

UNA APROXIMACIÓN A LA PREDICCIÓN DE LAS ZONAS DE
RIESGO DE *RHIPICEPHALUS BURSA* (ACARINA: IXODIDAE)
EN EL PIRINEO DE HUESCA

Agustín ESTRADA-PEÑA*
Caridad SÁNCHEZ-ACEDO*

ABSTRACT.—*An approximation to the prediction of the risk zones of Rhipicephalus bursa (Acarina: Ixodidae) in the Pyrenees of Huesca province. A new mathematical model was developed to asses the distribution of the tick species Rhipicephalus bursa (Acarina: Ixodidae) vegetational data, as well as on position and movility data performed by the ticks in each vegetational type, and previously studied in seminatural conditions. The model has proved to be an useful tool in the integrated tick management.*

KEY WORDS.—*Mathematical model, Rhipicephalus bursa, risk zones, prevention, Pyrenees of Huesca province.*

* Unidad de Parasitología y Enfermedades Parasitarias. Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria. C/. Miguel Servet, 177. 50013 ZARAGOZA (España).

INTRODUCCIÓN

Los ixódidos, conocidos vulgarmente como garrapatas, comprenden un amplio grupo de artrópodos de gran importancia sanitaria debido a sus características, pues son parásitos del hombre, de los animales domésticos y de los silvestres. Durante los últimos años, y conscientes de su interés en la sanidad animal y humana, se ha incrementado notablemente el número de estudios experimentales sobre dichos parásitos, lo que ha conducido, en definitiva, a una mejor comprensión de sus peculiares características biológicas y ecológicas.

Es preciso mencionar aquí el complejo comportamiento ecológico que exhiben estos parásitos. Hasta un período reciente (década de los 70) no se han conocido los factores ambientales, derivados tanto de la vegetación como de la climatología, responsables de los distintos comportamientos de los ixódidos. Actualmente, se sabe con cierta precisión que la temperatura, humedad relativa e intensidad solar juegan un papel fundamental sobre la actividad y la capacidad de infestación a los hospedadores.

El estudio de la influencia de dichos factores sobre el comportamiento de los parásitos que nos ocupan se plantea prácticamente a partir de la década de los 70. Se partió para ello del conocimiento previo de los mecanismos y establecimiento de las áreas de preferencia ecológica de diversas especies de garrapatas, tras lo que se intentó un método matemático que dilucidara estas cuestiones y ofreciera un instrumento apropiado de defensa contra los ixódidos. El razonamiento es simple: si se puede calcular el riesgo intrínseco de las distintas zonas geográficas, es obvio que el pastoreo de los animales puede realizarse en aquellas áreas libres de los parásitos, con el consiguiente ahorro en medidas químicas de control. En nuestro artículo se exponen los resultados de la aplicación del modelo a ciertas zonas del Pirineo oscense.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. *Planteamiento*

Todas las fases del ciclo vital de las garrapatas se ven influidas por la climatología reinante en su medio. Las fases de puesta de huevos, de incubación de los mismos o de muda están directamente relacionadas con estí-

mulos térmicos y con la evolución anual de la temperatura. Las garrapatas, así, se activan cuando aparecen unas determinadas condiciones de temperatura, humedad e intensidad de luz solar, momento en el cual se encaraman a la vegetación, encontrándose entonces en condiciones de acceder a un hipotético hospedador. Tales valores climáticos son, asimismo, específicos, lo que equivale a concluir que es el clima el responsable de que una determinada especie de garrapata se active en un momento del año en una zona geográfica dada. Sin embargo, la vegetación existente en cada área ejerce un efecto modulador de la climatología local o regional, cuyos valores estándar proporcionan los observatorios climatológicos y corresponden a datos obtenidos en cabina convencional. Sin embargo, la distribución de los ixódidos no depende directamente de los valores climáticos generales así obtenidos, sino de la incidencia de ellos en la evolución concreta del microclima local que los animales sufren. De ahí que sus preferencias térmicas (y, en general, climáticas) dependan de las reales reinantes en su biotopo, dando lugar a un complicado diseño, llamado "en mosaico", que supone la presencia de "manchas" geográficas muy infestadas por estos parásitos, vecinas de otras prácticamente libres de su presencia.

Durante los últimos años, se han venido realizando en nuestra Unidad diversas investigaciones sobre la respuesta de varias especies de ixódidos a la climatología, en condiciones naturales, amén de cuantificar el comportamiento por medio de variados métodos estadísticos. En este artículo pretendemos trasladar el conocimiento que actualmente poseemos sobre la biología de *Rhipicephalus bursa* en condiciones naturales y así aplicarlo a cierta zona del Pirineo oscense, intentando construir un modelo de predicción de riesgo.

Dicho modelo de predicción requiere, pues, introducir un criterio corrector de los valores del clima a escala regional o zonal, dada la función atenuadora posible de la vegetación en el correspondiente biotopo donde el parásito reside, alterando siempre –atenuando o incrementando– los valores y promedios climáticos globales que proporcionan los observatorios meteorológicos convencionales, ora a escala regional, ora zonal. Sin embargo, hasta ahora dicha corrección se ha apoyado en un modelo único, sin tener en cuenta los matices que por ejemplo pueden aparecer según los valores cuantitativos de la cobertura y el porte de las fitocenosis. Dicho criterio incide excesivamente en errores de extrapolación en el espacio, que de-

ben, no obstante, tenerse en cuenta en la interpretación correcta de los datos en cualquier intento de predicción.

El modelo ideado hasta ahora es general, pues no se pretende cuantificar de forma absoluta la presencia de la especie concreta de garrapata en la zona aludida. Las mismas características de los modelos de predicción —que se basan en el cálculo de probabilidades—, el peculiar comportamiento biológico de los ixódidos y la metodología seguida inciden en los datos que aquí se exponen, reduciendo su consideración a mera aproximación dentro de la compleja tarea del control de los ixódidos. Sin embargo, nuestro modelo pretende ya extrapolar los resultados experimentales obtenidos en diversos ambientes vegetales, aplicándolos predictivamente a la zona comentada. Conviene advertir que algunos de los métodos empleados para la construcción del modelo correspondiente con tal objetivo han sido ya publicados con anterioridad. En aras de la brevedad, nos permitimos por lo tanto remitir al lector interesado a la publicación oportuna.

El método seguido, que permite obtener un mejor ajuste, se resume a continuación.

2. Disposición de los parásitos bajo condiciones naturales

Para obtener los datos referentes a la influencia del clima sobre el comportamiento de las garrapatas de la especie *Rhipicephalus bursa* se intentó reproducir las condiciones naturales en un ambiente controlado. A tal efecto, en las praderas existentes en la Facultad de Veterinaria de Zaragoza, se dispusieron tres estaciones de cultivo, que consistían en simples parcelas de la propia vegetación existente, fundamentalmente especies de *Poa*, *Tripholium* y *Dactylo*, amén de otras silvestres. En tales ambientes se instalaron tanto los aparatos de medición climatológica como los parásitos infestantes.

La instalación de los aparatos de medida no merece especial atención expositiva. Con referencia a la selección de las distintas fases biológicas del parásito controladas, se han tenido en cuenta especiales circunstancias de su ciclo específico. De este modo, solamente larvas y adultos se hallan de costumbre libres en el medio. No así las ninfas, puesto que la garrapata que

nos ocupa está federada a dos hospedadores. Solamente se estudiaron, pues, formas larvarias y adultos. Ejemplares en ambas fases se recluyeron en el interior de pequeñas varillas de vidrio huecas, de 100 cm de altura, señalizadas cada 5 cm. Tales varillas de cultivo simularían la vegetación por la que el ixódido, ora asciende, ora desciende, según las oscilaciones de los factores climáticos. Tales varillas, pertinentemente obturadas con algodón en rama en ambos extremos, se insertaron en el suelo entre la vegetación.

Cada una de las estaciones de cultivo así montadas se instaló en ambiente vegetal de distinta cobertura. Se cuantificó así el efecto microclimático de la vegetación, modificante de las condiciones atmosféricas registradas en el observatorio. En tal conversión correctora —que más abajo se detalla— se apoya la extrapolación a los distintos ambientes vegetales planteados por el modelo.

3. *Observaciones efectuadas*

Dos veces al día —con excepción de sábados y domingos, y durante 1986 y 1987— se realizaron las observaciones propuestas, las cuales se referían, no sólo a la anotación puntual de los valores climatológicos —tales como temperatura del aire y del suelo, humedad relativa en ambos ámbitos e intensidad lumínica—, sino también a ciertos aspectos del comportamiento de los parásitos, lo que permitió obtener valores de "posición" y "movilidad" (su definición y discusión de validez se anotaron en una publicación anterior, ESTRADA-PEÑA y SÁNCHEZ-ACEDO, 1988a).

Cabe recordar aquí, sin embargo, que como "posición" se entiende el tanto por ciento del total de parásitos que se hallan en los 20 cm superiores del tubo; indica, pues, la cantidad relativa de individuos de la población capaz de soportar en activo las condiciones climáticas reinantes en el ambiente. El referido dato, si bien constituye un índice aceptable de ciertos aspectos ecológicos de la especie, no resulta de gran valor, considerado aisladamente. Se recurre así al valor de la "movilidad", o sea, una forma de evaluar el estado de actividad de la población de ixódidos entre dos tomas consecutivas de datos. Dicho valor sería el que mejor define el estado fisiológico de la población de los ixódidos sometidos a estudio.

4. *Análisis estadísticos de los datos*

Los datos mencionados apoyan la ulterior manipulación estadística, permitiendo conocer las relaciones de "posición" y "movilidad" de los ixódidos con las variables microclimáticas, así como las incidencias de éstas según los valores del clima regional y los matices, casi siempre atenuantes por causa de la vegetación.

De esta forma, se verificó un análisis de regresión múltiple para los datos de "posición" y "movilidad", frente a las siguientes variables microclimáticas del suelo:

- a) Temperatura media (tomada como la media móvil de las cuatro últimas observaciones anteriores al dato en cuestión).
- b) Humedad relativa media, con el mismo criterio.
- c) Insolación solar media, de igual forma.
- d) Sumatorio de temperatura, desde el instante en que los parásitos se expusieron a las condiciones aéreas, hasta su muerte o el final del experimento.
- e) Sumatorio de humedad relativa, calculado de igual forma que en el caso anterior.
- f) Sumatorio de intensidad lumínica, hallado de igual manera.

La prueba estadística permitió observar la recta de regresión, que predecía la "posición" o la "movilidad", ora de las larvas, ora de los adultos, a diferentes condiciones microclimáticas.

Por otro lado —como más arriba se consigna—, el experimento diseñado, no sólo permite estudiar las reacciones específicas del parásito frente a las variaciones estacionales del microclima de su biotopo de residencia, sino también calcular la correlación entre dichas variaciones y las de los datos macroclimáticos obtenidos en observatorio meteorológico convencional y todo ello para tres tipos diferentes de cobertura vegetal. Las condiciones calculadas ofrecerían, así, un criterio extrapolable de la influencia de la cobertura vegetal y, también, recíprocamente, introducirían en el modelo final que se pretende la influencia matizadora de la misma, utilizando para ello un análisis de regresión polinomial. Se pudo de este modo calcular las variaciones que sufrirían los tres parámetros climatológicos, cuyos valores se habían obtenido en el observatorio para cada caso, quedando así en condiciones de "predecir" valores a la hora de elaborar modelos. Sin embargo,

como también se ha consignado en su momento oportuno, es el descrito uno de los aspectos del método más sujetos a error, puesto que resulta escasamente posible pretender la comparación aquí esbozada con todos y cada uno de los ambientes vegetales existentes en la zona donde se pretende aplicar el modelo, apareciendo así insospechadas variaciones de matiz difícilmente detectables.

5. Construcción y aplicación del modelo

La extrapolación en el espacio de las predicciones se apoyó en las hojas n.ºs 144, 145, 176 y 177 del mapa de "cultivos y aprovechamientos" a escala 1: 50.000, publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Constan en ellos aspectos fitoclimáticos, junto a las características de aprovechamiento en las distintas partes del territorio. Los primeros orientan sobre los datos climáticos de promedio mensual, obtenidos en observatorios meteorológicos convencionales, los cuales, gracias a las ecuaciones de regresión polinomial, calculadas en fase de experimento, permiten deducir los reales microclimáticos referidos a los biotopos donde reside el parásito.

De esta forma, y a partir de los datos microclimáticos deducidos, se realizó el cálculo teórico de los datos de posición y movilidad mensual de las larvas y adultos de *Rhipicephalus bursa* en los distintos ambientes vegetales que mencionan dichos mapas de cultivos y con el margen microclimatológico explicado anteriormente. De este modo, el riesgo teórico de una zona dada vendrá proporcionado por la suma posición+movilidad, realizando un ajuste relativo mediante la siguiente ecuación polinomial expresada en tantos por ciento:

$$y = -7,875 + 7,319 x - 0,254 x^2 + 0,004 x^3 - 0,00003711 x^4 + 0,0000001162 x^5$$

donde "y" es el riesgo real (el expresado finalmente en las tablas) y "x" el riesgo teórico, obtenido como se ha señalado anteriormente. Tales gráficas indican el riesgo aproximado que existiría en una zona dada para el ganado que por ella transite. Todos los datos relativos a la construcción del modelo y su validez en comparación con datos reales han sido ya objeto de otra publicación (ESTRADA-PEÑA y SÁNCHEZ-ACEDO, 1988b).

6. *Presentación de los resultados*

En las gráficas, los diferentes resultados se agrupan bajo la forma de histogramas que indican el nivel de riesgo medio, tanto para las larvas como para los adultos, en %, para cada uno de los ambientes vegetales considerados, con apoyo en los promedios mensuales. El número de mapa que acompaña a cada gráfica se refiere a los mencionados de "Cultivos y Aprovechamientos" editados por el Ministerio. El otro número que encabeza cada gráfica hace referencia al ambiente vegetal según la cuantificación empleada, que es absolutamente arbitraria y que va desde 0,5 (la menor) hasta 2,5 (la mayor). En el encabezamiento de cada epígrafe del apartado de "Resultados", se detallan, asimismo, estos valores. Los gráficos se han agrupado en apéndice por hojas de cada mapa consultado.

RESULTADOS. DESCRIPCIÓN DE LOS HÁBITATS, CON EXPRESIÓN DEL RIESGO EN CADA ZONA

1. *Pastizales de alta montaña* (cuantificación 0,5) (fig. 1, 6 y 13)

Los resultados de las áreas cubiertas por este tipo de vegetación correspondientes al pastizal de montaña se muestran en las figuras mencionadas, situándose las mismas siempre por encima del límite superior de los bosques y ocupando las divisorias más altas no erosionadas, las depresiones y las cubetas y circos glaciares.

Fitosociológicamente, se pueden distinguir, desde un punto de vista muy amplio, las siguientes tres categorías:

- Tasca aragonesa, con *Bromus erectus*, en el borde superior de los bosques.
- Estepa oromediterránea, con *Festuca scoparia*, en solanas calizas por encima del anterior.
- Pasto ansotano con cervunales de *Nardus stricta*, sobre suelos pobres en cal de la parte occidental pirenaica.

El aprovechamiento de los "puertos" tiene lugar exclusivamente durante los meses de julio-agosto-septiembre; su rendimiento varía según las zonas,

tanto por el clima (en casos extremos sólo se utiliza durante un mes, mientras que en otros puede llegarse hasta octubre), como por el suelo, relieve y topografía.

Esta zona no parece constituir un buen hábitat para *R. bursa*, como lo demuestran los resultados obtenidos. Las bajas temperaturas reinantes durante el invierno, así como la nieve que suele caer durante varios meses al año, de un lado, y el casi nulo efecto de modulación que tiene la vegetación sobre las altas temperaturas, de otro, impiden que las garrapatas de esta especie proliferen en los pastizales de alta montaña y que éstos constituyan una zona de alto riesgo.

Para los estadios adultos, se han obtenido valores de riesgo potencial que oscilan entre 20% y 25%; como hemos mencionado, las altas temperaturas y la baja humedad relativa que se aprecia en los pastizales durante el verano son las responsables de que la movilidad de los adultos en la vegetación sea muy baja en esta zona, aunque con datos ligeramente más elevados en septiembre.

En el caso de las larvas de nuestra garrapata, los resultados son claramente distintos. Los datos de la "posición" en la vegetación de estos estadios muestran un máximo durante los meses de invierno y un claro mínimo durante los meses de verano. Pueden existir ligeras oscilaciones en la amplitud de este patrón, consecuencia directa de las diferencias de climatología entre las distintas hojas de los mapas. Estos valores de posición se traducen en elevados tanto por ciento de riesgo, pues los datos de movilidad en la vegetación se muestran claramente negativos, debido, bien a las bajas temperaturas invernales, bien a las altas temperaturas estivales, pues, como ya se ha mencionado, este tipo de vegetación no modula suficientemente la climatología, existiendo evidentes desequilibrios para el ixódido.

Como conclusión, el riesgo potencial de tales zonas de pastizal de alta montaña es muy bajo para *R. bursa*. Pueden existir, no obstante, dos casos particulares. Por un lado, los individuos transportados por los ovinos durante la "subida a los puertos" pueden sobrevivir en esta zona por unos pocos días, pudiendo dar lugar a infestaciones muy leves. Por otro, las especies de garrapatas propias de los sarríos (los autores han encontrado en la zona ejemplares de *Dermacentor marginatus*) pueden parasitar a los ovinos, pero se tratará siempre de ejemplares aislados.

2. *Praderas naturales* (cuantificación 1) (fig. 2, 7, 10 y 14)

Las zonas ocupadas por las praderas naturales, situadas en coluviones, morrenas y terrazas, se corresponden con una agronomía dedicada fundamentalmente a la ganadería. Dentro de la superficie de praderas temporales, las praderas polífitas (*Medicago*, *Festuca arundinacea*, *Dactylo*, *Trifolium repens*) son las que han alcanzado mayor predominio en los últimos años.

El ganado que pasta dichos aprovechamientos es el lanar (Rasa Aragonesa de estirpe ansotana), en otoño y principios de invierno. El vacuno no los pasta apenas, pues se dice en la zona que, si lo hacen, "el ganado se malacostumbra y en otras épocas se baja desde los puertos hacia los prados".

Para el ganado lanar, podemos distinguir, a partir de su bajada de los puertos, dos ciclos:

a) Ciclo no trashumante o estante, que se caracteriza porque el ganado permanece durante los meses invernales en los alrededores de los pueblos. En este caso, los rebaños aprovechan las masas antes descritas, pero por las noches se suelen encerrar en los apriscos.

b) Ciclo trashumante, en el cual el rebaño pasa la invernada en zonas bajas ("la ribera").

En cuanto al ganado vacuno se pueden diferenciar igualmente dos ciclos:

a) Ciclo semiestabulado, en el que, al bajar de los puertos, permanece pastando en las cercanías de los pueblos hasta finales de diciembre, en que se estabula, y hasta que no empieza el buen tiempo no salen a pastar por los alrededores, empezando el ciclo.

b) Ciclo trashumante, en el que el ganado inverna en pardinias prepirenaicas durante las épocas más frías hasta abril-mayo, fechas en las que empieza a subir hasta alcanzar las estivas.

En función de los datos del modelo, se puede catalogar esta área como similar a la anterior en lo relativo a los adultos, aunque aquí comienza a apreciarse un elevado riesgo de parasitación por las larvas durante la primavera y el otoño.

Los datos obtenidos para el riesgo potencial permiten concluir que tal parámetro es algo menor para las larvas durante los meses de verano, como consecuencia de las altas temperaturas y de la intensidad solar. Debido a que los valores de la movilidad son ligeramente superiores en primavera que en otoño (que, como hemos mencionado, son las épocas de mayor riesgo en el área) puede deducirse que la primavera puede ser una temporada de riesgo medio-alto para el ganado que padece en las praderas naturales, con probabilidades de riesgo situadas entre el 50 y el 60%, mientras que éste es ligeramente inferior en el otoño. Se considera muy difícil la parasitación por adultos en esta misma área, aunque pueden existir algunos escasos efectivos durante el mes de septiembre.

Estas áreas parecen ser las responsables de las parasitaciones que los autores han venido observando durante el otoño, provocadas por los adultos, y que no suelen aparecer de forma intensa sobre los animales, sino como individuos aislados. Dichas parasitaciones se presentan siempre después de que los hospedadores han bajado de los puertos y aprovechan las praderas hasta su estabulación, lo que coincidiría con los datos esbozados en el modelo.

3. *Matorral, quejigal, matorral + pastizal* (cuantificación 1,5) (fig. 3, 8, 11 y 15)

Coexisten en la zona distintas asociaciones de matorral, quejigal y pequeñas porciones de matorral y pastizal. El boj (*Buxus sempervirens*) y la aliaga (*Genista scorpius*) indican la degradación que se alcanzó en tiempos anteriores con la práctica del "artigüeo", consecuencia directa de la presión demográfica y del aislamiento a que estuvieron sometidos los territorios montañosos. No obstante, hoy se aprovecha muy poco para la ganadería y precisamente la progresión del matorral se debe al descenso de la carga ganadera. Principalmente, es el ganado lanar el que aprovecha los matorrales en la época en que estos animales permanecen en las proximidades o en los pueblos.

El pastizal de alta montaña con matorral ocupa pequeñas masas localizadas en los niveles alpinos. En los que han sido invadidos por el matorral, es *Buxus sempervirens* la planta más frecuente. El aprovechamiento de tales masas es muy bajo, en muchos casos nulo. El pastizal y matorral, por

su parte, ocupa masas de pastizales que evolucionan hacia matorral a causa de un aprovechamiento inadecuado de las mismas. De otra parte, a medida que la presión demográfica ha ido disminuyendo, no ha sido necesario seguir cultivando sectores casi imposibles de trabajar, en los que se roturaron extensas zonas situadas en pendientes fuertes y que hoy se encuentran invadidas por el boj y las aliagas principalmente. Dichos sectores se sitúan sobre todo en los coluviones inferiores y glacis, sobre las crestas erosionadas y las vertientes de erosión y sobre la zona de calizas masivas.

En este tipo de vegetación, los adultos de *R. bursa* presentan, asimismo, una escasa presión parasitaria, derivada de la todavía insuficiente capa de protección vegetal, que condiciona bajos valores en la posición de estos estadios; sin embargo, ya comienza a apreciarse un aumento en los parámetros de la movilidad, lo que puede llevar a ligeras infestaciones durante los meses de primavera y otoño.

La zona en cuestión es muy peligrosa para el ganado en lo que se refiere a las larvas de *R. bursa*. En efecto, las peculiares características climatológicas del suelo en este tipo de cobertura provocan una "posición" de dichos estadios en la vegetación cercana al 100%. Durante los meses de verano y otoño (fundamentalmente entre mayo y septiembre), el aumento de la intensidad solar y la temperatura provocan elevados valores de movilidad, con el consecuente incremento del riesgo. Como se aprecia en las gráficas mencionadas, este riesgo puede ser del 100% entre junio y agosto.

No parece, sin embargo, tratarse de una zona peligrosa en sentido "real", debido al bajo aprovechamiento que de ella se realiza, tal y como ya se ha comentado. Sin embargo, la utilización de estas áreas puede acarrear graves infestaciones por las larvas de la especie, como se desprende de los resultados teóricos esbozados.

4. *Matorral + pinar* (cuantificación 2) (fig. 4, 9, 12 y 16)

Se trata de bosques por lo general degradados por talas excesivas y situados en solanas que, por su clima y suelo, nunca desarrollan una masa arbórea considerable; en casos particulares se trata de matorral que por su situación en zonas más húmedas ("pacos") va lentamente evolucionando a matorral con árboles. Estas masas se sitúan preferentemente en las barras

calizas y ocupan una gran extensión en la mitad occidental de la zona estudiada. Las especies arbóreas dominantes serían, principalmente, *Quercus* spp. y pino silvestre.

El aprovechamiento en algunos casos es de tipo "boalar" (zona de pasto invernal para ganado vacuno), pero tanto el ganado lanar como el vacuno lo utilizan como zona de tránsito en su trashumancia hacia las zonas bajas. La falta actual de carga ganadera incide en el matorral que se está "cerrando" y su aprovechamiento día a día resulta más dificultoso.

En cuanto al riesgo de parasitación por *R. bursa*, se podría catalogar esta zona de intermedia entre la anterior y la que a continuación se estudia. Por un lado, el incremento en la capa vegetal implica un ligero aumento en el riesgo por los estadios adultos, que puede situarse alrededor del 30-35% en los meses de otoño, como consecuencia del incremento en los valores de movilidad de tales estadios. Al igual que hemos comentado en anteriores ocasiones, en esta zona podrían apreciarse infestaciones leves en el mes de septiembre, momento del aprovechamiento de tales sectores; cabe así concluir lo mismo comentado anteriormente para las praderas naturales.

Igualmente, la zona comienza a ser menos apta para las larvas, a cuyos efectivos se ofrecen menos ocasiones de parasitación, disminuyendo tal riesgo para los huéspedes. Sin embargo, el riesgo continúa siendo muy alto en toda la zona, situándose alrededor del 90%, sobre todo en los meses de verano. La disminución del mismo para las larvas es consecuencia del ligero descenso en los valores de la "posición", aunque los parámetros de "movilidad" continúan siendo muy elevados.

5. Arbolado (cuantificación 2,5) (fig. 5 y 17)

Las masas cartografiadas como arbolado totalizan 19.099 hectáreas, que incluyen superficies arboladas en estado de monte bravo, latizal o fustal y repoblado; es este aprovechamiento el más importante en cuanto a extensión se refiere, pues ocupa el 39,63 por ciento de la superficie total del territorio abarcado por los mapas. Estas masas tienen una finalidad forestal dominante, pero también son aprovechadas por la ganadería. En general, los bosques son pastados durante la época en que sube o baja el ganado de los puertos y, en algún otro caso, se mantiene el ganado mayor en régimen ex-

tensivo hasta que aparecen las primeras nieves, para volver a ellos en primavera. Suelen estar localizados en las cercanías de los pueblos y, durante la época en que no son aprovechados por el vacuno, lo hace el lanar ("boyerales"). Los distintos tipos de arbolado cartografiado son los siguientes:

a) Arbolado de *Pinus sylvestris*, situado preferentemente en las umbrías y dominando de un modo absoluto sobre las restantes masas arboladas; constituye el "pinar musgoso con boj" descrito por MONTSERRAT.

b) Arbolado de *Quercus* spp., que constituye los "quejigales secos jacetanos y prepirenaicos", la vegetación climática entre los 600 y 1.200 metros.

c) Arbolado de *Pinus sylvestris* y *Quercus* spp., casi siempre acompañados de *Buxus sempervirens*.

d) Otros arbolados, fundamentalmente de *Fagus sylvatica* (que aparece de forma muy escasa en la zona de Yebra de Basa), *Populus alba* (en las riberas de los ríos de las áreas cartografiadas) y pino laricio.

La zona referida es, sin duda, la más peligrosa para el ganado en cuanto a la parasitación por *R. bursa*. En la misma, los adultos encuentran una alta cobertura vegetal que los protege de la desecación excesiva, por lo que pueden alcanzar posiciones medias y valores de movilidad considerables en el estrato arbustivo. Tales hechos condicionan la aparición, en los resultados del modelo, de valores de riesgo medio-altos, situados alrededor del 50-70% durante el mes de septiembre, lo cual puede acarrear elevados niveles de infestación en el ganado.

Continuando la tendencia observada en las condiciones de cobertura anteriores, se vuelve a apreciar un evidente descenso en el riesgo de parasitación por las larvas. En este caso, y bajo las condiciones descritas anteriormente, los estudios de *R. bursa* no pueden mantener una movilidad lo suficientemente alta en la vegetación, con el resultado de bajos niveles de riesgo para todo el año, con excepción de los meses de junio a septiembre.

Las graves infestaciones que se han observado en algunas zonas en los animales que acaban de bajar de los puertos pueden estar asociadas al pastoreo de tales áreas. Se explicaría así el gran número de parásitos que los

autores han podido encontrar durante el otoño sobre individuos que acababan de abandonar los puertos.

Finalmente, puede ser una buena práctica ganadera la ejecución de medidas de control químico en las épocas de principio y final del verano; para todas las zonas consideradas en este modelo, los datos nos indican que es aconsejable la realización de tratamientos contra dichos parásitos en los meses de mayo, junio y septiembre. Las cargas parasitarias que se apreciarían durante el verano no parecen justificar económicamente un tratamiento de tales características.

DISCUSIÓN

Durante los últimos años, se ha asistido a un incremento de las investigaciones relativas a la ecología de las garrapatas, particularmente las relacionadas con su capacidad de colonización de distintos hábitats. Destacan así las contribuciones del Dr. GILOT y su equipo (ver bibliografía), en las que se han caracterizado los hábitats preferidos por distintas especies de ixódidos europeos a partir de numerosos estudios de campo.

De una forma similar, el uso de modelos de simulación para la predicción, de una forma u otra, de las poblaciones de parásitos tiene su origen en la utilización de tales recursos en Australia (SUTHERST y DALLWITZ, 1974) o en Inglaterra (GARDINER, 1983; GARDINER y GETTINBY, 1983; GARDINER y col., 1981). Los modelos han tendido, fundamentalmente, a la predicción de los efectivos del parásito según la época del año y nunca a la asociación de una determinada especie con diversos ecotopos vegetales. Los conceptos de "posición" y "movilidad" en la vegetación, que se revelan de extrema utilidad, no habían sido definidos ni utilizados para la descripción de la ecología de las garrapatas en una determinada zona; de hecho, la primera aplicación del modelo, cuyos planteamientos teóricos ya han sido objeto de ciertas publicaciones, es la que apoya las líneas precedentes.

Debe entenderse, por otro lado, que un modelo jamás aporta unos datos "absolutos"; el mayor riesgo de cualquier modelo estriba en concederle mayor fiabilidad de la que tiene. En consecuencia, nuestra aportación únicamente permite tomar unas medidas de control apropiadas, si se considera desde una perspectiva general. Evidentemente, existe una amplia gama de

factores —demasiados para ser incluidos en un modelo por ahora— que condicionan la existencia o la ausencia de las garrapatas de una zona dada y que pueden ofrecer datos distintos a los indicados en estas líneas.

La zona estudiada presenta las típicas características de distribución "en mosaico", aparente en toda suerte de especies de garrapatas. Así, las zonas de pastizales de alta montaña, en conjunto, pueden considerarse como libres de la especie de parásito considerada debido a la escasa humedad relativa, como consecuencia de la delgada capa de vegetación existente. Conforme aumenta la densidad vegetal, la zona se torna propicia para la existencia y subsecuente parasitación por parte de los adultos. Sin embargo, las larvas de la especie que nos ocupa parecen tener un comportamiento distinto, relacionado con su particular forma de responder a los estímulos luminosos: hasta una cierta densidad vegetal, aumenta el riesgo de parasitación por parte de individuos en dicho estadio, para disminuir conforme aumenta dicha densidad, al disminuir la luz que llega al suelo y, correlativamente, la "posición" y "movilidad" de las larvas. Así, las áreas de arbolado son las más peligrosas, como media de todas las estudiadas, a pesar de que en ellas las larvas puedan ostentar un menor índice de riesgo.

Asimismo, puede destacarse que las épocas de mayor riesgo de parasitación son la primavera y el otoño. Aunque no ha sido calculada en el modelo, la mortalidad de estos parásitos es máxima durante los meses de verano (debido a la desecación por escasa humedad relativa ambiental), de forma que, si bien los datos teóricos arrojan alto índice de riesgo durante los meses de mayo a septiembre, las observaciones reales nos inducen a pensar que en el estío el riesgo es muy bajo.

Además de la clara dependencia del clima que las garrapatas muestran, es preciso destacar los matices que la vegetación imprime, independizándose del clima o atenuándolo. Así, en otras observaciones de campo realizadas en el País Vasco (ESTRADA-PEÑA y col., 1988), *Rhipicephalus bursa* apareció como preferentemente asociada al arbolado de la zona de estudio, a pesar de que en la misma existían otras características vegetales muy variadas y un clima más húmedo y frío que el de la zona considerada en este artículo. Cabría hablar, pues —como ya se ha demostrado con otras especies (GILOT y col., 1977; GILOT y PAUTOU, 1983)—, de dos condicionantes en la distribución de los ixódidos, considerados en el modelo y extrapolables a partir de los datos de campo: por un lado, el clima condicionante

de la actividad estacional, y, por otro, la vegetación, que implicaría la distribución espacial y se comportaría como adyuvante de los ciclos anuales por su efecto atenuador del clima en el suelo, o sea, en capas bajas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a la subvención concedida por la Excma. Diputación General de Aragón a un Proyecto de Investigación sobre medidas de lucha y profilaxis contra las garrapatas parásitas del hombre y los animales.

Los autores desean asimismo expresar su reconocimiento al Dr. D. Enrique BALCELLS, del Instituto Pirenaico de Ecología, por los importantes consejos con los que nos ha orientado.

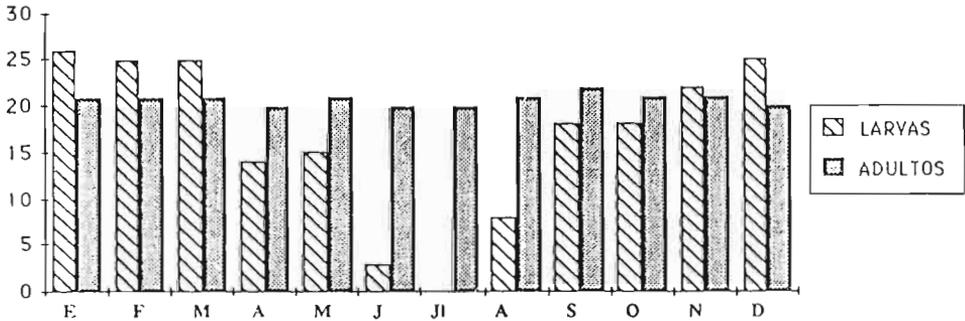
BIBLIOGRAFÍA

- ESTRADA-PEÑA, A. & SÁNCHEZ-ACEDO, C., 1988a. Studies on activity of *Rhipicephalus (Digeneus) bursa* larvae. *Acarologia* (en prensa).
- ESTRADA-PEÑA, A. & SÁNCHEZ-ACEDO, C., 1988b. Un modelo de simulación relativo al riesgo de infestación por ixódidos (*Acarina: Ixodidae*). *Medicina Veterinaria* (en prensa).
- ESTRADA-PEÑA, A.; SÁNCHEZ-ACEDO, C. & DEHESA, V., 1988. The seasonal activity of *Rhipicephalus bursa*, *Dermacentor marginatus* and *Haemaphysalis punctata* (*Acarina: Ixodidae*) in the sheep of País Vasco (Spain). *Acarologia* (en prensa).
- GARDINER, W.P., 1983. A prediction system for the life-cycle of the sheep tick, *Ixodes ricinus*. *Proceedings of the Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine*: 85-91.
- GARDINER, W.P. & GETTINBY, G., 1983. A weather-based prediction model for the life-cycle of the sheep tick *Ixodes ricinus*. *Veterinary Parasitology*, 13: 77-84.
- GARDINER, W.P.; GETTINBY, G. & GRAY, J.S., 1981. Models based on weather for the development phases of the sheep tick *Ixodes ricinus*. *Veterinary Parasitology*, 9: 75-86.
- GILOT, B. & AUBERT, M.F.A., 1984. Le parasitisme des carnivores domestiques par les tiques du genre *Pholeoixodes* dans les Alpes françaises et leur avant-pays: bases écologiques. *Acta Oecologica*, 5 (4): 355-367.
- GILOT, B. & PAUTOU, G., 1983. Répartition et écologie de *Dermacentor marginatus* dans les Alpes françaises et leur avant-pays. *Acarologia*, XXIV (3): 262-273.
- GILOT, B.; ROGERS, P. & LACHET, P., 1985. Données biologiques et écologiques sur les tiques de Lagomorphes dans les Alpes françaises et leur avant-pays. *Acarologia*, XXVI (4): 335-355.

GILOT, B.; JARRY, D.; PAUTOU, G. & MONCADA, E., 1977. Biotopes suburbaines à *Rhipicephalus turanicus*: étude préliminaire. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 52 (3): 353-362.

SUTHERST, R.W. & DALLWITZ, M.J., 1974. Progress in the development of a population model for the cattle tick *Boophilus microplus*. *Proceedings of the 4th International Congress of Acarology*, pp. 557-563.

MAPA 144, cobertura 0,5: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*



MAPA 144, cobertura 1: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*

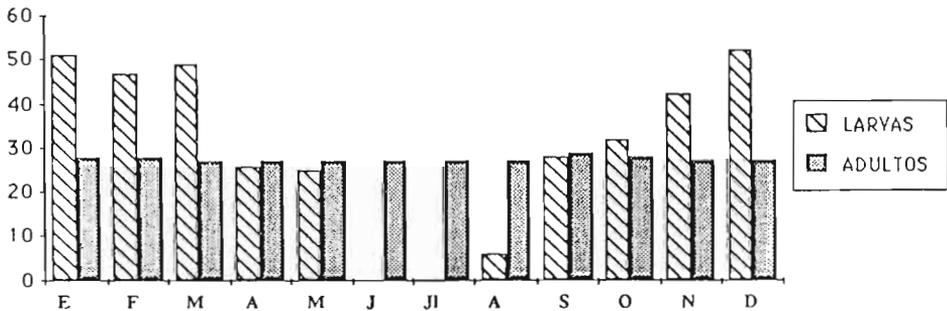
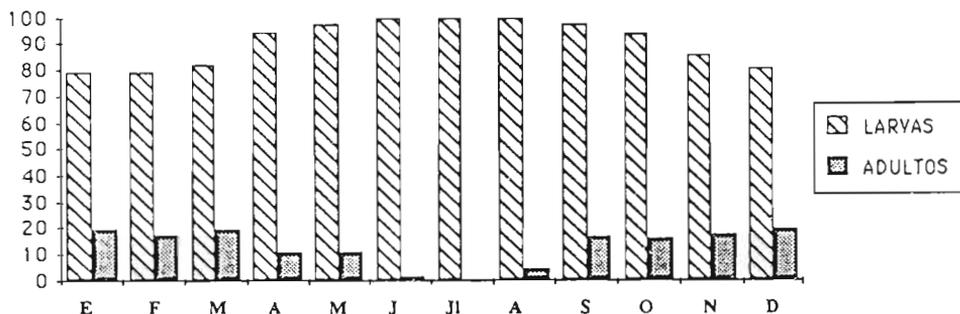
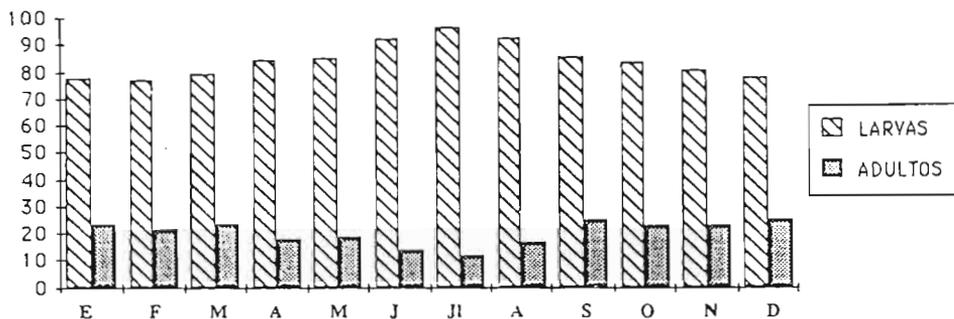


Fig. 1-2: Nivel de riesgo teórico (en el eje de ordenadas) con una base mensual (en abscisas) para los estadios de larva (rayado) y de adultos (punteado) en las distintas zonas consideradas en este estudio. El nivel de riesgo de cada histograma representa la media de los datos obtenidos para el mes en cuestión. Cada gráfica se rotula con el número del mapa representado, correspondiente a las hojas del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y con el nivel de cobertura considerado (ver "Material y métodos" y "Resultados" en el texto).

MAPA 144, cobertura 1,5: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*



MAPA 144, cobertura 2: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*



MAPA 144, cobertura 2,5: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*

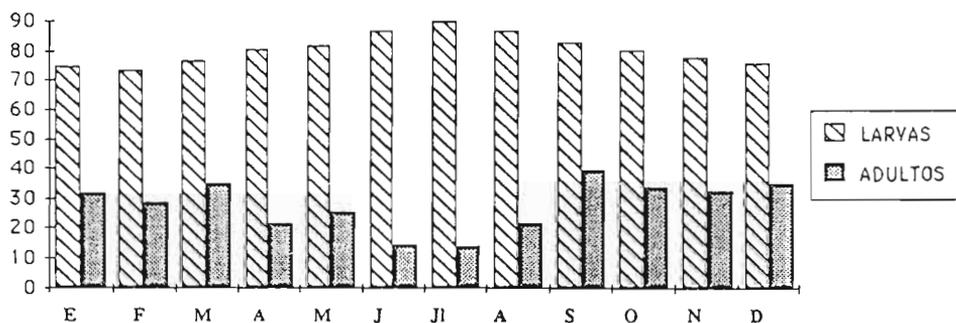


Fig. 3-5: Nivel de riesgo teórico (en el eje de ordenadas) con una base mensual (en abscisas) para los estadios de larva (rayado) y de adultos (punteado) en las distintas zonas consideradas en este estudio. El nivel de riesgo de cada histograma representa la media de los datos obtenidos para el mes en cuestión. Cada gráfica se rotula con el número del mapa representado, correspondiente a las hojas del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y con el nivel de cobertura considerado (ver "Material y métodos" y "Resultados" en el texto).

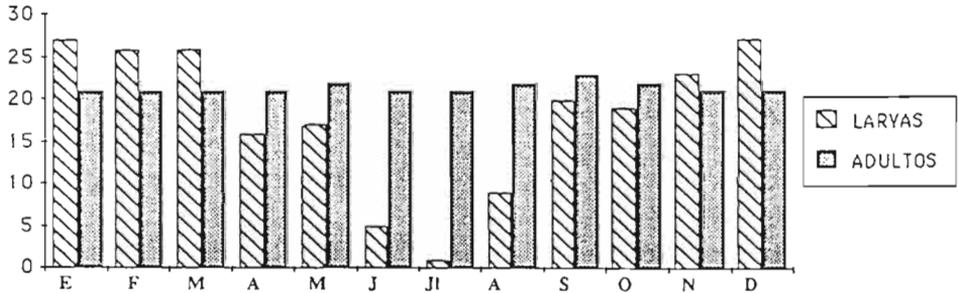
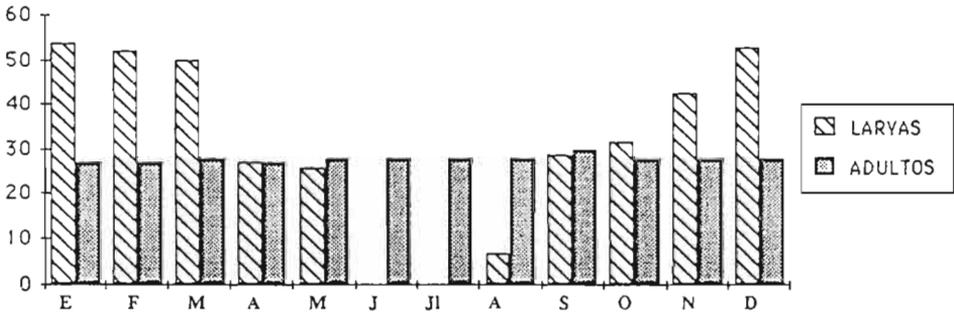
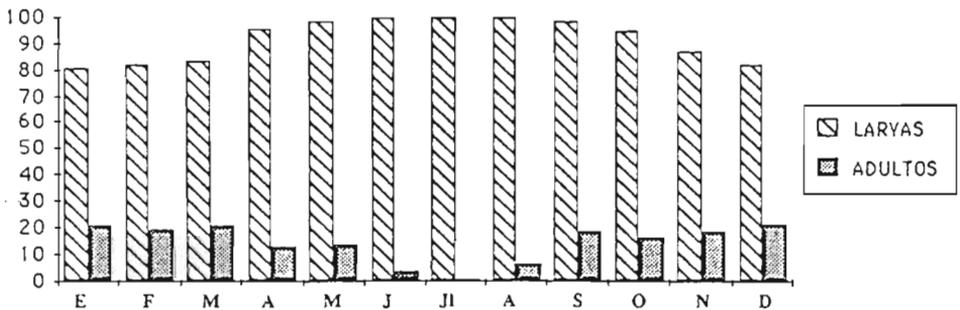
MAPA 145, cobertura 0,5: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*MAPA 145, cobertura 1: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*MAPA 145, cobertura 1,5: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*

Fig. 6-8: Nivel de riesgo teórico (en el eje de ordenadas) con una base mensual (en abscisas) para los estadios de larva (rayado) y de adultos (punteado) en las distintas zonas consideradas en este estudio. El nivel de riesgo de cada histograma representa la media de los datos obtenidos para el mes en cuestión. Cada gráfica se rotula con el número del mapa representado, correspondiente a las hojas del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y con el nivel de cobertura considerado (ver "Material y métodos" y "Resultados" en el texto).

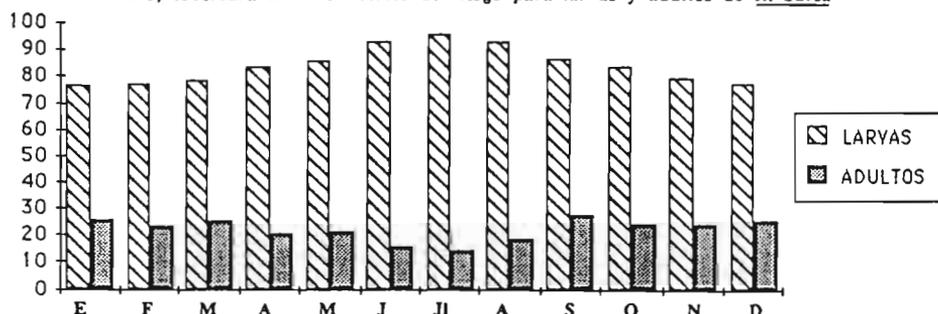
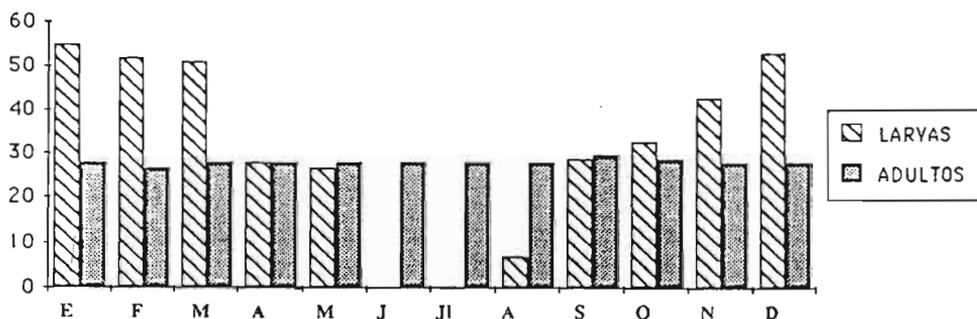
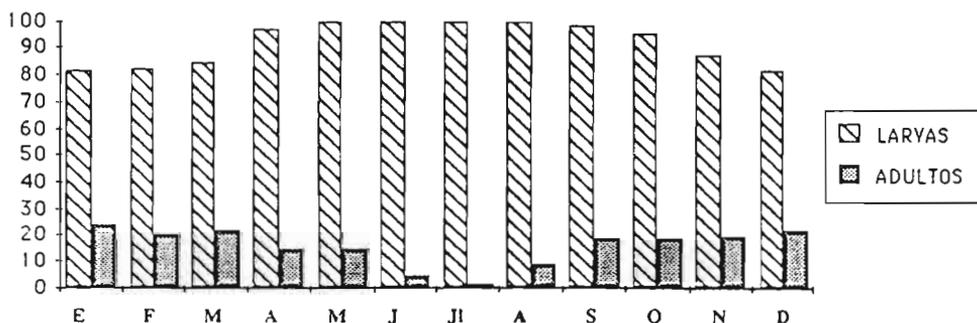
MAPA 145, cobertura 2: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*MAPA 176, cobertura 1: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*MAPA 176, cobertura 1,5: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*

Fig. 9-11: Nivel de riesgo teórico (en el eje de ordenadas) con una base mensual (en abscisas) para los estadios de larva (rayado) y de adultos (punteado) en las distintas zonas consideradas en este estudio. El nivel de riesgo de cada histograma representa la media de los datos obtenidos para el mes en cuestión. Cada gráfica se rotula con el número del mapa representado, correspondiente a las hojas del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y con el nivel de cobertura considerado (ver "Material y métodos" y "Resultados" en el texto).

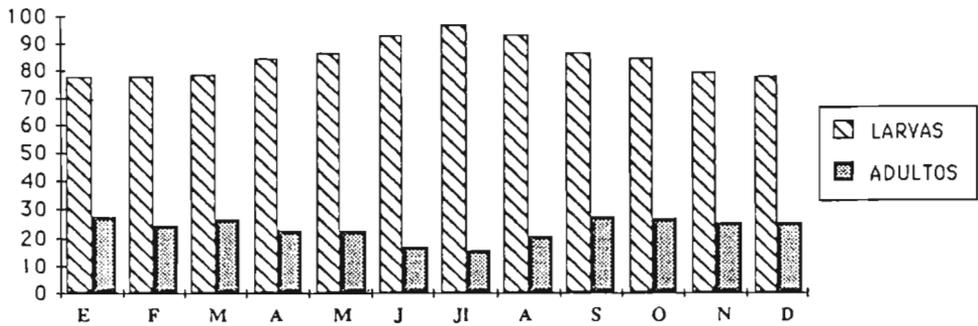
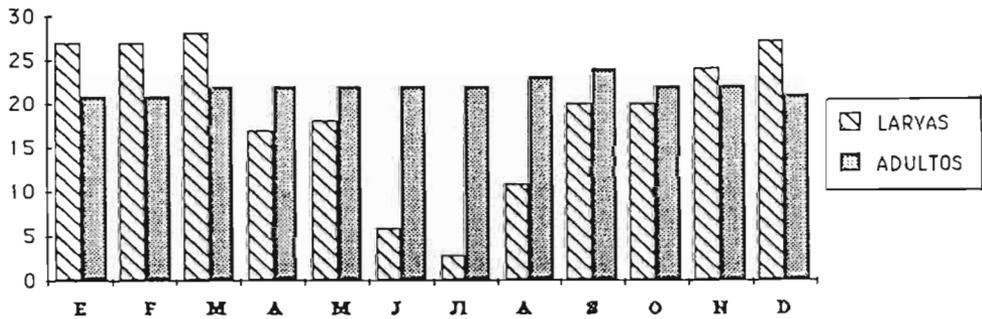
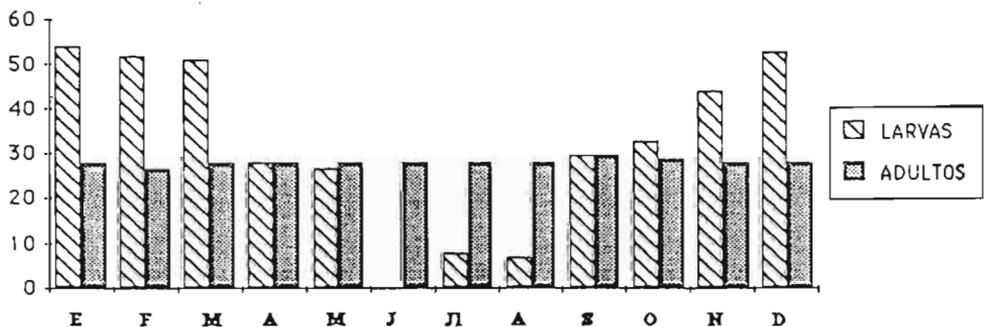
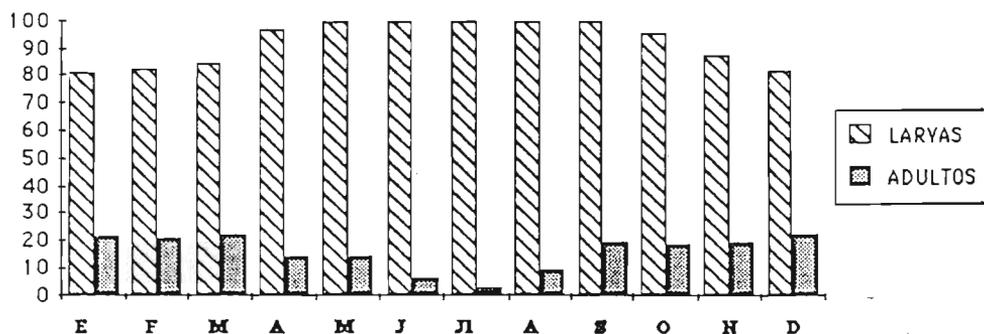
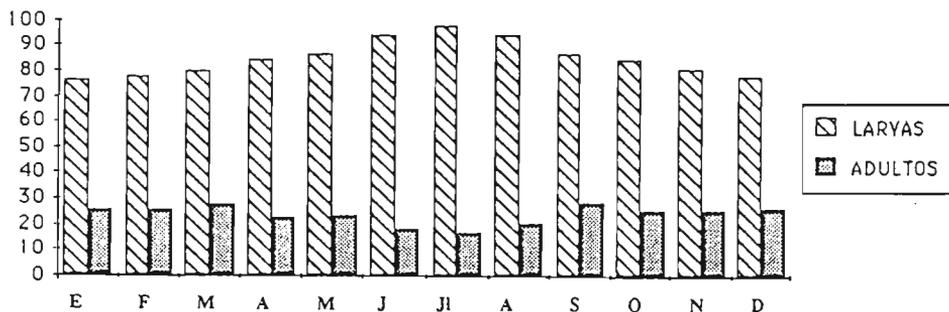
MAPA 176, cobertura 2: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*MAPA 177, cobertura 0,5: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*MAPA 177, cobertura 1: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*

Fig. 12-14: Nivel de riesgo teórico (en el eje de ordenadas) con una base mensual (en abscisas) para los estadios de larva (rayado) y de adultos (punteado) en las distintas zonas consideradas en este estudio. El nivel de riesgo de cada histograma representa la media de los datos obtenidos para el mes en cuestión. Cada gráfica se rotula con el número del mapa representado, correspondiente a las hojas del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y con el nivel de cobertura considerado (ver "Material y métodos" y "Resultados" en el texto).

MAPA 177, cobertura 1,5: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*



MAPA 177, cobertura 2: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*



MAPA 177, cobertura 2,5: Nivel teórico de riesgo para larvas y adultos de *R. bursa*

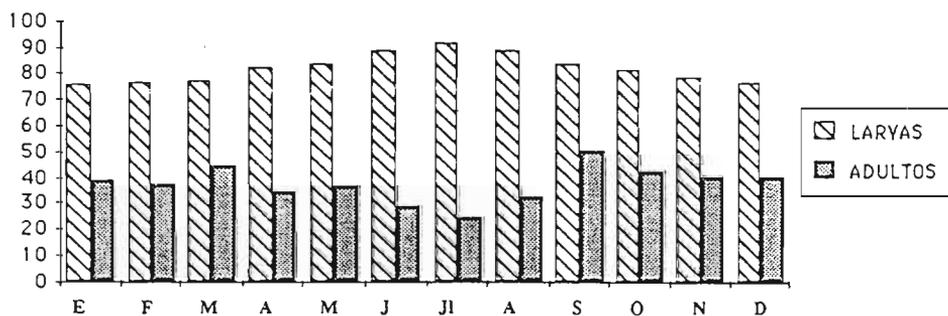


Fig. 15-17: Nivel de riesgo teórico (en el eje de ordenadas) con una base mensual (en abscisas) para los estadios de larva (rayado) y de adultos (punteado) en las distintas zonas consideradas en este estudio. El nivel de riesgo de cada histograma representa la media de los datos obtenidos para el mes en cuestión. Cada gráfica se rotula con el número del mapa representado, correspondiente a las hojas del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y con el nivel de cobertura considerado (ver "Material y métodos" y "Resultados" en el texto).