y por lo tanto mantener, como taxón, la capacidad de responder positivamente a diferentes combinaciones de factores ecológicos. A veces, pero no siempre, acompañan cambios morfológicos a las adaptaciones fisiológicas; así ocurre con referencia a la temperatura, incidiendo en la talla de muchas especies. En otros casos, la temperatura incide sólo en variaciones de la capacidad fisiológica de regulación: Así, una especie, ecológicamente muy plástica, mantendrá un consumo menos diverso de oxígeno a distintas temperaturas que otra menos plástica. Una especie capaz de dar más de una generación al año, se mantiene más plástica respecto a la temperatura. Las especies plásticas, se han calificado también de pioneras, oportunistas, pródigas, apocráticas o cinetófilas (v. MARGALEF 1974). En general suelen ser eurícoras, con tasas de multiplicación elevadas, única forma de ocupar rápidamente un "espacio vacío", adaptadas a condiciones cambiantes en el tiempo y en el espacio. Se dice que practican la estrategia de la *r* (factor que mide su competitividad con apoyo en una ecuación matemática), traducido en decir que su poder de competencia se apoya en su gran capacidad de multiplicación, la cual suele ir ligada a una vida breve. Las especies, por adaptarse a situaciones menos variables, pueden perder plasticidad a nivel de población y por causa de selección. En tales casos suele decirse que se *estabilizan*. Por dicha causa, reducen su capacidad de colonización actual a biotipos singulares, donde las circunstancias que han provocado su estabilización se conservan desde tiempo muy antiguo (p. ej. cavidades subterráneas), dando lugar a los llamados "fósiles vivientes". Por el contrario, las especies

En tales casos, se puede prescindir de muchos de los requisitos afines a las especies estenócaras; entre ellos, la carencia de agentes autóctonos similares en el nuevo territorio ocupado y la heterogeneidad genética que conservan los recién llegados, no sólo elimina problemas de competitividad, sino que les permite reaccionar de manera ágil a las amplias oscilaciones ambientales. Cabe así admitir para dichas especies una destacada dependencia del entorno geofísico en exclusiva, ante el problema de delimitar al área global (BALCELLS 1956a).

No obstante, los pioneros en la investigación con tal finalidad predictiva (v. p. ej. QUILIS 1934/1940), iniciaron sus estudios, calculando las llamadas "fajas isocondicionales" con apoyo en simples datos de latitud, correspondientes a las localidades donde la especie estaba presente, como variantes para elaborar una serie estadística de frecuencias. Sin embargo al hacerlo, consideraban de manera implícita, a dichas variantes, como reflejo aproximado sobre todo de la temperatura local y complementariamente, de la humedad, flora atacada por el agente plaga, altitud, etc. Sin embargo unos y otros factores, no dependen estrictamente de la latitud y la intervención de la longitud geográfica, complicaba los cálculos y su interpretación. Parecía así más lógico -dadas las circunstancias ecológicas del tipo de taxón estudiado-, tener sólo en cuenta, líneas geográficas más relacionadas con el factor geofísico de probable mayor incidencia, como las isotermas. El referido método evitaba además dos puntos: a. el Envaramiento que suponía el empleo para la representación cartográfica de sus límites mediante líneas rectas, fruto de la proyección de meridianos y paralelos, ventajosamente sustituidas por sinuosas isotermas. b. Equivalencia potencial de los datos del hemisferio boreal, con los del austral, cuya zona templada es sin duda más estrecha, suprimiendo así, toda posibilidad de extrapolación de los datos, en el trazado de las fajas potenciales isoclimáticas. Así se ensayó, en estudios a pequeña escala global. Otros geógrafos en cambio, preconizaron también el uso de las isotermas reales a mayor escala; es decir el empleo de isotermas no reducidas (SOBRE 1943). V. también sobre este punto trabajo reciente de G. del Barrio (1990).

El uso de las isotermas cooperando a explicar los límites areales de las especies, por otro lado, mantenía antecedentes, tanto muy lejanos, como próximos: lo utilizó Humboldt (v. HESSE, ALLEN *et Al.*) para explicar fronteras, por causa de las bajas invernales (isoquimena de

---

que "quedan" (=se estabilizan) si se permite autoorganizarse al sistema que corresponde al lugar, en etapas maduras; *más eficientes* que capaces de rápida proliferación. Sustituyen a las especies oportunistas a medida que las condiciones del sistema maduran y devienen más estables.

enero) y más modernamente lo hemos aplicado en nuestro instituto (MARTINEZ-RICA 1974), al considerar las áreas ocupadas por salamanquesas de amplia distribución geográfica. Por su parte GUIART (1934), lo confirmaba de forma tajante en estudios de Geomedicina, concluyendo que, los valores en grados de longitud y latitud, permiten sólo trazar líneas arbitrarias útiles para situar un lugar geográfico, si bien, no son más que mediocres indicadores del clima. Dicho razonamiento le llevó a la aplicación de las isotermas al estudio de la distribución geográfica de las enfermedades infecciosas, especialmente aquellas vectadas por insectos<sup>6</sup>, tema en definitiva, muy similar al de depredadores de gran impacto en cultivos.

Descendiendo a un ejemplo, para el cálculo de la fajas isocondicionales correspondientes al llamado pulgón de la vid (*Haltica* (= *Altica*) *ampelophaga* v. BALCELLS 1954b), se procedió como sigue: Por cada cita, se consideró al elaborar el estadístico, un valor de la isoterma correspondiente como variante. Se procuró además, que la información previa de citas cubriera toda el área presumible, obteniéndose unas 90 variantes. Cupo luego, considerar (como ya se ha indicado v. 2.A.), que en la franja donde radicaban los recursos más próximos al óptimo para la especie, habría mayor frecuencia de citas. El cálculo de los estadísticos permite obtener los valores de la desviación típica (=dispersión cuadrática) y con ellos, las isotermas que los representan. La franja entre ambas isotermas, alberga un máximo de frecuencias, indicando el referido óptimo, coincidente con la manifestación como plaga. La máxima distribución teórica, vendría limitada a ambos lados del valor medio, por el trazado de isolíneas correspondientes al triple de la dispersión.

La aplicación del método, suponía así notables ventajas aparentes, sobre el uso de los valores de la latitud como variantes. Así, la isoterma de la temperatura media anual, sólo sigue groseramente los meridianos y aún sinuosamente; en muchas ocasiones rectifica de forma acusada dicha general dirección, por ejemplo torciendo, por causas climáticas regionales, en ángulo casi recto, ora hacia el N., ora hacia el S., sobre todo al salir de los continentes, con motivo de diversos

---

<sup>6</sup> ..."ya que -añade-, la distribución geográfica de las enfermedades, coincide con zonas térmicas limitadas por dichas líneas" y que él aplicó, con resultados brillantes, al estudio del paludismo y de la peste bubónica. En algunas ocasiones y sobre todo en territorio continental, dos isotermas señalaban límites de infección endémica, mientras, otros dos valores expresaban la expansión pandémica, debida a oscilaciones climáticas interanuales en territorios vecinos. También los genéticos han aplicado isotermas, uniendo puntos de similar oscilación térmica anual, para definir los límites de razas geográficas de *Drosophila*.

influjos oceánicos (corriente del Golfo p. ej.). Tal comportamiento manifiesto, es el que obliga a pensar en un mejor ajuste a la realidad que el apoyado en la latitud (v. fig. 1).

Podría así, objetarse que el método no tiene en cuenta por una parte, valores estacionales extremos y sobre todo que, siendo la humedad un factor climático de importancia inmediata a la temperatura para organismos aéreos, se desprecia. Sin duda alguna el tema es de solución difícil: no siempre se hallan en el mercado editorial mapas auxiliares de isoyetas a nivel mundial, superponibles a los de isoterma (v. BERGHAUS). Para resolver ambas objeciones se pensó en repetir un cálculo similar con apoyo en la isoquimena de enero -sin duda exagerando las desviaciones hacia los meridianos más acusadamente que la anual- y la isoterma de julio, acusando los valores estivales en el centro de los continentes y con ellos hasta cierto punto, la escasez continental de precipitaciones estivales (que suele ser correlativa). La superposición de las tres zonas, intercalando los límites donde coinciden superficies afectadas por las tres y rechazando los territorios sólo afectados por dos o por una faja, dió una visión más acabada de la realidad, y un mejor ajuste, para ambas fajas isocondicionales, tanto para la zona de plaga u óptima, como para la zona de máxima distribución, teóricamente ocupable (o "life zone"). Algunos aspectos críticos se resumen a continuación (bajo próximo título). V. figs. 2 y 3.

*C. Deducción de la zona potencial* : Si bien el método parece tan sólo aceptable para especies de amplia distribución y heterogeneidad genética, cabe exponer algunos aspectos de interés y acuerdo con los resultados, para el pulgón de la vid al menos, que confirmaría su utilidad. La exposición cartográfica de las fajas isocondicionales sobre planisferio, permitió confirmar la muy probable presencia de la especie en las Islas Británicas, que se venía suponiendo un error de determinación, si bien lo habían confirmado datos previos conservados en el British Museum. Por otro lado el mapa detectó a las Azores como territorio de posible plaga o zona óptima, en contra de las Canarias y Madeira; ambos extremos foráneos al Antiguo Continente se pudieron confirmar luego de concluida la representación cartográfica (v. BALCELLS 1954b y fig. 4).

Sin embargo, no solo se cría y se manufactura vino en el Hemisferio Boreal; también aparece el cultivo de la vid en zonas isoclimáticas australes y, efectivamente, los resultados de la

extrapolación también señalarían áreas susceptibles de instalación del pulgón y su manifestación como plaga<sup>7</sup>.

Parece así el método, apto a la predicción con aceptable ajuste. La extrapolación en cambio, de fajas isoclimáticas resultantes del cálculo zonal con apoyo en las variantes de latitud, no es admisible pues en el hemisferio austral no es equivalente la distribución latitudinal del clima al boreal. La comparación así, de latitud en grados, no sería extrapolable, como en cambio sí lo es, la apoyada en las isotermas, apareciendo fajas isoclimáticas, territorialmente más estrechas que las boreales confirmado lo indicado.

Si bien la aplicación del método parece de resultados aceptables y la interpretación que permite es relativamente simple, conviene mantener precauciones ante posibles intentos de extrapolación. Las isotermas corresponden a temperaturas reducidas a nivel del mar y, salvo en la costa a llanos bajos, no coinciden nunca con las temperaturas que la especie soporta en cotas altas. Los resultados obtenidos con el mapa de isotermas, quedan así sometidos a ulterior revisión, superponiéndolos a los oportunos de escala orográfica. Las disminuciones de la temperatura con la altitud varían según los macizos. Cabe recordar que en los Alpes se ha calculado en  $1^{\circ}$  C por cada 140 m.; mientras es de  $1^{\circ}/165$  m. en El Cáucaso y  $1^{\circ}/195$  m. en los Andes. También conviene tener en cuenta las variaciones de exposición.

Modernamente se han multiplicado los objetivos y con ellos los métodos para presentar y definir áreas de toda suerte de especies, su dinamismo y variaciones, permitiendo focalizar problemas de vigilancia ambiental. El estudio y de los recursos faunísticos a nivel de nación o país concreto, mantiene un capítulo obligado, referido a la definición de las areolas ocupadas por cada especie (p. ej. en Islas Británicas y Países Bajos). Una vez más la focalización metodológica se halla sujeta a la improvisación de métodos logísticos, en definitiva dependiendo del grado de prospección faunística y de los problemas de escala. Recientemente Martínez-Rica ha ensayado el uso de cuadrículas, preferentemente UTM, en estudios regionales de fauna herpetológica (v. por ej. 1970). También diversos autores franceses plantean problemas similares (BLONDEL *et Al*., y más recientemente PRODON), eligiendo, ora cuadrículas, acompañadas de toma itinerante de datos, teniendo en cuenta

---

<sup>7</sup> Pasando entonces los valores de enero a julio y viceversa.



el factor latitud y la misma vegetación, ora apoyándose en datos de latitud y longitud geográfica, y así por lo tanto, en distancias y superficies angulares. En tales casos, al tenerse en cuenta obligada multitud de factores ecológicos para explicar la presencia de las especies y describir el territorio ocupado y sus causas, el recurrir a la asepsia de los datos superficiales estaría, no sólo justificada, sino a veces obligada. Sin embargo, su manipulación se apoya en sofisticados cálculos y compleja interpretación de conclusiones.

Sin duda alguna el problema indicado es bien distinto del presentado arriba, apto para interpretar y definir áreas de especies plásticas a escala mundial; el problema, ha perdido actualidad ante la capacidad de control que supone el empleo de abundantes pesticidas, no obstante me ha parecido bien recordar lo aceptable de los resultados obtenidos en la delimitación de áreas mundiales con apoyo en las *isotermas* y *sus relativas ventajas en planteos de esa índole*. Cabe recordar aquí y ahora, una antigua observación de MARGALEF (1955), referida a las relaciones entre temperatura y tamaño de los organismos concluyendo que: "pese a la complejidad de los procesos biológicos independientes que concurren, dichas relaciones pueden expresarse no obstante, de manera sencilla con la mayoría de ellos", añadiendo: "sin embargo la regularidad se hallaría en los resultados, pero no en los procesos determinantes"<sup>8</sup>. Y también cabe copiar un comentario de J.P. Martínez Rica a su propio ensayo de 1979, sobre la distribución de los anfibios en el Alto Aragón: "El hecho de que, mediante técnicas numéricas groseras y sencillas, pueda obtenerse un mapa de evidente significado ecológico y fácil interpretación, no es uno de los puntos del trabajo de menor interés". Combinar la realidad, la sencillez metodológica e interpretativa, evitando el exceso de sublimidad en beneficio de la facilidad de interpretación, es un punto importante y a la vez un reto general valioso, en la presentación de los problemas ecológicos de las especies.

Los objetivos concretos de la presente disertación no permiten extender dicho punto. Cabe así, dedicar en cambio cierta atención a temas enlazando con matices de Zoogeografía ecológica, en los que he consumido tiempo y que también justifican mi dedicación más reciente a problemas de Fenología, que espero puedan parecer sugerentes para la tarea ordenadora del territorio.

---

<sup>8</sup> Se insistirá sobre esa conclusión y sus consecuencias bajo próximo título.

### ALGUNOS ASPECTOS DE ZOOGEOGRAFIA ECOLOGICA ABORDADOS.

Los organismos sólo pueden residir en un lugar si, su *valencia ecológica* (=conjunto de recursos bióticos propios y por tanto específicos, que permiten la sobrevivencia de los representantes de la referida especie), no entra en conflicto con el ambiente general de dicho lugar.

Animales y plantas resultan así, indicadores vivos de las características ambientales. Su distribución y presencia manifiestan hasta cierto punto la uniformidad y similitud de tales características o bien una combinación similar y equilibrada de ellas, compatible con la presencia de los primeros.

Recapitulando aspectos anotados bajo anterior título 2, cabe recoger los siguientes puntos:

- La valencia ecológica de una especie determinada en su ambiente constituye un problema ecológico. Su conocimiento es así, condición necesaria para la interpretación causal de un área geográfica, cuyo estudio es una finalidad de la Biogeografía.

- Las especies de valencia ecológica estricta y limitada variabilidad genética, se relacionan con biotipos muy concretos; cabe calificarlas de especies viejas y reciben también el calificativo de estenotópicas o estenócoras, debido a su área reducida y suelen ser propias de comunidades muy maduras, de climas más bien constantes que han permanecido así, con tales características durante mucho tiempo.

- Las euritópicas o euricoras también designadas como "plásticas" por Margalef, en cambio, suelen estar en expansión explosiva, son heterogéneas en sus recursos genéticos y por lo tanto jóvenes, capaces de diferenciación o "atomización" subespecífica e irrumpen en comunidades escasamente maduras o atravesando etapas de sucesión; por esta razón suelen proceder de territorios con amplias oscilaciones climáticas y sufriendo climas *revolucionarios*, áreas caracterizadas por su extraordinario dinamismo.

- Es difícil calificar con seguridad a una especie de real euritópica o plástica, pues algunas (sobre todo las distribuidas en áreas disyuntivas), han podido ya diferenciar subespecies (indiferenciadas morfológicamente), pero poseyendo ya, distinta valencia ecológica. Las especies de

amplia distribución, con frecuencia diferencian poblaciones con distinta valencia ecológica en su área límite. Hasta tal punto que, la de los machos, puede ser distinta de la correspondiente a las hembras.

Uno de los problemas más importantes de la Zoogeografía ecológica es investigar las adaptaciones y de ellas, las compatibles entre soma y germen. Cada proceso observado o simplemente intuido, merece confirmación experimental. Ni que decir tiene, la expresión vituperante en contra de la experimentación de laboratorio que antes de ha formulado, no debe considerarse al pie de la letra, ni de manera tajante. Al contrario, las comprobaciones -a veces precedidas de experimentos largos-, sobre la capacidad de reacción de las especies en laboratorio, ante las variables ambientales, proporcionan siempre datos útiles, en ocasiones de aproximada, pero directa aplicación a ciertas escalas de trabajo. Cuando menos sugieren el apoyo de ciertas interpretaciones del medio natural, donde se desarrolla el ciclo vital de los animales considerados. En general la práctica enseña que es una buena medida apoyarse, constante y sucesivamente en ambos resultados, si bien también es verdad que conviene ser cauto en el uso y abuso de las extrapolaciones.

Conviene así reiterar que las posibilidades de experimentar de forma relativamente sofisticada, objetivo de la Ecofisiología, ofrece hoy a la interpretación de los resultados un posible grado de certeza, contrastado con las antiguas deducciones de la Biogeografía histórica, de antigua necesaria incertidumbre, a la vez que permiten tenerla en cuenta en un contexto posible, más razonable y coherente, sin embargo dedicando atención tradicional a las homologías de toda índole, ecológica y morfológica.

Cabe ahora dedicar atención a algunos ejemplos, quizás los más sencillos que se han vivido en el transcurso de mi propia tarea investigadora, todos ellos no obstante, referidos a la incidencia de los factores geofísicos y su manifestación en la actividad de las especies animales estudiadas en el medio natural.

Sin duda alguna las investigaciones tuvieron que focalizarse con medios acusadamente limitados. Convendrá advertir una vez más, que buena parte de ellas así, se refieren a especies

plásticas, permitiendo, hasta cierto punto, generalizar y extrapolar resultados obtenidos en muestras de poblaciones reducidas, tanto en número de ejemplares como en el espacio geográfico.

Se ha expuesto ya un ensayo de cálculo de área para una de las especies (el pulgón de la vid), con apoyo en límites preferentemente representativos de la evolución de la temperatura. Queda ahora dedicar atención a como la evolución estacional de dicho factor importante, incide en el ciclo vital de la especie. Para ello será necesario establecer algunos principios de partida:

Los animales ectotermos residentes en zona templada, alternan un período de actividad en época favorable, dedicado a la multiplicación, con otro de reposo. En especies de ámbito centroeuropeo, el de actividad suele transcurrir, durante las estaciones de días largos, con temperaturas más benignas y, cuando éstas cesan, hibernan o *invernan* (PHILLIPS *et alt.*), ora entran en una simple quiescencia en abrigos, ora preparando todo un proceso, llamado por extensión "diapausa", al cual el ritmo de la luz en días cortos no sería del todo ajeno y se sumaría al descenso de la temperatura. Tal diapausa supone una serie de transformaciones internas de distinta intensidad y capacidad de respuesta al influjo del medio físico externo, -sobre todo en las especies univoltinas siguiendo estrategias de la K en cuanto a su tasa de multiplicación<sup>9</sup>-, por eso suele hablarse de *diapausa obligada* y *diapausa facultativa* (v. también PHILLIPS), muy típicas y con variados comportamientos en lepidópteros del Alto Aragón, estudiados descriptivamente por Palanca.

No ocurre lo mismo con muchas especies típicamente mediterráneas y concretamente también representadas en Aragón, reposando durante los días largos, más áridos, o sea que *estivan*. Dichas especies en la franja mediterránea sur, son activas en invierno sin soluciones de continuidad. En la franja norte en cambio, cuando se producen heladas, entran en simple *quiescencia*, interrumpiendo la reproducción, y prosiguiendo cuando la benignidad se recupera y aprovechando así, ambos períodos equinocciales de otoño y primavera, sin duda los más húmedos en nuestras latitudes. Se citarán oportunamente, al hablar de Fenología. Dichas especies, suelen ser más tolerantes con las temperaturas bajas durante la reproducción, que las centroeuropeas y sus límites

---

<sup>9</sup> Las univoltinas darían una sola generación por año o temporada, en contra de las bi y polivoltinas, capaces de rápida multiplicación e invasión (estrategia de la r), entre las que estarían las que suelen manifestarse en plaga o epidemia. V. sobre este punto nota 5

máximos de actividad, son también más bajos, lo cual resulta paradójico pero explicable, al comparar con los límites de sus áreas de distribución.

En cuanto al período de actividad, dedicaré exclusiva referencia, a la temperatura. La incidencia de la humedad y la precipitación, también consideradas (BALCELLS, 1954a), prolongaría excesivamente la exposición.

En la fase de actividad sobre todo, la temperatura es un factor incidente importante, puesto que es una medida del calor a disposición de un sistema (DEL BARRIO 1990). Sin duda alguna, el sumatorio integral, de toda la temperatura, es decir de "todos los grados" suministrados a dicho sistema durante un período, daría una idea aceptable de la cantidad de calor disponible durante el referido intervalo. El valor numérico de esta cantidad se calcula como el producto de la temperatura del aire en grados centígrados y el tiempo en días u horas. En la práctica se suele apoyar en valores de las temperaturas medias diarias y por ello la integral térmica se expresa generalmente en grados/día.

Cabe también admitir que la temperatura ambiente es el factor que principalmente incide en la duración del desarrollo de los organismos ectotermos, sobre todo cuando las otras variables, tales humedad y disponibilidad de alimentos, dan abasto a las necesidades imprescindibles del agente plaga. En tales circunstancias, cabe buscar ajuste, a una variada serie de funciones de correlación, entre la duración de las diversas fases del ciclo biológico y los condicionantes térmicos (temperatura media diaria). Quizás la más popular -pues permite una interpretación más clara de sus constantes-, sería la hipérbola de Blunk y Bodenheiner, la cual si bien presenta el inconveniente de que no tiene en cuenta los umbrales máximos, disminuyendo el crecimiento (como en cambio podría ocurrir empleando un ajuste catenarico más engorroso), tiene la ventaja de que es el único ajuste que incorpora, un umbral término asintótico, por debajo del cual, teóricamente al menos, no se produciría crecimiento, manifestando así unos cálculos de aproximación aceptables. (Sobre diversos aspectos del método v. BALCELLS 1954a).

Los datos obtenidos para *Haltica ampelophaga*, especie manifestándose en plaga, habría permitido calcular el número de generaciones teóricas, en cada lugar, elaborando previamente un mapa de isotermas, para territorios mediterráneos, referidos a la temperatura media reinante, ora en 6

meses benignos (183 días), ora nueve (inicio de la primavera al fin del otoño período durando 275 días), estos últimos en la franja meridional de la Costa Mediterránea (v. BALCELLS 1954b). Dicho mapa sería complemento del referido a áreas. Considerando en ambos casos meses benignos, aquellos cuya media fuera superior a 7° C, valor aproximado (exactamente 7'6° C) del umbral térmico calculado referido a la iniciación de la actividad (v. fig. 5).

Para hacerse cargo del método, cabrá añadir que la hipérbola de Bodenheiner, resulta de la ecuación:

$D(T-c)=K$ ; o sea que, el producto de los días (D), que dura el ciclo entero, de puestas a madurez sexual en una generación, multiplicado por el número de grados de temperatura (T), por encima del valor umbral en que no se produce desarrollo (T-c), en nuestro caso  $c=7'6^{\circ}\text{C}$ , es siempre igual a una constante K, la cual tras el ajuste equivale a 714 en el caso que nos ocupa. Lo dicho, como cabe deducir de la fórmula, equivale a concluir que, a 8'6° C, es decir un grado por encima del umbral, la duración del ciclo de una generación sería de 714 días.

Recíprocamente, con un periodo de 9 meses con temperaturas benignas (=275 días), correspondería a la isotema de 10'196°C para que se produjera una generación, puesto que:

$$275 T - 275 \times 7'6 = 714; \text{ de donde } T = 10'196^{\circ}\text{C} = 10'2^{\circ}\text{C}.$$

Igualmente, con un periodo de 183 días (=6 meses), correspondería a la isoterma de 11'5°C una generación, puesto que:

$$183 T - 183 \times 7'6 = 714; \text{ de donde } T = 11'5^{\circ}\text{C}$$

Con apoyo así, en dichas isotermas, se podrían fijar en un mapa, territorios con el número teórico de generaciones de la especie indicada. (v. fig. 6)

Igualmente que en situaciones anteriores, cabrían correcciones con respecto a la altitud, averiguando el incremento en metros para que se produzca una generación menos que la señalada, teniendo en cuenta una disminución de 1°C por cada 180 m.

En el primer caso, de promedios en 9 meses (=275 días) se requiere un incremento de  $T-c=2'6^{\circ}\text{C}$ , dando lugar a una generación más, luego  $2,6 \times 180\text{m} = 468\text{m}$ . más, disminuyendo en una

generación. Con el mismo razonamiento, por 183 días (= 6 meses), un incremento de  $11,5 - 7,6^{\circ}\text{C} = 3,9^{\circ}\text{C}$ , dará una generación más, luego:  $180 \times 3,9 = 702$  m. de altitud, supondrían una generación menos que la señalada en el mapa.

Otro aspecto correctivo que implicaría el apoyo en la hipérbola, se refiere a los máximos de temperatura soportables por el insecto, no deducibles con apoyo en tal correlación, requiriendo así pruebas experimentales directas en laboratorio. Varias de ellas habrían permitido deducir su resistencia a  $-10^{\circ}\text{C}$ , pero sólo menos de 24 horas. La máxima en cambio, no rebasaría los  $33,5^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, mientras están activos en laboratorio, al término de la invernación, se alimentan y copulan a  $8^{\circ}\text{C}$  (y por lo tanto así en las proximidades del umbral crítico); cesan de poner sometidos a una oscilación diaria de  $28^{\circ}$  a  $35^{\circ}\text{C}$ .

Sin duda alguna no obstante, las cinco generaciones se sucedieron en el laboratorio de Barcelona, donde inician temprano la actividad primaveral en marzo y la prosiguen hasta noviembre. Indudablemente, pese a que no se disponía entonces de calefacción y refrigeradores, el abrigo bajo techo evitó muchas oscilaciones respecto a cielo abierto que luego se comentarán. De todas formas, entre mediados de marzo y mediados de noviembre, el promedio de temperatura superó -pero sin tantas oscilaciones como en el exterior-, los  $20^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo dichas temperaturas promedio de 9 meses, o la de  $27^{\circ}\text{C}$  que exigiría la de 6, de acuerdo con los cálculos que anteceden, sólo se producen en territorios foráneos al isoclima mediterráneo meridional, ya más bien de modalidad subdesértica y carácter continental, donde desde luego la vid no se cultiva y donde forzosamente aparecerían máximos estivales imposibilitando la continuidad en la puesta y seguramente, sometiendo los animales a una quiescencia estival obligada. Las cinco generaciones a cielo abierto, sólo serían potenciales y podrían sólo aparecer en condiciones de invernadero en territorios a mayor latitud. Tal sería un importante punto corrector a tener en cuenta ante las previsiones y extrapolaciones teóricas del mapa. Cabe en cambio admitir el máximo de 4 en el litoral andaluz, donde la plaga se conoce desde la Edad Media -mencionada en "Las Partidas" de Alfonso X El Sabio-, en Africa del N., donde ocasionó daños importantes desde fines del XIX y probablemente los causaría en el Próximo Oriente, de alcanzarle.

Pero hay además otro punto que corta su ciclo al fin del verano a cielo abierto que importa comentar. Indican recientemente Phillips *et All.* que en muchos insectos presentando diapausa

estacional sólo facultativa, es el fotoperiodo preferentemente (y no la temperatura) la señal primaria que incitaría a la iniciación del dicho lapso estacional de reposo. Su cese en cambio, al iniciarse la estación vegetativa, está controlado por la temperatura. Algo así podría ocurrir con *Haltica l. ampelophaga*, limitando todavía más, su continuidad en la producción de generaciones, una vez rebasado el periodo de días largos; no obstante el problema es algo más complicado y si bien el efecto es el mismo, cabría que la causa estuviera más bien en la cantidad de calor recibida.

Se había observado ya desde tiempo relativamente antiguo, que el cese de puestas en otoño a cielo abierto, se produce con valores de temperatura media, superiores a los de iniciación de la puesta en primavera. Dicha circunstancia supondría quizás, más causas frenadoras en la productividad estacional teórica calculada con apoyo en datos de temperatura media; efecto del ritmo de luz/oscuridad incitando al cese reproductor y la diapausa.

La interpretación del hecho es sin duda más compleja. Por un lado, no parecen existir diferencias de causa generacional, entre los animales criados al principio de la estación benigna, con los evolucionados en pleno verano, puesto que la detención de puestas tiene lugar en unos y otros al mismo tiempo y se comprobó además, que invernan animales de las dos procedencias. Se pensó a continuación en cambios en el alimento, debidos a la evolución estacional de la vid; sin embargo tal circunstancia incidente no era admisible, puesto que a mayor temperatura promedio en laboratorio, los animales alimentados con igual fuente recolectada en el campo, seguían produciendo con normalidad y por otro lado, el ritmo diurno y las horas de sol, eran las mismas. Si alguna diferencia había es, que en el laboratorio, si bien poco, se mitigan las máximas diarias estivales y al contrario se atenuaban acusadamente las mínimas ya frescas en el exterior durante la noche del otoño.

El tiempo dedicado a la actividad a cielo abierto, había permitido comprobar que el periodo había sido suficiente para tres generaciones (mediados de abril al 20 de septiembre), mientras en laboratorio, la actividad de los invernantes, se había iniciado antes en marzo (temperaturas medias con valores superiores más tempranas) y luego se prolongó hasta noviembre (en pleno otoño), lo cual suponía un periodo con valores medios suficientes para el desarrollo de cinco generaciones. En ambos ámbitos -campo y laboratorio-, las puestas se iniciaron en un mes con temperaturas medias muy próximas, oscilando entre 15° y 16°C y en ambos también terminaron, en meses, cuya media osciló entre 20° y 22° C. Si bien dichas diferencias son apreciables acortando el ciclo evaluado con



las temperaturas medias, cabe también no atribuirlo al ritmo de luz, o por lo menos adjudicárselo por entero de forma directa, puesto que tal ritmo en campo y laboratorio en cambio, fue el mismo.

Más bien cabría tener en cuenta lo siguiente: la temperatura es un índice de la cantidad de calor recibida por el insecto. Sin embargo, los valores medios diarios utilizados para su medida, corresponden a la media aritmética simple, entre la máxima y la mínima y no tienen en cuenta que en la primavera (día largo), con más horas de sol eficaz (puesto que además en Barcelona llueve menos que en otoño), el insecto, disfrutando de la misma media calculada, recibe más calor que en otoño, momento en que las noches son más largas y los días suelen estar cubiertos en el NE español y el calor recibido es por lo tanto menor. Cabe así, tener en cuenta las referidas posibilidades ante la conclusión inicial recogida en la publicación de Phillips y colab., interpretación que ya tiene no obstante en cuenta, una cierta integración entre el calor y los ritmos lumínicos para explicar la entrada en la diapausa de otoño. Cabe aplicar, pero al contrario, lo que ocurre en aquellas especies cuya actividad y reproducción se desarrolla en el transcurso de la estación fría de días cortos, respecto al inicio de la estivación durante días largos.

Sea como fuere, los cálculos apoyados en los datos de laboratorio, si bien permiten una interpretación quizás aceptable y básica del comportamiento, ofrecen sin duda limitaciones y la observación directa en el campo, resulta una logística imprescindible, correctora del comportamiento teórico intuido, sobre todo cuando se trata de situaciones extremas.

Años más tarde, la dedicación al estudio de los medios montanos, despertó en mí cierto interés por aplicar metodología semejante al estudio de los vertebrados ectotermos. Elegí la rana bermeja (= *Rana temporaria*), especie en nuestro país de distribución disyunta, ausente del paisaje mediterráneo, pero bien representada desde dominios higrófilos de baja montaña a la altitud alpina y fácil de observar y seguir su ciclo de crecimiento, una vez localizados los biotopos de reproducción y desarrollo. Además, como también indican Phillips y colg. los anfibios -entre los vertebrados-, tienen escasamente desarrollado el "sentido" del fotoperiodo; más sujetos por lo tanto, a las incidencias de la temperatura, se muestran como material de notable interés fenológico (v. BALCELLS 1956b, 1957a, 1957b, 1976a, 1976b, ESPAÑOL y BALCELLS 1965), siendo su actividad un buen índice del tiempo bonancible.

De acuerdo con datos obtenidos en laboratorio, la ecuación de la hipérbola sería  $D(T-7'64) = 531$ . Indicaría así, que la rana bermeja de montaña podría completar su ciclo en 365 días, con una temperatura media global de  $9^{\circ}\text{C}$ , o bien hacerlo en 90 días con medias de  $13'5^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, los referidos datos, si bien estarían de acuerdo con las observaciones, en que la mayoría de los adultos suelen despertar en celo con valores máximos de  $8^{\circ}\text{C}$ , tales valores no serían extrapolables a las temperaturas medias deducidas de una garita meteorológica. Tanto para los insectos, como para la especie que comentamos, suele intentarse la correlación con un máximo número de comprobaciones en estufa o laboratorio, con objeto de disponer de un máximo también de frecuencias o pares de valores, para realizar el cálculo de las constantes de la hipérbola con mayor ajuste. No obstante, dichos valores están más próximos a la realidad microclimática de la especie, que el ámbito global de las temperaturas obtenidas para una localidad. De ahí que, el propio Bondenheimer en ocasiones, averiguara las referidas constantes, con sólo dos pares de valores, resultado, ora de comprobar la duración del ciclo de desarrollo en dos lugares alejados, ora en años con evolución climática estacional distinta.

Para nuestra rana bermeja sobre todo, tener en cuenta esas diferencias es sumamente importante al extrapolar, pues sin duda, el régimen de temperatura en los biotipos hídricos, donde desova y se desarrollan embriones y crecen renacuajos, es muy diferente que al aire libre y por lo tanto tales temperaturas se alejan mucho de las señaladas en período parejo, dentro de una garita meteorológica. Observaciones sobre la duración del desarrollo en biotipos naturales, de acuerdo con datos de cabina próxima, nos permitirían obtener valores sumamente distintos, como los siguientes:  $D(T-0'60) = 883$ , lo que quizás nos permitiría teorizar sobre su posible expansión a territorios, donde la temperatura media fuera de:

$10'4^{\circ}\text{C}$  durante 90 días  
 $7'95^{\circ}\text{C}$  durante 120 días  
 $6'5^{\circ}\text{C}$  durante 150 días  
 $3'2^{\circ}\text{C}$  durante 365 días.

No obstante, el último valor referido, se hallaría todavía bastante lejos, del señalado por la isoterma anual que dibujaría su límite septentrional ( $=2^{\circ}\text{C}$ ) y quizás también, con sus menciones en la altitud de los Alpes; donde, tanto en un sitio como en otro, los renacuajos también son capaces de invernar en el fondo de las charcas, donde la temperatura permanecería por encima de  $0^{\circ}$

C, terminando así su ciclo al año siguiente. Sin embargo, el referido comportamiento no es fácil de conseguir en la mayoría de los biotipos pirenaicos de puesta, poco profundos y muchos de ellos secándose durante veranos de frecuente déficit hídrico estival, situaciones en que sólo logran la metamorfosis, aquellos efectivos que la alcanzan en tres meses<sup>10</sup>. De ahí que, sean raras las citas de *Rana temporaria*, sobre sustratos calizos, muy influidos por la acción de viejo desarrollo cárstico. En cambio, *Rana temporaria* deviene más frecuente, sobre sustrato ácido, hallando en los ibones sobre todo, pero también en los tremedales y charcas de excavación por nevero, mejor defensa contra la eventual sequía estival.

Gracias a estudios realizados por Mikulski (1938), se conoce además que, la oscilación diaria de temperaturas, no rebasando el umbral inferior de 2°C, acelera el desarrollo de embriones y renacuajos, respecto a aquellos sometidos a temperaturas medias equivalentes, en régimen constante; situación que, pese a la función reguladora y atenuadora de las oscilaciones de temperatura del aire, en el medio hídrico, se acercaría mucho más a la realidad bajo cielo abierto; la naturaleza hostil acicata el desarrollo de los seres vivos a límites paradójicos. Quizás los resultados de Mikulski apoyarían otras conclusiones de mayor interés general: las bajas temperaturas, al mismo tiempo que reducir la actividad alimentaria durante la noche, también producirían cierto sopor o quiescencia en los seres vivos ectotermos, reduciendo de alguna forma las pérdidas por consumo respiratorio.

La adaptación de las metodologías empleadas en insectos al estudio de los vertebrados ectotermos, presentaría paralelo interés. Incluso cuando se trata de especies de ciclo estacional univoltino. Pese a las precauciones necesarias ante objetivos de extrapolación y las excepciones destacadas en ambos ejemplos -coleópteros de recursos genéticos plásticos y la rana de montaña-, si bien la aplicación de las constantes de la hipérbola de sumación térmica aplicada al crecimiento no debe exagerarse en cuanto a su valor preciso, sí, parece un útil instrumento para examinar la incidencia de ciertos factores ecológicos, sobre todo en ambientes de montaña, donde la restricción del periodo benigno para el cumplimiento del ciclo vegetativo alcanza altas cotas.

---

<sup>10</sup> En cambio si son capaces de superar la referida situación los renacuajos de sapo partero durante muchos años, pues, tanto en verano como en invierno, sobreviven en lodo casi seco, volviendo luego a la superficie para alimentarse, cuando la situación de sequía la corrigen las precipitaciones convectivas estivales o bien, cesa el frío invernal.

Cabe destacar finalmente, la incidencia compleja de la temperatura en el ciclo de los seres vivos y como se manifiesta tanto ante situaciones experimentales de gabinete como a cielo abierto. Cabría así y ahora demostrar, como la observación de los efectos de las fases bióticas críticas, permiten recíprocamente, deducir la evolución de los factores ambientales en el lugar de observación.

### **LAS OBSERVACIONES FENOLOGICAS COMO INDICADORES DE LA EVOLUCION ESTACIONAL DEL CLIMA EN UNA LOCALIDAD.**

Hasta aquí se ha dedicado atención al estudio de la incidencia de los factores climáticos - singularmente la temperatura-, en el ciclo vital de los seres vivos, sobre todo en animales. Cabe recordar que para su estudio se ha señalado la importancia de alternar experimentos de laboratorio con observaciones sobre el terreno y a cielo abierto. La Fenología, se apoya principalmente, en dicha observación de campo pura y simple, pero no desdeña tampoco los datos experimentales para interpretar certeramente los de campo.

Cabe así ocuparse ahora del problema recíproco, es decir, como las observaciones fenológicas, en definitiva respuesta de los seres vivos a la evolución estacional del clima, informan sobre las características de este último y las alteraciones interanuales de su promedio a nivel local.

Conviene además, antes de dedicar atención a los datos fenológicos, como el mismo hecho de la presencia/ausencia de una especie, y más si su área es amplia, pero de cierta distribución disyunta, orienta sobre el clima reinante en la localidad<sup>11</sup>. Buena parte de los ejemplos elegidos se refieren a los anfibios. Así, la rana de llanura o común, alcanza desde la tierra llana a cotas de montaña media, sobre todo en el dominio del pinar mesófilo (p. ej. a 1.200 m.s/M en San Juan de la Peña), acompañada de tritones y, entre ellos el jaspeado (*-Triturus marmoratus*), esta última especie de urodelo, más bien hallando su óptimo a nivel submediterráneo de montaña baja, en paisaje de cajicar. La rana bermeja (= *R. temporaria*) en cambio, se ha mostrado incapaz de responder

---

<sup>11</sup> A propósito de lo indicado cabe recordar una frase relativamente feliz de MULLER: "Las características de los paisajes y regiones y la evolución de los animales que residen, son factores que se influyen e iluminan mutuamente".

positivamente a su instalación artificial en dominio del pinar mesófilo -junto a rana común y tritón jaspeado-, mientras aparece pero escasa, en el dominio del robledal higrófilo (a 1.000 m.s/M y hasta a cotas más bajas en los Pirineos Atlánticos y territorio influido por el Cantábrico), pero ascendiendo luego, a través de niveles montanos húmedos, hasta alcanzar los tremedales e ibones alpinos. Tal circunstancia permitiría confirmar que la citada rana de montaña admite el clima del fresco robledal higrófilo, mientras no resiste en comprobaciones experimentales, temperaturas de 25 ° C continuadas, más allá de 24 horas, lo que podría explicar su ausencia de la montaña media mesófila, de ambiente estival cálido y seco y todavía menos a nivel submediterráneo y más bajo del cajicar. En las charcas del robledal húmedo, se ha comprobado en cambio, coincidiendo con la rana común, en los mismos biotipos de celo y desove. Tal circunstancia permitiría concluir, que tales parajes gozan de cierta benignidad invernal, si bien no excesiva, puesto que la rana bermeja, para la correcta maduración en medio anaerobio de sus productos sexuales, requiere períodos invernales relativamente largos (alrededor de un mes), con temperaturas próximas a los 0° C, que sortea aletargada y sin consumo respiratorio.

En las charcas donde coinciden, el desove de ambas especies, está separado por un largo período primaveral, quizás superior a dos meses. La r. común es tardía, en el celo, mientras la de montaña o bermeja, es una de las especies más tempranas, índice así, del inicio de la primavera, junto a la floración, también primeriza, de *Tussilago farfara* (=uña de caballo), abundante pionera de los desmontes de pista.

Sin embargo, prescindiendo del valor indicativo de la presencia de una especie, la Fenología -como es bien sabido-, va más y se apoya en la manifestación de períodos críticos del ciclo vital. Los animales que más se prestan a la observación, son también anfibios, diurnos en su actividad, alrededor de la reproducción y durante el desarrollo. También son muy utilizadas las aves migrantes, prestando eficaz apoyo a los mapas de isofenas publicados periódicamente por el Instituto de Meteorología (=llegada de la golondrina); lo son algo menos los reptiles, en cambio de acentuada actividad diurna, y también algunos insectos, sobre todo los de hábito eurícoro (mariposa de la col), frecuentes y productores de plagas.

Sin embargo, es también imprescindible recurrir a la observación de las plantas -sobre todo las vasculares-, seres vivos fijados al suelo y por lo tanto más dependientes de su entorno que los animales, cuya movilidad a veces dificulta su observación.

Plantas y animales tempranos son en primer lugar útiles para detectar la llegada de la estación benigna; en ambos casos, la acumulación de datos durante períodos largos -y más cuando los observatorios fenológicos coinciden con garitas de registro meteorológico-, resulta de sumo interés, tanto para detección de las "veleidades" interanuales de la primavera, como hoy en día controlar el posible "cambio climático". Los dos ejemplos de rana bermeja y la uña de caballo, en montaña media y las cotas bajas de la alta, resultan especies útiles. Las lagartijas en cambio, también son sumamente tempranas y más frecuentes; su inicio de actividad en altitud, sobre rocas, puede ser anterior al 21 de marzo<sup>12</sup>, como así ocurre con las víboras y el azafrán vernal, iridácea, esta última, que a veces florece a 2.000 m.s/M, en pastos desinnivados. Sin embargo, tales observaciones ofrecen menos interés en nuestros Pirineos aragoneses, sufriendo nevadas tardías y posteriores a la floración prevernal y alcanzando máximos de innivación en primavera y prolongándose a veces hasta junio, dando así al traste con el ciclo de las especies y comprometiéndolo tangiblemente muchos años: "esfuerzo vano, el primerizo, ante un ámbito hostil e imprevisible".

Las aves no migrantes, ofrecen muchos ejemplos de anuncio prevernal de la primavera. Así ocurre con las cardelinas y los verdicillos que "frien" incansables, denunciando el prematuro celo y la posesión del territorio antes de iniciar la nidificación, mientras, la de los verderones serranos tiene lugar en montaña media en primaveras frías (PEDROCCHI 1987). También ocurre así, con la melodía cansica emitida muy temprano por los carboneros. Sin embargo las aves, como buenos homeotermos, poseen mayor independencia de la temperatura ambiental y su canto en celo -más acorde con el ritmo de la luz-, puede ser indiferente al inicio de la benignidad. No ocurre así, con las migrantes, la mayoría de ellas insectívoras y así, dependiendo de los dichos recursos tróficos y, ora adelantando, ora retrasando la llegada o el paso -en altitud y latitud-, según la abundancia y actividad

---

<sup>12</sup> Sin embargo en ciertas cumbres pirenaicas, pueden coincidir más de una especie y resulta difícil su determinación sobre el terreno. Además, como recuerda Martínez Rica (1977), animales poiquilotermos como los reptiles especialmente, poseen mecanismos ecológicos capaces de mantener su temperatura interna, si bien dentro de estrechos límites.

de tales poiquiloterms de que se nutren. Alimoche-vencejo-golondrina-avión común-ruiseñor-cuco, permiten una amplia gama que indica las bonanzas sucesivas y las etapas de su progreso durante la estación benigna, según altitud y sucesiva seriación del progreso de la primavera.

En ocasiones, se intercalan agudos descensos de temperatura, cortando abruptamente la benignidad iniciada, que sólo se recupera días más tarde, con un siguiente período bonancible, al que puede suceder otra "ola de frío". Según altitud, tales alteraciones en el progreso de la benignidad, inciden en el desove de las poblaciones de *Rana temporaria* residiendo en un mismo biotipo. Si en un período de corta bonanza, que suele coincidir con temporales de fina lluvia o nieve, la máxima diaria alcanza los 8°C y las mínimas nocturnas con tiempo cubierto, no descienden a 0°C, es posible que cese el letargo en una pequeña parte tolerante de la población o afecte la bonanza sólo a los ejemplares invernando menos resguardados, desencadenándose el desove de ellos. Con el retroceso de la bonanza, puede cesar el desove del resto, que se reanuda bajo la próxima bonanza y así, hasta tres veces se ha observado en algunos biotopos de las laderas soleadas de El Formigal de Tena, en el transcurso de ciertas primaveras azarosas, alternando heladas (a veces con atmósfera despejada), seguidas de días cubiertos y precipitaciones nivosas ligeras (v. BALCELLS 1976). En días sucesivos y a veces hasta muy avanzada la estación favorable, tales incidentes en olas de frío, se traducen, al considerar el diverso grado de desarrollo de embriones de huevo y renacuajos, en el biotopo de puesta. Las poblaciones animales acumulan así dicha memoria informativa, posteriormente diagnosticable, hasta bien entrado el verano.

En otros casos, el seguimiento del desove de *Rana temporaria* a distintas altitudes, permite calcular una cierta correlación entre las fechas de puesta, a medida de la llegada sucesiva de las bonanzas a distintas cotas. Tal correlación mediante datos acumulados durante varios años, puede autorizar ciertas predicciones (mediante previo cálculo de correlaciones), en años posteriores, sobre el inicio de la primavera en pastos altos, a juzgar por lo ocurrido dos a cuatro meses antes en el fondo de los valles.

En otros casos y sobre todo en años de invierno benigno, como lo fue excepcionalmente 1990, es posible diagnosticar efectos intercalados del topoclima. Así se comprueban retrasos en el fondo de las depresiones respecto a laderas solanas, debidas a fenómenos de inversión térmica que se recogen en adjunto cuadro:

Fondo del Valle de Tena	1.050 m.s/M	1ª puesta el 26-II-1990
Ladera solana del Formigal	1.450 m.s/M	1ª puesta el 26-II-1990
Fondo del Ara, junto a Torla	1.000 m.s/M	1ª puesta el 13-III-1990
Fuente de las Cucharetas (Sta. Elena de Torla)	1.220 m.s/M	1ª puesta el 12-II-1990
San Nicolás de Bujaruelo	1.380 m.s/M	1ª puesta el 10-II-1990
Camino de Ordiso (valle de Bujaruelo)	1.450 m.s/M	1ª puesta el 10-II-1990

Como puede verse, el desove del fondo de Tena, sombreado por las moles calizas de las Sierras de Telera y Tendeñera, llevó un retraso de cuatro días, respecto a las de ladera solana 300 m.s./M más arriba. Igualmente el desove se produjo junto al Ara medio en Torla, con un mes de retraso, sobre biotopos 300 y 450 m. más elevados en la cuenca alta<sup>13</sup>. V. fig. 7.

La sombra proyectada por los acantilados calizos en sierras longitudinales al eje de la Cordillera, es responsable de muchos retrasos vegetativos, produciéndose la brotación con mayor uniformidad interanual, por causa de las relatadas veleidades topoclimáticas, que traducen, en buena medida y acusado contraste, tanto la vegetación como la actividad de los animales.

Sin embargo, las observaciones fenológicas no sólo son abordables en la fase inicial del ciclo vegetativo. También traducen la sequía acumulada y el calor del verano. Cabe así recordar, como la hierba apareció ya de color pardo y ocre, desde fines de julio, en los Puertos de Góriz, durante el verano de 1988, al que siguió un amarilleamiento intenso durante el otoño. En 1989 en cambio, el pasto seguía verde hasta bien entrado octubre. Paralelamente en septiembre de 1988, era escasa la variedad de hongos fructificados en el pinar subalpino, contrastando con la explosiva diversidad del año siguiente, en las cumbres meridionales de los acantilados de Ordesa.

Sin embargo conviene también añadir que no todos los seres vivos en Aragón, se reproducen en verano; al contrario, los hay que reposan en dicha época. Animales y plantas de área mediterránea, como numerosas labiadas aromáticas y entre ellas el romero y los animales que las depredan, entran en aparente diapausa en la época calurosa y seca y en cambio se reproducen a

<sup>13</sup> del Barrio (1990) comenta hasta qué punto el fondo de las depresiones funciona con independencia estacional, respecto a las laderas y cumbres.



temperaturas más bajas que otros seres vivos de área centro-europea; aprovechan para ello las precipitaciones invernales. El romero florece, junto al Cinca y al Ara bajo, aprovechando las lluvias de pleno invierno (fines de enero a muy avanzado marzo) en verano en cambio, se incrementa su concentración en terpenos (es mucho más aromático) y seguramente dicho cambio influye en la floración-por incidencias en la savia. También algunos de sus defoliales siguen un ciclo paralelo (v. BALCELLS, 1955 Y 1975 y también DICENTA y BALCELLS).

Ciertas especies del tipo últimamente indicado, iniciando la reproducción a fines de otoño, pero más tolerantes, se prestan a múltiples y duraderas informaciones, tanto referidas al régimen climático durante la estación adversa, como al influjo del topoclima, como asimismo conservando rastros informativos y recapitulativos de la evolución del clima en meses anteriores. Una de ellas es el heleboto fétido, planta ranunculácea vascular, de distribución mediterráneo-occidental (quizás más bien "atlántica"), alcanzando los Países Bajos, Italia y África del Norte y que es frecuente en España; en Aragón se la encuentra al menos, desde niveles meso-mediterráneos en carrascal, hasta alcanzar los 2.150 m.s/M, en las solanas de Nerín, sobre el Valle de Vió, en la cumbre de los acantilados que bordean Ordesa por el sur. Pese a que es una planta que pasa muy desapercibida, llama la atención a partir de otoño, su escapo floral, parecido a una alcachofa y de color verde tierno, contrastando con el conjunto pardo del resto de la vegetación.

Suele brotar en septiembre a bajas cotas y algo más tarde en sus límites de altitud. En zona baja, cuando brota el escapo, suele haber perdido por dehiscencia, el seco del año anterior, tras la diseminación de las semillas. En altitud lo conserva seco hasta muy avanzada la estación adversa, indicando que la bonanza primaveral más tardía ha incidido en el retraso de la maduración estival de los frutos. En el transcurso del otoño, el invierno y la siguiente primavera, el escapo aprovecha las bonanzas para progresar en la reproducción. Tales circunstancias, suelen producirse con frecuencia todos los años, a nivel de montaña media (en laderas solanas) y baja no pareciendo producirse interrupciones tangibles en el desarrollo; los frutos maduran en primavera y el escapo seca y cae durante el verano. Los ejemplares ubicados en el fondo de depresiones umbrosas, acusan, ciertos años, la inversión térmica en otoño y primera mitad del invierno, deteniendo tangiblemente el desarrollo del escapo y acusando la helada en las hojas que pudren y secan, cuando han sido afectadas por la niebla y la escarcha de los fondos, de las que se libran las laderas solanas. Dichas diferencias,

se observan en el escapo que permanece sin abrirse en los fondos, de manera similar al de los pies situados en cotas altas.

En primavera la planta de las depresiones, gana el tiempo perdido, florece y fructifica y alcanza el verano con la apariencia de los pies de ladera media solana. En altitud, si el año no es frío (p. ej. 1989-90), sus hojas enrojecen a lo sumo, pero no pudren, sin embargo la recuperación primaveral es siempre muy lenta, la fructificación culmina avanzado el estío y el escapo viejo no suele desprenderse, antes de la brotación del nuevo.

El comportamiento de la planta, revela una vez más, las diferencias topoclimáticas, como ocurría con el desove de rana bermeja.

Sin embargo, también las plantas de heleboro conservan la información acumulada, cuando los años son fríos a todos los niveles, manifestando enrojecimiento de hojas y eventualmente de escapo en laderas solanas; hojas con efectos de helada (secas) en fondos y cumbres altas. Si el frío ha sido general y agudo (1990-91), no sólo las hojas pudren, sino que el mismo escapo conserva manchas pardas, efecto de la helada en sus brotes tiernos y conservando tales efectos tangibles largo tiempo, permitiendo reconstruir posteriormente, durante la estación benigna, las veleidades de la estación adversa.

Las observaciones fenológicas, permiten así descubrir la evolución del clima local, indicando el inicio de la primavera en la localidad, lo mismo que la evolución posterior y hasta los avatares del invierno, traducidos por la actividad de los seres vivos. Por otro lado, cálculos de correlación repetidos durante años, podrían predecir, comprobando el comportamiento anual en ladera baja, las probables fechas de la iniciación de la primavera en altitud, augurando mayor o menor producción de la hierba en pastos altos. También la traducción de sus diferencias según el relieve. Por último, guardando durante la estación benigna, rastros de los avatares en meses anteriores.

Cabe ahora destacar el apoyo de tales observaciones a la detección del clima local, sugiriendo además la necesidad de profundizar en algunas de sus vicisitudes ante los proyectos de ordenación territorial.

## INTERES DE LOS DATOS FENOLOGICOS ANTE LA ORDENACION DEL TERRITORIO

Tener en cuenta los recursos climáticos es un importante tema ante programas de ordenación territorial y sin duda su interés va mucho más allá que el simple relleno de un trámite de pura exigencia administrativa. Tal recomendación es útil a toda suerte de niveles logísticos. Tanto los referidos a estructuras de apoyo, alcanzando al empleo de materiales y forma adecuados en la construcción, trazado selectivo de vías públicas, sostén de taludes y pendientes, ordenación de parques y jardines y apoyo de servicios, como también los aspectos más funcionales de gestión territorial extensiva. Todos ellos debiendo tener muy en cuenta la incidencia de la continentalidad climática y su alcance, modificando la evolución estacional del tiempo atmosférico y la frecuencia repetitiva de sus incidentes. El clima continental de Aragón, creando un entorno ecológicamente "revolucionario", es el causante de mantener biocenosis (= "asociaciones permanentes") apartadas de la climax local y por lo tanto resultando un campo abonado para el mantenimiento de recursos bióticos jóvenes, de gran heterogeneidad genética, capaces de sobrevivir ante las referidas oscilaciones interanuales del medio y adaptarse en su producción, alternando su presencia explosiva (saltamontes en alta montaña), con periodos de acusada rarificación, comportamiento, por su lado, típico, de biocenosis inestables, en etapa sucesional.

Los estudios climáticos previos exigidos, suelen condenarse con frecuencia, al rango de simple formalidad, ignorando luego, su interés práctico de apoyo. La falta de recuerdo, conduce a situaciones anecdóticas, a veces un tanto chocantes: Se han observado así, intentos de setos en los jardines del Pirineo axil apoyados en especies tan mediterráneas, como el romero; planta que tiende en su área propia, a la floración invernal.

Sin embargo, no siempre los efectos son de índole tan trivial, como los del ejemplo elegido. Se ha expuesto ya, en el transcurso de la disertación, como el clima incide en la prosperidad de los seres vivos de forma contundente y en cambio, el acierto en la promoción de una biocenosis adecuada para sujetar un talud puede, no sólo evitar una catástrofe ocasional, sino también, elevadas, ulteriores e inoportunas inversiones y, muchas veces, ambas cosas. En tales situaciones, la ecología coincidiría con intereses económicos, justificando la creación de empresas con tales fines, si bien a veces, no pertinentemente preparadas.

Las observaciones fenológicas en pleno campo, no sólo permiten evaluar el impacto climático local -sustituyendo la ausencia de observatorios suficientes-, sino que, como acaba de indicarse, advierten y sugieren la necesidad de profundizar en el estudio de los datos orientativos, proporcionados por los observatorios meteorológicos próximos. Suele así ocurrir que, el apoyo en simples promedios, es sólo significativo por ámbitos costeros, junto a la acción reguladora del mar sobre el clima; o bien, en Europa centro-occidental, donde, por razones similares de penetración en ausencia de relieves importantes, la evolución estacional suele ser repetitiva, año tras año. Sin embargo las situaciones suelen ser muy distintas, tanto en el centro de los continentes -grandes o pequeños-, como en territorios montañosos, donde quiera que, la acción de los macizos suponga contrastes climáticos acusados, a barlovento y sotavento, de los frentes lluviosos. El simple apoyo en los datos promedio, de territorios de esa índole, es muchas veces una pura falacia; hasta tal punto que, rara vez se produce una evolución estacional del tiempo atmosférico semejante a la indicada por los referidos promedios.

Así lo hemos comprobado recientemente, con el estudio de los ocho años de observaciones meteorológicas del refugio de Goriz (BALCELLS y GIL), revelando, por un lado, el carácter sorprendentemente estepario frío del clima. Donde, por otra parte, sólo en dos de los ocho años, la distribución de las precipitaciones estivales -alterando el déficit hídrico, puesto de manifiesto con apoyo en otros datos registrados por el muy completo observatorio mencionado-, distribuyeron las precipitaciones mensuales de forma *sola* similar al referido promedio.

El ligero máximo pluviométrico primario de otoño, aparecen también en Goriz, sobre el de primavera, es también falaz y frutos de raros diluvios tempestuoso de origen levantino, registrado sólo dos, de los ocho años estudiados; mientras en los seis restantes, si algo caracteriza al otoño, es la prolongación de la sequía finiestival; la que incide, a veces temprano, en el color pardo de la hierba en puertos desde fines de julio en adelante; sequía cuasante también a veces -cuando se prolonga-, del color también pardo de los mismos bojes de ladera baja (1988) y la asimismo escasa presencia de hongos fructificados en los pinares subalpinos y bosques de montaña media higrófila y mesófila.

Dichas circunstancias probables justificarían las normativas gestoras, aplicadas por el hombre desde tiempo inmemorial que, a veces, tienta calificar -con cierta ligereza-, de inexpertos y

por lo tanto inadaptadas y susceptibles de mejora. El hombre -sobre todo el autóctono-; si bien desconocía los datos meteorológicos y tampoco entiende de promedios, actúa, muchas veces, *fenológicamente*, como los restantes seres vivos, gracias a la información acumulada, que permite evitar los cálculos. Resulta así importante revisar en profundidad el tema de la evolución climática interanual, antes de proponer cambios en la gestión y reflexionar, con apoyo en los datos anuales aislados, sobre las causas que permitan explicarla.

Con José Creus (1985), pusimos de manifiesto el contraste de la productividad biótica a niveles similares de altitud, en Alpes y Pirineos, explicando las causas de las diferencias, sorprendentemente favorables a los Alpes, ocupando territorio geográfico de más de cinco grados de superior latitud. Mientras en los macizos europeos, el centeno produce una cosecha en cinco meses, tarda trece en los Pirineos centro-orientales. Mientras en los puertos alpinos es posible fabricar queso, ordeñando vacas bien alimentadas con apoyo en la siega de los pastos próximos, a 2.000m.s/M, rara vez la referida dalla es factible en los Pirineos, a cotas sensiblemente más bajas y aún sólo en aquellos parajes donde incide la precipitación atlántica de primavera.

Dicho contraste cabe atribuirlo a los recursos climáticos, diferentes y desfavorables a la altitud pirenaica. Así, mientras en los Alpes, es sensiblemente mayor la duración del día en el transcurso de las estaciones de días largos (primavera y verano), el cielo suele estar cubierto durante las horas de luz, protegiendo a las plantas de todo exceso; nubes que proporcionan ligeras precipitaciones nivosas al amanecer, asegurando humedad imprescindible y fertilizante; el frío nocturno en cambio, aminora el consumo respiratorio. La situación es diferente en la altitud pirenaica similar, sobre todo la expuesta al mediodía mediterráneo: El exceso de sol "en el que somos ricos" y por tanto de luz, la sequía y el calor rebasan el óptimo asimilatorio, incrementando el consiguiente consumo respiratorio. No deja de ser una irónica contradicción que, nuestra riqueza en sol, sea la causa principal de nuestra mayor pobreza en producción.

En los dos ejemplos últimamente expuestos cabe deducir dos cosas: la necesaria atención al estudio profundo de los recursos climáticos y, como por otro lado, la fenología y la observación de los seres vivos, a veces resulta un índice del clima y lo detecta, sugiriendo la búsqueda de explicaciones adecuadas y, cuando no, el oportuno aviso directo sobre la distribución de los mencionados recursos geofísicos, sobre todo en localidades exentas de observatorios próximos.

Cabe así resumir -con apoyo en los ejemplos anteriormente expuestos-, los diversos aspectos informativos que puede cubrir la observación fenológica a nivel de localidad:

-Permite apreciar la variabilidad interanual y, muy concretamente, aquella referida al inicio de la primavera, manifestada en la floración y la actividad de animales tempranos en la reproducción. A este punto más tangible, cabe añadir las ulteriores matizaciones sugerentes, de la evolución del clima, en el resto de año.

-Se obtienen así, índices de frecuencia en la evolución anual, informando de forma realista sobre el ajuste de los promedios.

- Permite apreciar contrastes y alteraciones de índole topoclimática.

- En algunas especies, se conserva memoria informativa durante largos periodos de la evolución estacional del clima, de forma que pueden reconstruirse retrospectivamente, las incidencias ya pasadas.

- El adelantamiento de la actividad en ladera baja, permite -tras años de experiencia-, hallar correlaciones predictivas sobre sus secuelas en la evolución de los recursos en zona elevada, incidiendo en su aprovechamiento estival.

- El conjunto de datos permite explicar las limitaciones a la producción del territorio y evaluar logísticas de sus aprovechamientos.

Este último aspecto más que los anteriores, nos lleva a una primera reflexión práctica de índole regional. No es fácil utilizar y ordenar un territorio como el aragonés, pertrechado con unos recursos geofísicos que tanto varían en el espacio y en el tiempo y que se manifiestan de carácter evolutivo totalmente impredecible. A Aragón, mejor que a otros territorios de nuestro "pequeño continente" ibérico, le cabe adjudicarse el calificativo de territorio ecológicamente "revolucionario" (en el sentido empleado por el canadiense Danserau) y, sin duda los aragoneses lo saben bien. No es posible que caigan inadvertidamente, en el sueño especulativo de la lechera de la conocida fábula, la cual, feliz, echaba sus cuentas optimistas, antes de derramar la herrada de leche que transportaba sobre su cabeza.

La consideración de los recursos climáticos ante la ordenación del territorio merece muy profundas reflexiones, antes de su adecuada distribución de usos y después de un esfuerzo considerable de estudio, apoyado en intenso realismo y en el conocimiento de la variabilidad

interanual. La Universidad no puede abstenerse de proseguir en tan importante y fundamental tarea, mereciendo un esfuerzo integrado hoy, de muchos de sus doctos especialistas y que ha gozado ya del interés de otros profesores -ora ya fallecidos, ora ausentes-, acogidos también por nuestros centros de investigación en pasadas décadas. La referida información imprescindible para la ordenación de un medio difícil y adverso, cabría concretarla en una frase como la siguiente: "para ser ricos algún día, es necesario que sepamos y exactamente porqué, somos pobres".

No quisiera terminar sin una segunda reflexión dirigida a los profesores de nuestro primer centro docente regional. Sin duda alguna, los territorios con tal carácter ecológico "revolucionario", suelen conservar recursos bióticos genéticamente jóvenes, saludables y capaces de sobrevivir y maniobrar, en definitiva crecerse ante las dificultades y reaccionar ágilmente ante ellas. No me equivoco si hago, en este momento, extensible tal carácter a los recursos humanos de Aragón. En una reunión en la que participaron facultativos de esta Universidad, habida en Torla en octubre de 1989, tuve ocasión de exponer a los médicos pediatras, el gran valor educativo y complementario para la salud del niño urbano, que podría suponer la frecuencia y conocimiento del medio natural y sobre todo del montano. Destaqué un primer tema: la adquisición de vivencias sobre fenómenos de la vida silvestre, aspecto en el que los observatorios y observadores fenológicos pueden jugar una función guía de importante matiz educativo; en segundo puesto, adquirir experiencia sobre las manifestaciones fenomenológicas de un mundo hostil y, en último pero principal lugar, el esfuerzo grande que suponía para el hombre autóctono residir en la montaña y vivir de sus recursos.

Creo haber logrado exponer los objetivos sumarios que me había propuesto: dando cuenta de mis aportaciones a un sector de la Ciencia Geográfica; hasta cierto punto mostrar como las observaciones fenológicas pueden suponer un apoyo de cierto interés, al estudio de los recursos climáticos, insistiendo finalmente, en la importancia regional de tenerlos en cuenta ante la ordenación del territorio.

## BIBLIOGRAFIA

- BALCELLS, E., 1952.- Datos sobre parásitos de *Heliotropum europaeum*, L., en Barcelona. *P. Inst. Biol. Apl.*, 11:125-139, Barcelona.
- BALCELLS, E., 1953.- Estudio biológico de *Haltica lythri* subespecie *ampelophaga*, Guerin-Meneville (*Col. Halticinae*). *P. Inst. Biol. Apl.*, 14: 5-14, Barcelona.

- BALCELLS, E., 1954a.- Estudio ecológico de *Haltica lythri* subespecie *ampelophaga*, Guerin-Meneville. (*Col. Halticinae*). *P. Inst. Biol. Apl.*, 17: 5-37, Barcelona.
- BALCELLS, E., 1954b.- Sobre la distribución geográfica de *Haltica lythri* subespecie *ampelophaga*, Guerin-Meneville. (*Col. Halticinae*). *P. Inst. Biol. Apl.*, 18: 5-41, Barcelona.
- BALCELLS, E., 1955.- Estudio ecológico de *Chrysolina* (= *Chrysomela*) *americana*, Linné (*Col. Chrysomelinae*). *Bull. Inst. Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 31: (8), Bruselas.
- BALCELLS, E., 1956a.- Revisión crítica de orientaciones actuales y métodos en Zoogeografía. *P. Inst. Biol. Apl.*, 24: 5-28, Barcelona.
- BALCELLS, E., 1956b.- Estudio morfológico, biológico y ecológico de *Rana temporaria*, L., *P. Inst. Biol. Apl.*, 24: 81-121, Barcelona.
- BALCELLS, E., 1957a.- Datos para el estudio del ciclo biológico de *Rana temporaria*, L. del Pirineo. *Pirineos*, 13: (43-46): 327-346, Zaragoza.
- BALCELLS, E., 1957b.- Elementos nórdicos en el poblamiento de la cumbre del Montseny. *P. Inst. Biol. Apl.*, 26: 123-126, Barcelona.
- BALCELLS, E., 1975.- Algunos aspectos biológicos y ecológicos de crisomélidos ( insectos, coleópteros) defoliadores de plantas montaraces en territorios mediterráneos. *Ann. Inst. Bot. Cavanilles*, 32 (2): 557-572, Madrid.
- BALCELLS, E., 1976a.- Évenements dans le cycle biologique et caractères écologiques et éthologiques de *Rana temporaria* dans le versant méridional des Pyrénées. *Bull. de la Soc. Zool. de France*, 100 (4): 692, Paris.
- BALCELLS, E., 1976b.- Observaciones sobre el ciclo biológico de anfibios de alta montaña y su interés en la detección del inicio de la estación vegetativa. *P. Cent. pir. Biol. exp.*, 7 (2): 55-154, Jaca.
- BALCELLS, E. y GIL-PELEGRIN, E.,- Consideraciones fenológicas de las biocenosis de altitud en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, acompañadas y apoyadas mediante estudio preliminar de los datos meteorológicos obtenidos desde 1981 a 1989 en el observatorio de Goriz. (En curso de publicación).
- BARRIO, G. DEL RIO, 1990.- El régimen térmico estacional en alta montaña. In: J.M. GARCIA-RUIZ: *Geoecología de las Áreas de montaña* : 115-143. Geoforma Ediciones, Logroño.
- BERGHAUS, H., 1892.- *Berghaus'Phisikalischer Atlas*. Dritte Aufgabe Gotha: Justus Perthes. 75 Karten.
- BLONDEL, J. y HUC, R., 1978.- Atlas des oiseaux nicheurs de France et Biogéographie écologique.- *Alauda*, 46 (2) : 107-129, Paris.
- BLONDEL, J., 1986.- *Biogeografía y Ecología*. 190 págs. Edit. Academia, S.L., León.
- BLONDEL, J., 1987.- From biogeography to life history theory: a multimathematic approach illustrated by the biogeography of vertebrates. *Journal of Biogeography*, 14: 405-422.



- CREUS, J. y BALCELLS, E., 1986.- Reflexiones sobre los límites altitudinales de las residencias humanas permanentes en el Alto Pirineo Aragonés. *Pirineos*. Notas y Comunicaciones, 127: 153-174, Jaca.
- DICENTA, A. y BALCELLS, E., 1963.- Notas ecológicas: *Chrysolina* (= *Chrysomela*) *banksi* F.- (*Col. Chrysomelinae*). *Graellsis*, 20 (1-3): 111-117, Madrid.
- ESPAÑOL, P. y BALCELLS, E., 1965.- Animales del Montseny. *San Jorge*, 55-56: 38-55, Barcelona.
- GUIART, J., 1934.- Climatographie des maladies. In: PIERY, M., *Traité de Climatologie Biologique et Médicale*: 1045-1070, Paris.
- HESSE, R., ALLEE, W.C. y SCHMIDT, K.P., 1937.- *Ecological animal Geography. An authorized, rewritten edition based on Tiergeographie auf oekologischer Grundlage*. 597 págs. John Wiley and Sons, Inc. New-York. Chapman and Hall, Limited, London.
- MARGALEF, R., 1955.- Temperatura, dimensiones y evolución. *P. Inst. Biol. Apl.* 19: 13-94, Barcelona.
- MARGALEF, R., 1959.- Ecología, Biogeografía y Evolución. *Revista de la Universidad de Madrid*, 8: (29-31): 220-273, Madrid.
- MARGALEF, R., 1974.- *Ecología*. 951 págs. Ed. Omega, S.A., Barcelona.
- MARTÍNEZ-RICA, J.P., 1974.- Contribución al estudio de la Biología de los gecónidos ibéricos (*Rept. Sauria*). *P. Cent. pir. Biol. exp.*, 5: 7-304, Jaca.
- MARTÍNEZ-RICA, J.P., 1977.- Observaciones ecológicas en *Lacerta monticola bonnali*, Lantz en el Pirineo español. *P. Cent. pir. Biol. exp.*, 8: 103-122, Jaca.
- MARTÍNEZ-RICA, J.P., 1979.- Los anfibios del Alto Aragón: Un ensayo de Corología. *P. Cent. pir. Biol. exp.*, 10: 7-47, Jaca.
- MIKULSKI, J.S., 1938.- Experimental studies in thermal ecology of developing eggs of some amphibians (*Rana*, *Bufo*, *Pelobates*). *AC. Polonaise des Sciences et des Lettres*. Ser. B. 2: 23-45, Cracovie.
- MUELLER, P., 1979.- *Introducción a la Zoogeografía*, 232 págs. Ed. Blume. Barcelona.
- PALANCA, A., 1987.- *Aspectos faunísticos y ecológicos de lepidópteros altoaragoneses*. 317 págs. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, 2, Jaca.
- PEDROCCHI, C., 1987.- *Fauna ornítica del Alto Aragón occidental*. 225 págs. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, 1, Jaca.
- PHILLIPS, J.G., et Al., 1976.- *Fisiología ecológica*, 248 págs. Ed. Blume, Madrid.
- QUILIS, M., 1934 (1940).- Cálculo de las fajas isocondicionales y de las líneas de máximo desarrollo para los insectos. *VI Congreso Internacional de Entomología*, 2: 447-454, Madrid.

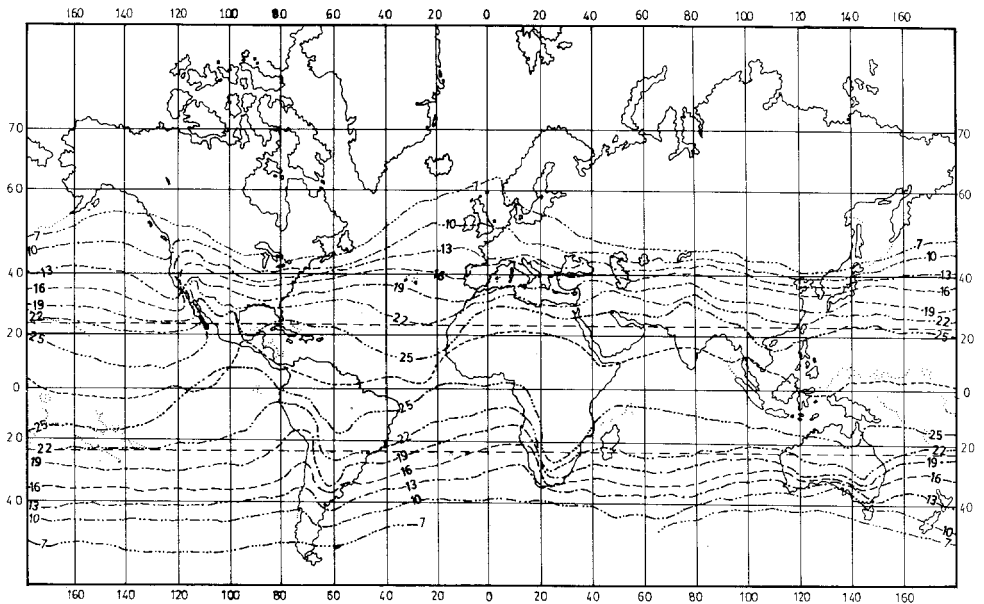


Figura 1

Figura 1.- Se refiere al estadístico de distribución potencial del "pulgón de la vid" (*Haltica*, ssp. *ampelophaga*) y corresponde al trazado de las isotermas anuales. En el centro, con línea de trazos cortos, aparece el "ecudaro térmico" o línea de puntos más benignos a nivel global. Tanto en el hemisferio boreal como en el Sur, la isoterma de trazos largos, corresponde al valor medio calculado: 16° C. A ambos costados y en ambos hemisferios, las isotermas correspondientes a los valores de  $\pm$  el valor de la dispersión cuadrática, respectivamente 19° y 13°C, se han señalado a línea de trazo y punto. Las curvas de trazo y dos puntos, corresponden a las isotermas equivalentes al doble (22° y 10°C) de la dispersión cuadrática. Las de trazo y tres puntos, triple (25° y 7° C) de la misma dispersión, representando así, los valores teóricos extremos de la varianza.

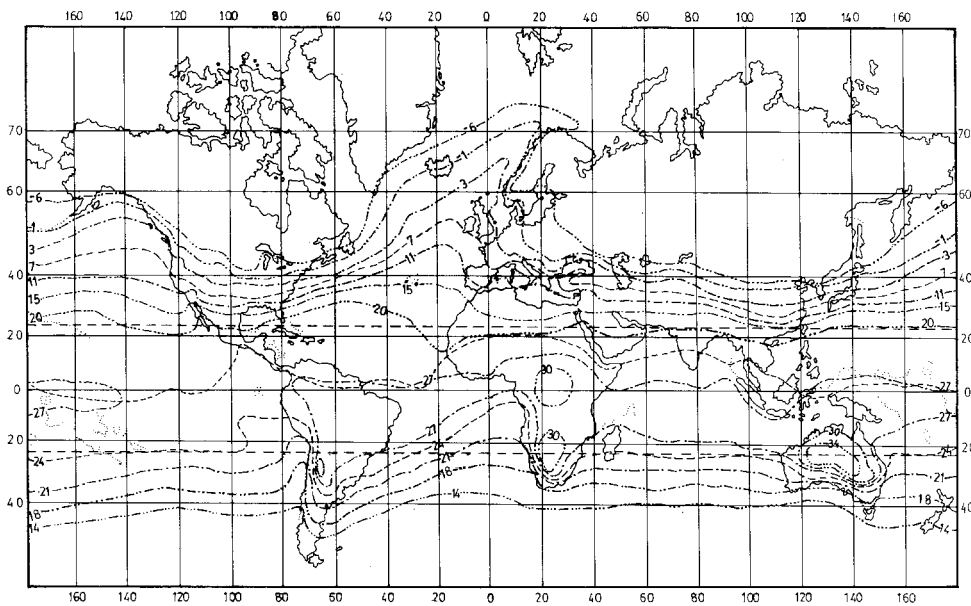


Figura 2

Figura 2.- Se refiere a los valores de enero. El criterio de selección e indivación de las isotermas es el mismo que para la figura 1. En el hemisferio norte la acción de la corriente del Golfo, incide y benigniza las costas occidentales de Europa; se traduce de forma más tangible en la sinuosidad meridiana que en las isotermas anuales. Tanto para el hemisferio norte, como para el austral, las isotermas corresponden al mes de enero. Sin embargo, su elección es distinta; mientras las del boreal, corresponden a los parámetros (medio y de dispersión), hallados para enero, tras el estudio estadístico; para el hemisferio sur -puesto que enero es el mes más caluroso-, corresponden a los parámetros calculados para julio.

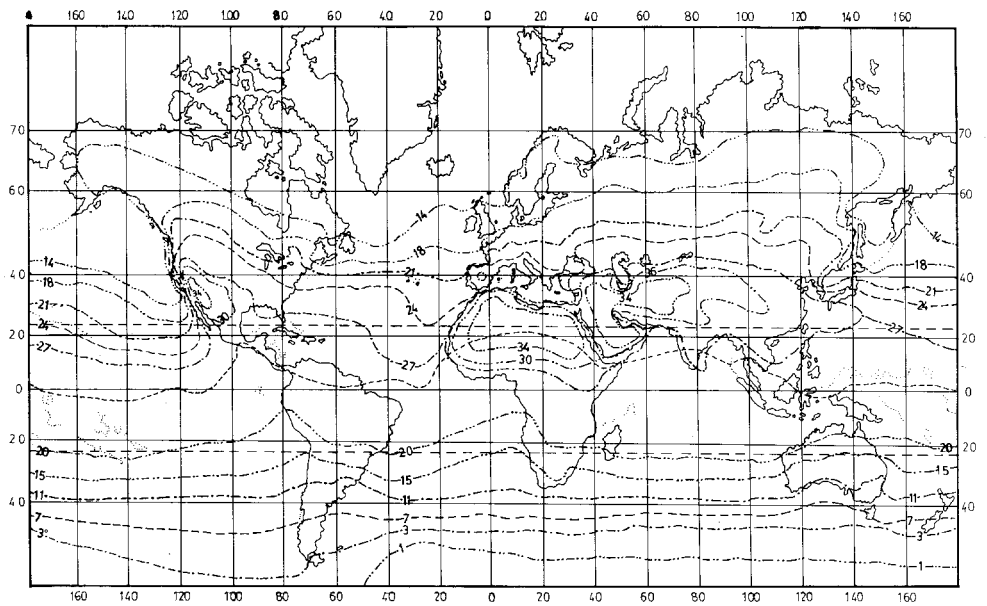


Figura 3

Figura 3.- En ambos hemisferios, las isotermas trazadas corresponden a julio. El criterio de su trazado se apoya también en el análisis estadístico. Las isotermas elegidas corresponden a los parámetros (media y dispersión) del mes más cálido para el boreal; mientras para el sur, son los valores estadísticos obtenidos para enero los que han permitido seleccionar las isotermas australes de julio, puesto que dicho mes es el más frío.

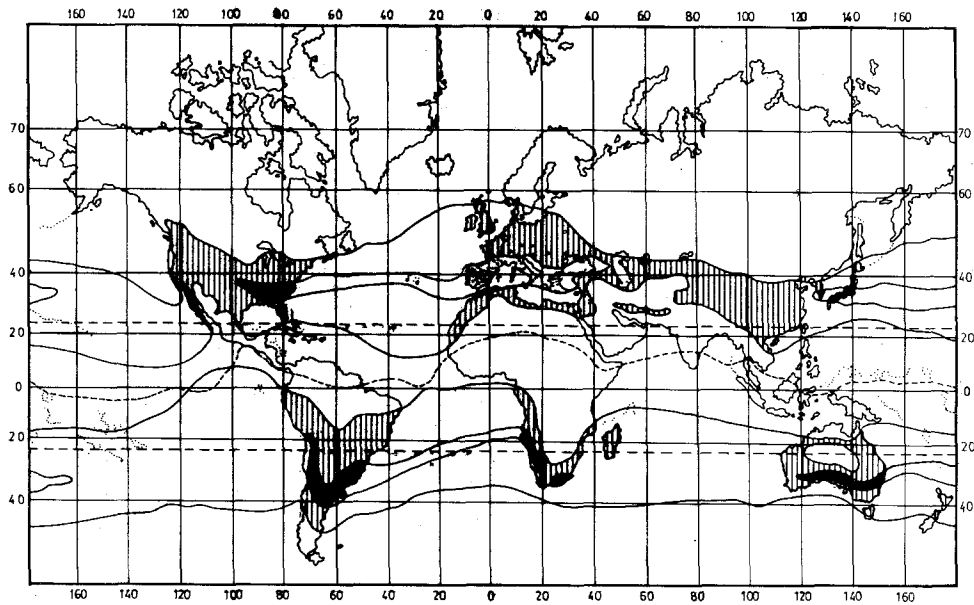


Figura 4

Figura 4.- El planisferio indica las zonas teóricas donde, de acuerdo con los datos y su elaboración estadística, le sería posible sobrevivir al "pulgón de la vid" (trama vertical clara) y manifestarse en plaga (relleno de puntos más densos). Las referidas superficies resultan de la superposición de los tres mapas de isothermas (anuales, enero y julio), señalando en el área grande, aquellos espacios, quedando dentro de los tres valores del triple de la dispersión; igualmente, las de punteado más grueso, incluiría, las superficies integradas en las tres fajas isocondicionales recogidas por las tres parejas de isothermas, equivalentes al valor de la dispersión. Para el mes más frío en ambos hemisferios no obstante, se han tomado como limitantes, sólo los valores negativos de ambas dispersiones, pues cabe pensar que los positivos invernales no constituyen un especial valor limitante. Por razones de escala y presentación, el sector óptimo circunmediterráneo, no se ha rellenado con puntos, pues se ha intentado en cambio, indicar con pequeños círculos negros, las menciones de la especie empleadas en la elaboración de los cálculos estadísticos.

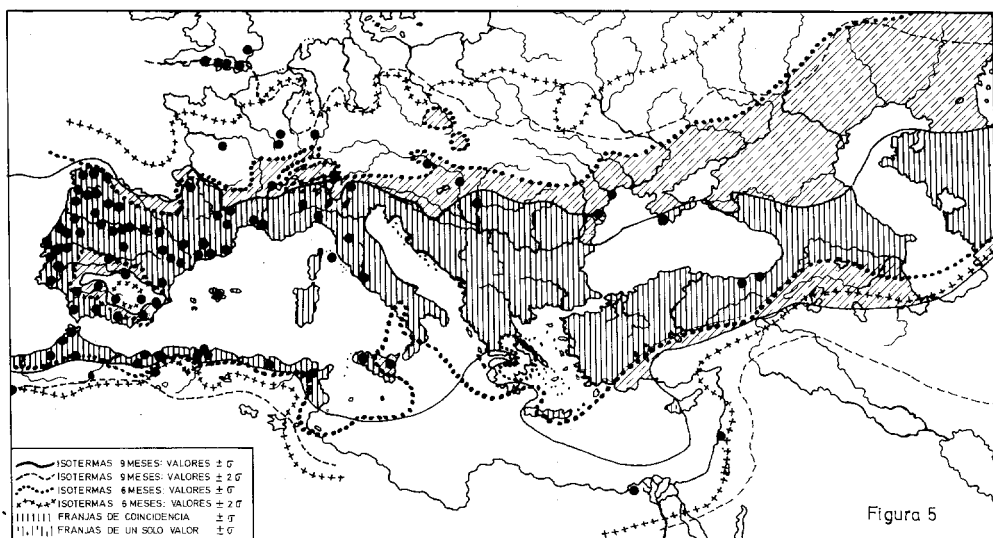


Figura 5

Figura 5.- Se señalan con círculos las localidades europeas, norteafricanas y del Próximo Oriente en que el pulgón de la vid ha sido mencionado. De forma paralela y, tras previa elaboración de un mapa con los valores de las isotermas correspondientes a 6 meses (IV-IX) y 9 meses (III-XI) y los cálculos estadísticos oportunos, se ha elaborado otro mapa (con valores de dispersión), acercándose con mucho mayor detalle a la realidad que los anteriores. El único inconveniente es que el referido mapa sólo pudo elaborarse en su día (v. BALCELLS 1954b), para Europa Central y países mediterráneos. La superposición de ambos valores de los espacios limitados por los dos pares de isotermas correspondientes a valores de la dispersión cuadrática (franja rayada) recoge todos los países donde el insecto se manifiesta en plaga. En una porción más al norte, la franja territorial se ensancha sucesivamente hacia el E, donde la continentalidad creciente del clima, produce mayores diferencias entre las medias de 6 y 9 meses, por ser mayor la oscilación estacional. Corresponde al valor + sigma para las medias de 6 meses, y por ello la coincidencia se estrecha y asimismo la meridional con valores de dispersión para 9 meses se adelgaza. En el mapa aparecen excluidas de los valores "plaga", la región de La Mancha ibérica y el sur de Castilla la Nueva, lo cual no ocurre en realidad. Se impone así en este caso, una corrección de acuerdo con un mapa orográfico y tener en cuenta que las condiciones aparentes de las temperaturas medias a nivel del mar, se suavizan por causa de la altitud real. Cabe destacar además, que la especie se presenta como plaga en aquellos países situados al sur de la isoterma de 16°C para seis meses que, según SORRE, limitaría por el norte, al clima mediterráneo.

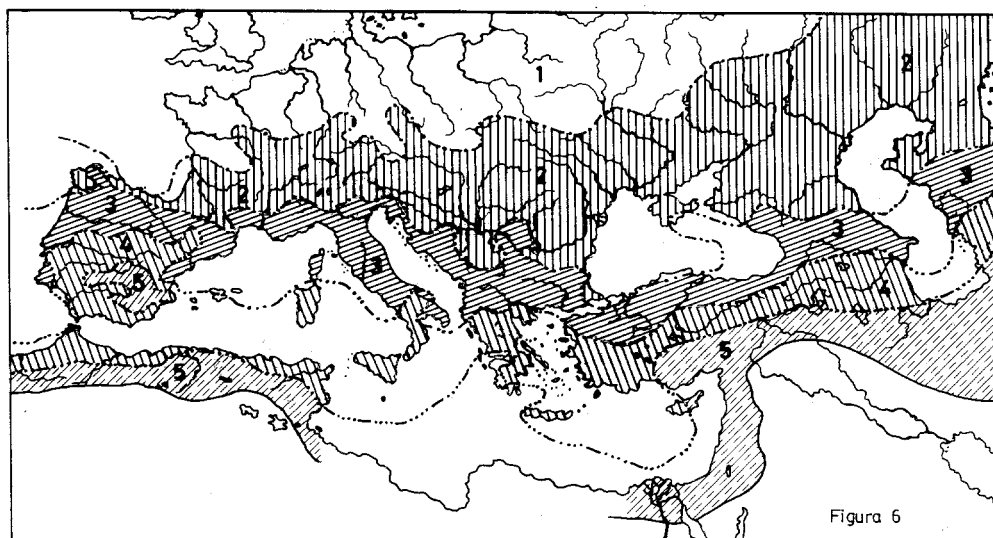


Figura 6

Figura 6.- Cálculo teórico del número de generaciones posibles de acuerdo con las isotermas. Para calcular esos límites teóricos según valores medios de temperatura, se han tenido en cuenta los referidos valores medios durante el período anual benigno, por un lado de acuerdo con lo explicado en el texto; por otra parte los mapas de isotermas construidos al efecto para el mapa nº 5. Puesto que en los países situados al norte de la franja las temperaturas benignas que permiten el desarrollo del insecto sobrevienen más tarde en primavera y desaparecen antes en otoño, se han utilizado preferentemente como limitantes las isotermas de seis meses; mientras hacia el sur se han utilizado los promedios de nueve meses, puesto que el período de desarrollo teórico es más largo. Conviene advertir no obstante, que las isotermas se refieren a temperaturas reducidas y deben así realizarse inmediatas correcciones según cotas locales. Como ocurre en la Meseta Castellana, donde un incremento de 468 m.s/M daría -por ejemplo- una generación menos que la señalada en el mapa.

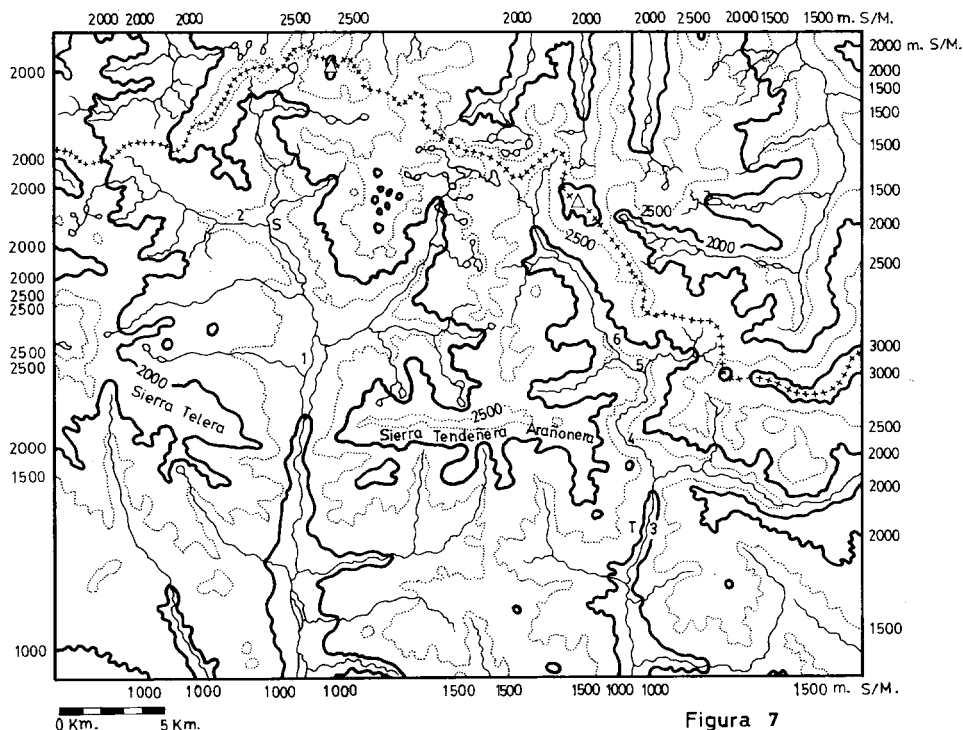


Figura 7.- Se refieren al inicio del ciclo biológico de la rana bermeja. Presenta a mayor escala, el relieve de los altos valles del Gállego y del Ara, alrededor de las Sierras Interiores prepirenaicas, en el territorio declarado "reserva de la biosfera, Ordesa-Vinahamala". Tanto las Sierras Telerá y Tendereña -para el alto valle del Gállego (Valle de Tena)-, como las estribaciones de ellas al sur de Torla para el alto Ara, proyectan acusada sombra invernal en el fondo de ambos valles, incidiendo en el retraso de las bonanzas primaverales y en acusados fenómenos de inversión térmica. De ahí que en años con invierno benigno, se produzca un avance de las bonanzas de ladera alta y soleada, frente a los fondos, lo que incide a su vez, en avances del ciclo biológico y la reproducción de la rana bermeja y con ella en la producción de los biotas en laderas altas, cuyos datos de orden comparado se consignan en el texto. Sendos triángulos indican las cotas más altas en ambos valles: el Balaitús o Pico Moros, es la cima más alta en el valle de Tena. El Vinhamala o Coma Jibosa, corona el alto Ara. S.=Sallent y T=Torla indican la situación de las localidades más orientativas. Con un 1 se indica la antigua charca de la Artosa (hoy desaparecida), en territorio de Tramacastilla y próxima al embalse de Bubal que rellena el fondo del valle de Tena (1.050 m.s/M).- 2. Indica la situación de las charcas más bajas de El Formigal, sobre Sallent en el sector NW.- 3. Corresponde a manantiales junto al camping del Ara, en la ribera, junto a Torla (1.000 m.s./M).- 4. Fuente de las Cucharetas (=renacuajos), junto a la pista de Bujaruelo en balma próxima a Santa Elena (1.220 m.s/M).- 5. Indica el camping sobre explanada contigua a San Nicolás de Bujaruelo (1.380 m.s/M).- 6. Indicaría diversas charcas sobre la pista que conduce al refugio forestal de Ordiso (1.450 m.s/M). En el invierno benigno de 1990, la inversión térmica se notó en uno y otro valle: 4 días de diferencia negativa por 400 m. de diferencia de cotas, en el valle de Tena. Un mes por similar diferencia en el alto Ara.