



EL CONTROL DE PLAGUES:

La lluita de l'home contra la natura

Des dels inicis de la humanitat, l'home ha hagut de superar els constants problemes que la natura anava posant al seu pas. L'aparició de l'agricultura va representar, sens dubte, un dels trasbalsaments culturals més importants esdevinguts al llarg de la filogènesi humana: el descobriment de la relació llavor-planta-fruit (i la seua explotació) marca el nou paradigma sobre el qual l'home desenvoluparia les bases de la seua futura economia. No obstant això, en aquells anys llunyans, l'atac dels insectes, dels aràcnids, dels nemàtodes i dels fongs contra aquells primers cultius, absolutament desprotegits, degué resultar veritablement aclaparador. L'home, d'ençà, ha lluitat dia i nit contra els diferents elements naturals que minvaven les collites i ha desenvolupat sofisticades tècniques per al seu combat. Actualment, els sistemes de protecció vegetal es poden reunir en quatre apartats: la lluita química, la lluita biològica, la lluita dirigida i la lluita integrada.

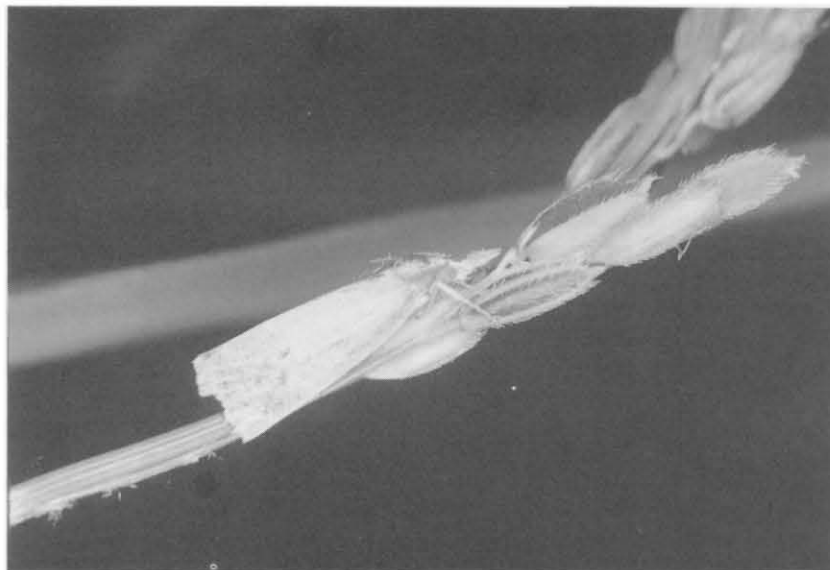
La lluita química, mitjançant la utilització de productes fitosanitaris, ha estat des d'antic el mètode més emprat, en aconseguir ràpidament resultats molt espectaculars. Tanmateix, l'aparició de poblacions resistents, cada vegada més freqüents, i la necessitat d'augmentar progressivament la dosi letal, fan que ben sovint aquest mètode implique importants desemborsaments econòmics per part de l'agricultor. És interessant assenyalar que, durant el 1989, entre els mercats més importants per als productes fitosanitaris es trobava l'estat espanyol, amb un volum de facturació de prop de 70.000 milions de pessetes. Aquesta situació no és gens ni mica favorable per a l'agricultura espanyola, ja que la CEE tendeix, cada vegada més, a

reorientar les ajudes a l'agricultura cap a aquelles que tinguen en el seu desenvolupament el respecte per la conservació de la natura.

La lluita biològica sorgeix de la necessitat de trobar mètodes naturals per al combat de les plagues. Al País Valencià s'ha desenvolupat molt positivament; per això són molt populars els escarabats coccinèlids *Cryptolaemus montrouzieri* que ataca el cotonet (*Planococcus citri*) i *Rodolia cardinalis* que afecta a la cotxinilla acanalada (*Icerya purchasi*). També s'està emprant al País Valencià el paràsit *Aphytis melinus* que ataca al poll blanc de la llimera (*Aspidiotus nerii*). Així mateix, en els cultius de cítrics valencians s'ha introduït l'himenòpter *Cales noacki*, paràsit de la mosca blanca (*Aleurothrixus floccosus*), el qual en els darrers anys ha reduït d'una manera important l'efecte d'aquesta plaga.

De la utilització de productes fitosanitaris i d'organismes vius per al control de plagues es desenvolupa la lluita dirigida. Aquesta modalitat permet la conservació de la fauna útil per al camp, com és el cas de la preservació de les marietes, de les crisopes, dels paràsits adès esmentats o, fins i tot, de l'avifauna nidificant. En aquest sentit, és un mètode de combat força recomanable, en respectar els valors naturals de l'indret. Amb tot, aquesta modalitat es veu reforçada per la lluita integrada, la qual consisteix en l'eliminació de la vegetació dels marges (destruint així possibles refugis per a les espècies plaga), en la utilització de varietats resistents o en la variació de collites.

Tot i això, malgrat que el llaurador valencià poc a poc va abandonant l'ús exclusiu dels productes fitosanitaris, la



Chilo suppressalis. El cucat de l'arròs ataca greument els arrossars valencians





seua utilització segueix sent excessiva. Encara sobreviu en la mentalitat agrària aquella antiga concepció de panacea de «l'insecticida». En canvi, envers els paràsits (i la lluita biològica) l'agricultor acostuma a experimentar un excepticisme complet. El llaurador no acaba de creure's que dins d'un pugó, per exemple, es pugua desenvolupar una avespeta paràsita. Les dimensions el forcen cap a la incredulitat... I la realitat ens mostra que els camperols, generalment, prefereixen la polvorització o fumigació

definitiva i completa dels seus camps. Es fa necessària, doncs, una tasca de divulgació i de conscienciació de la importància de les lluites biològica i integrada i, alhora, de fomentació d'estudis i d'activitats que potencien el seu ús. Aquesta serà l'única manera de què l'agricultor, respectant les lleis biològiques, aconseguisca econòmicament unes collites cada dia més rentables.

Martí Domínguez



Coccinella Septempunctata. La marieta és un dels insectes més beneficiosos dels nostres camps



EL CONTROL DE PLAGUES A LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

La Universitat de València és, sens dubte, un dels centres d'investigació que amb major incidència ve estudiant les espècies plaga que afecten tant a l'agricultura com a les masses forestals valencianes. La Unitat de Zoologia (amb el seu laboratori d'Entomologia i Control de Plagues) i la Unitat de Fisiologia Animal representen els dos punts fonamentals on s'hi investiga la biologia, l'ecologia i les formes de tractament i de control d'aquestes espècies nocives per a l'economia humana. D'altra banda, a la Universitat Politècnica de València i a l'Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA) també es duen endavant interessants i pràctics estudis sobre aquesta problemàtica. La revista MÈTODE ha volgut deixar paleses aquestes importants activitats, de manera que pugua facilitar el més possible el contacte entre els investigadors i els sectors socials més directament implicats.

El laboratori d'Entomologia i Control de Plagues del Departament de Biologia Animal



Les investigacions que es desenvolupen al laboratori de Control de Plagues estan fonamentalment dedicades al seguiment de la biologia del «cucat de l'arròs» en els arrossars valencians, al control dels mosquits en el terme municipal de València, a l'estudi dels pugons valencians i dels seus parasitòids i, finalment, al·anàlisi de la incidència en els cultius valencians de les famílies de lepidòpters plaga.

1. El cucat de l'arròs

Chilo suppressalis (Lepidoptera, Pyralidae), popularment conegut com el «cucat de l'arròs», és la plaga més important dels arrossars, no només dels valencians sinó també dels principals països productors d'aquest cultiu. Les pèrdues produïdes per aquest lepidòpter afecten, de manera considerable, la taxa de producció anual de l'arròs al País Valencià. Les erugues minadores s'alimenten de la medul·la de les tiges d'aquesta planta i, consegüentment, queda totalment debilitada, produint-se sovint la seua ruptura per la base. Les plantes que sobreviuen aquesta infestació presenten les espigues buides. Malgrat que les pèrdues reals encara no estan clarament definides, en general, es pot calcular que aquestes es poden assolir entre un 10% i un 25%, en funció de l'any i de la zona. Al País Valencià, aquesta plaga fou detectada per primera

vegada per l'enginyer Gómez Clemente el 1933 i, des d'aleshores, ha anat progressivament incrementant-se.

Actualment, al laboratori d'Entomologia i Control de Plagues, s'està duent a terme el projecte titulat «Lluita biològica contra *Chilo suppressalis* WALKER en la Comunitat Valenciana mitjançant la utilització dels seus enemics naturals», subscrit entre la Conselleria d'Agricultura i Pesca i la Universitat de València. L'objectiu fonamental d'aquest nou estudi és establir una nova metodologia de control del cucat, la qual redueca o, fins i tot, elimine l'impacte negatiu que representa per al medi ambient l'ús d'insecticides.

D'aquesta manera, els resultats obtinguts durant els darrers anys no poden ser més satisfactoris: s'ha establert la dinàmica del cucat (nombre de generacions, màxims poblacionals, etc.); s'ha realitzat la cria massiva en el laboratori; s'han definit les constants de temperatura i d'humitat que determinen l'aparició i l'evolució de les poblacions d'aquesta plaga. Un dels punts més conflictius del treball ha estat conèixer el complex parasitari de l'arrosar, establint-ne un total de 62 espècies típiques d'aquest ambient. Amb tot, malgrat haver estudiat més de 5.000 larves i crisàlides de *Chilo suppressalis*, cap d'elles ha aparegut parasitària, per la qual cosa s'està treballant actualment amb la possibilitat d'alliberar un parasitòid

exòtic. Amb tot, s'estan iniciant els estudis de l'eficiència del paràsit oòfag *Trichogramma evanescens*, habitualment emprat en el control de piràlids, amb l'objectiu de determinar la seua aptitud per al control del cucat.

D'altra banda, l'estudi també s'està dirigint cap a altres mètodes de control de plagues i així doncs, amb la col.laboració del departament de Química Orgànica de la Universitat de València, està duent-se a terme la síntesi de la feromona d'aquest lepidòpter. Aquesta tasca constitueix un important projecte d'investigació, aprovat per la DGICYT, la qual permetrà en el futur la lluita integrada en els camps valencians.

2. El control dels mosquits en el municipi de València

Els mosquits des de sempre han trobat en les nostres terres —pel seu clima càlid i agradable i per l'alt nombre de marjals, sèquies i basses— una zona molt adient per a la seua proliferació. Per això, el laboratori d'Entomologia i Control de Plagues ve realitzant, des de fa tres anys, un seguiment continu i exhaustiu d'aquest grup en el municipi de València. El conveni subscrit entre la Universitat i l'Ajuntament de València ha permet conèixer amb exactitud quines són les zones de la ciutat que actuen de focus de dispersió d'aquesta plaga. Alhora, gràcies a la utilització d'insecticides biològics, s'ha observat durant el darrer any un fort descens de les poblacions d'aquests culícids. És important assenyalar que es fa necessari un seguiment anual d'aquesta plaga, perquè la gran capacitat d'adaptació que posseeix li confereix magnífiques aptituds per a colonitzar el medi urbà.

3. Els pugons: importants transmissors de malalties víriques

Durant els últims dotze anys, una de les línies d'investigació del departament de Biologia Animal s'ha dedicat a l'estudi dels parasitoïds pertanyents a la subfamília *Aphidinae* (*Braconidae*) i així mateix, lògicament, dels seus albergadors, els quals són exclusivament pugons.

Aquests últims constitueixen probablement el grup entomològic més important des del punt de vista agronòmic, com es desprèn del fet que el 10% dels plaguicides que actualment s'empren a l'estat espanyol siguen aficides. Així doncs, encara que són poques les espècies que es desenvolupen sobre plantes cultivades (alguns centenars), l'extraordinari potencial biològic dels pugons permet la colonització de pràcticament tot el domini terrestre.

Els danys imputables als pugons són de diferent classe i naturalesa, i se'ls agrupa en dues categories: perjudicis directes i indirectes. En els primers, les plantes sovint reaccionen a les picadures dels pugons i aquestes reaccions poden consistir en deformacions foliars de diversos tipus,



Un pugó afectat per una avespeta paràsit

en el retard de creixement dels brots, en l'abortament de botons florals, etc. Però, igualment produeixen en la planta un emmusteïment progressiu que, en els casos més greus, pot originar la mort del vegetal. En canvi, els danys indirectes són essencialment de dos tipus: uns visibles ràpidament per la melassa excretada pels pulgons — en la qual s'estableix el fong conegut popularment per «negrilla»— i altres en principi no detectables, en actuar aquests insectes com un dels més importants transmissors de malalties víriques. La «tristes» dels cítrics o la «sharka» de diferents fruiters, per posar només dos exemples, són malalties molt greus transmeses pels pugons. D'aquesta manera, s'ha calculat que aquests insectes disseminen fins a 300 tipus de virus i, en el cas de l'espècie *Myzus persicae*, s'ha comprovat que pot arribar a transmetre més de 120 malalties.

Tot açò, deixa ben evident la importància d'aquest grup per a l'agricultura. Per tal de reduir la utilització de productes químics, el laboratori d'Entomologia i Control de Plagues ve potenciant l'estudi dels seus parasitoïds. Ara com ara, s'ha estudiat intensament les relacions entre els pugons i els seus parasitoïds, obtenint magnífics resultats com són l'establiment de més d'un centenar de noves relacions pugó-parasitoïd o l'establiment d'alguns centenars de noves relacions planta-pugó, descobrint espècies de la Península Ibèrica desconegudes fins ara. Els





Els pugons constitueixen una de les plagues més resistents als insecticides



Els noctuids, una de les plagues més importants de l'agricultura valenciana

objectius per al futur, no obstant això, són molt ambiciosos, i es pretén realitzar un estudi de la biologia dels pugons de major interès agrícola (*Myzus persicae* i *Aphis gossypii*, entre altres) i dels seus parasitoïds, així com avaluar la resistència als insecticides presentada pels pugons. La finalitat última d'aquests estudis consisteix en establir unes bases per al desenvolupament del control integrat dels pugons, amb l'objectiu fonamental de poder predir el desenvolupament del cultiu i jutjar la necessitat d'aplicació d'uns o altres mètodes de control.

coneguda per tothom en ser el cuc típic de les pomes i les peres. Altra espècie força perjudicial és *Cacoecimorpha pronubana*, un taxó molt dolent i d'extraordinària polifàgia, que al País Valencià afecta fonamentalment als cítrics.

No pot tancar-se aquest apartat dedicat a les plagues agrícoles de tortríctids sense comentar l'espècie *Bactra bactrana*. Aquesta ataca la xufa, un peculiar cultiu basat en l'explotació d'una espècie vegetal (*Cyperus esculentus* var. *sativus*) que a Europa és considerada una mala herba i, per tant, eliminada. En aquest cas, es dona la paradoxal circumstància de què una espècie d'insecte que és considerada en la major part del món com a beneficiosa, en terres valencianes provoca abundoses pèrdues econòmiques.

Finalment, una referència a les plagues de tortríctids de caràcter forestal. Només assenyalar la presència del gènere *Rhyacionia*, la qual inclou almenys tres espècies més que ataquen les coníferes, sent particularment danyoses en els viviers forestals.

4. Altres lepidòpters plaga valencians

a) Els tortríctids

Des del punt de vista econòmic, el grup de lepidòpters més important és, sens dubte, la família *Tortricidae*. Els atacs produïts es caracteritzen per la forma que tenen les erugues d'enrotllar les fulles de la planta de la qual s'alimenten. Aquest comportament —origen de la denominació anglosaxona «leafrollers»— no està de cap manera generalitzat i presenta múltiples excepcions.

La influència d'aquesta família s'observa tant al sector agrícola com al forestal. L'espècie més representativa és *Lobesia botrana*, més coneguda com a cuc del cep. Estesa per totes les comarques vitivinícoles valencianes, sovint acompanyada del també tortríctid *Eupocilia ambiguella*, constitueix una de les plagues més perilloses i que més pèrdues ve ocasionant durant les darreres dècades. La plasticitat de la seua biologia i les pèrdues econòmiques que provoca, han convertit aquest insecte en un dels centres d'atenció preferents de l'entomologia agrícola.

Malgrat tot, encara que el cuc del cep siga la plaga més important, la llista de tortríctids potencialment perjudicials és llarga i complexa. Així, per exemple, als camps d'arbres fruiters les erugues del gènere *Archips* constitueixen un greu problema. La situació es complica encara més si tenim en compte que almenys dos gèneres més de tortríctids (*Cydia* i *Grapholita*) inclouen espècies que causen danys als arbres fruiters. L'espècie *Cydia pomonella* és ben

b) Els tinèids

Al laboratori d'Entomologia i Control de Plagues també s'estan duent a terme algunes investigacions amb altres grups de lepidòpters plaga. Destaca la família *Tineidae*, important grup d'espècies perjudicials, la qual afecta fonamentalment a teixits i a productes emmagatzemats. Moltes són espècies domèstiques i s'anomenen vulgarment arnes o tinyes, com l'arna de la roba (*Tineola bisselliella* i *Tinea pellionella*) o de les estores (*Trichophaga tapetzella*), i el cuc del blat (*Nemapogon granella*). Així mateix, en la família *Gracillariidae* trobem algunes espècies perjudicials, com el cuc de les pomeres (*Phyllonorycter blancardella* i *P. corylifoliella*), aquest realitza mines irregulars en el revers de les fulles de pomeres i pererers.

c) La processonària del pi

La processonària del pi (*Thaumetopoea pityocampa*)





Equip de laboratori d'Entomologia i Control de Plagues

constitueix una de les plagues que més ha preocupat a l'Administració. El seu efecte devastador sobre els pinars valencians és ben conegut i el seu tractament ha originat una llarga polèmica, directament connectada amb la molt controvertida política forestal de les últimes dècades.

La processionària estén els seus efectes a totes les espècies del gènere *pinus*, sent especialment virulents els seus atacs sobre el pi blanc (*Pinus halepensis*) i la pinassa (*Pinus nigra*). El pi canari (*Pinus canariensis*), introduït en algunes zones del País Valencià, resulta especialment atractiu per a aquesta espècie, malgrat que la seua capacitat de regeneració li permet suportar atacs molt intensos. Les erugues de la processionària duen endavant una defoliació característica, acompanyada de les típiques «bosses» on es refugien de manera gregària. Posteriorment s'enterren, fins aparèixer l'adult. Tot aquest cicle, molt simplificat, és molt variable i depèn de les característiques bioclimàtiques de la zona. Generalment, el cicle es retarda en les àrees més càlides i, per tant, a les zones costeres del País Valencià el vol dels adults pot comprendre fins a octubre.

El laboratori d'Entomologia i Control de Plagues ve investigant aquesta important plaga des de fa més de deu anys. Els resultats han estat en general molt favorables i, juntament amb la Conselleria d'Agricultura i Pesca i l'Ajuntament de València, s'han dut endavant estudis en els quals s'ha aplicat diferents formes de control. El més interessant ha estat l'ús de feromones a la Devesa del Saler, on van obtindre's dades de gran transcendència sobre

la fenologia (període de vol) d'aquesta espècie a les zones costaneres mediterrànies. Alhora, també s'ha estudiat a fons el seu complex parasitari, així com l'efecte de l'ús d'inhibidors de la muda. La utilització d'aquest últim mètode, cada vegada més en voga, és molt criticable a causa de la seua incapacitat de discriminació, afectant en general a totes les poblacions d'insectes de la zona tractada.

d) Els noctúids

Finalment, la família *Noctuidae* és un dels grups que posseeix major nombre d'espècies danyoses. De totes les espècies de noctúids, *Spodoptera littoralis* és probablement la plaga més important, la qual ataca durant la tardor un gran nombre de cultius, fonamentalment hortalisses. En segon pla trobem altres espècies, pertanyents als gèneres *Agrotis*, *Heliothis*, *Xestia*, *Peridroma*, *Discestra*, *Mythimna*, *Plusia* i *Autographa*, les quals també són plagues de conreus intensius.

**Ricardo Jiménez, Josep Michelena,
Joaquín Baixeras i Martí Domínguez**
Professors del departament de Biologia Animal
(Entomologia). Universitat de València.



La fisiologia dels insectes i la seua aplicació en noves tecnologies per al control de plagues

Plantes i insectes han interaccionat de manera continuada al llarg del temps i han evolucionat conjuntament. A hores d'ara, des d'un punt de vista merament agrícola, és possible parlar d'aquesta interacció afirmant que els insectes poden ser considerats com els millors amics i, alhora, els pitjors enemics de les collites. Els insectes, efectivament, són els principals pol·linitzadors i també els predadors més importants, particularment si les pràctiques agrícoles són extensives.

Els danys a les collites a causa de l'acció dels insectes no es redueixen als produïts pels atacs directes. En la major part dels casos, aquests danys directes són molt reduïts i, econòmicament, fins i tot insignificants. Tanmateix, les petites alteracions per l'acció dels insectes obrin el camí, generalment, a l'atac per bacteries i fongs, amb uns efectes sovint devastadors si no es prenen les precaucions adequades durant l'emmagatzematge. S'ha arribat a afirmar que l'acció combinada, directa i indirecta, dels insectes provoca la pèrdua de més d'un 30% de la producció agrícola mundial. Evidentment, la distribució d'aquestes pèrdues no és uniforme: mentre que Holanda i el Japó només sofreixen pèrdues de l'ordre del 5%, els països del Tercer Món com l'Índia o el Brasil poden ultrapassar amb certa facilitat el 50%.

Tornant al plantejament original, els anys de coevolució han dirigit la dels insectes de manera particular, conferint-los un elevadíssim grau d'adaptació a les condicions canviants de l'ambient, la qual cosa s'ha traduït en l'aparició d'una sèrie de peculiaritats fisiològiques que els són pròpies i que els diferencien clarament d'altres grups d'animals (entre ells, l'home).

Per tant, serà l'estudi d'aquestes característiques fisiològiques pròpies dels insectes allò que permetrà desenvolupar noves tecnologies de control, capaces de combatre'ls específicament, sense que afecte l'equilibri dels ecosistemes adjacents a les zones de tractament.

La fisiologia dels insectes i els mètodes de control

Algunes de les peculiaritats fisiològiques més característiques —que en ser manipulades des de fora podrien donar lloc a nous mètodes de control— poden ser:

a) Desenvolupament postembrionari discontinu: «Larva—metamorfosi-adult». Aquest tipus de

desenvolupament els permet d'explotar al màxim els recursos que l'ambient posa a la seua disposició en cada etapa. L'ajust s'ha de realitzar amb gran finesa, i els insectes el porten a terme a través de la interacció de dues hormones: l'Hormona juvenil i l'Hormona de la muda o Ecdisona. El nivell circulant d'Hormona juvenil determina quin tipus de muda cal realitzar en cada moment: un nivell alt induïx una muda larva-larva, un descens significatiu marca l'inici de la metamorfosi i un nivell baix determina el pas nimfa-adult. L'Ecdisona induïx la muda sempre que els nivells circulants assoleixen un determinat nivell, però no influeix en el tipus de muda que es porta a terme, simplement regula la successió d'aquestes.

b) Possessió d'un esquelet extern de quitina, la qual cosa els confereix una extraordinària resistència a la dessecació (imprescindible en animals clarament terrestres) i a la major part de les agressions del medi.

c) Diapausa o control de la capacitat de detenció del desenvolupament, cosa que els permet de superar les estacions més desfavorables amb relativa facilitat. Aquests fenòmens es troben també sota control hormonal.

d) Digestió gàstrica en medi alcalí —en contraposició al medi àcid emprat per a la major part dels animals—, la qual cosa els permet un millor aprofitament de la matèria orgànica vegetal.

e) Utilització de feromones per a la comunicació intraespecífica, tant pel que fa als fenòmens reproductius com en altres (com ara l'alarma, l'agregació, la indicació de llocs propicis per a l'alimentació, etc.).

Aquestes característiques que els són pròpies no en són, com a norma general, exclusives. Tanmateix, la naturalesa de les hormones esmentades —especialment l'Hormona juvenil, que és un sesquiterpenoide (fig. 1), o les feromones, que resulten específiques a nivell d'espècie, o la combinació d'algunes d'elles— converteix l'exploració dels punts febles d'aquestes en mecanismes de control altament específics i innocuus per a l'ambient.

Per això comença a ser freqüent la utilització de Dimilin: un compost que interfereix la síntesi de quitina, el qual té una estructura senzilla (fig. 1) i resulta bastant específic i eficaç. D'altra banda, presenta l'inconvenient de resultar fitotòxic davant d'algunes espècies cultivades. També comença a ser freqüent l'ús de feromones en programes de lluita integrada, sia per a la monitorització de les poblacions que es desitja controlar o com a respon-





El laboratori de Fisiologia Animal també treballa en control de plagues

sable directe del control en accions de «confusió» (Confusing) o de «trampeig massiu» (Mass trapping).

La interferència amb el control hormonal de la reproducció i el desenvolupament i, a més a més, la utilització de toxines activades per la digestió en medi alcalí són els mètodes que s'estan estudiant a la Unitat de Fisiologia Animal del departament de Biologia Animal de la Universitat de València, des del 1978 la primera i des del 1989 la segona.

Els estudis sobre el paper de l'Hormona juvenil, els seus agonistes o els seus antagonistes com a agents potencials de control de plagues —mitjançant la interferència amb els processos reproductius i/o del desenvolupament— han estat finançats successivament per la Fundació Juan March, la Comissió Assessora d'Investigació Científica i Tècnica, el Comitè Conjunt Hispano Nord-americà, la Comissió Interministerial de Ciència i Tecnologia i la Comissió de les Comunitats Europees, a través de diferents programes d'investigació, els quals s'han coordinat tant a nivell nacional com internacional.

El plantejament bàsic de les investigacions se centra en l'estudi en profunditat dels mecanismes fisiològics regulats per l'Hormona juvenil (fig. 2), susceptibles per tant de ser alterats mitjançant la manipulació externa dels nivells d'hormona circulants en l'interior de l'insecte, bé per l'increment d'aquests per mitjà de la utilització

d'agonistes o bé per la seua eliminació per mitjà del tractament amb antagonistes.

El desenvolupament de tecnologia de control basada en el primer dels principis esmentats, la utilització d'agonistes, va ser proposat per Carrol M. Williams, de la Universitat de Harvard, en el seu article «Third generation Pesticides» (1967), aparegut en la revista *Scientific American*. Aquesta aproximació ha proporcionat bons resultats si els danys causats pels insectes es produeixen durant l'estat adult (plagues del ramat, mosquits vectors de malalties, etc.), puix el tractament amb l'hormona o algun agonista específic bloqueja la metamorfosi i, conseqüentment, impedeix l'aparició dels adults. A hores d'ara existeixen alguns productes registrats com a insecticides, dels quals el més conegut és l'Altosid, l'Entocon o el Metopreno (fig. 1), de la firma nord-americana Zoecon Corp. A la nostra Unitat s'ha treballat amb derivats d'un terpè molt abundant a Espanya, l'Alfa-pinè, i s'obtingueren alguns resultats interessants durant els anys 1979-83.

No obstant això, per al control de plagues agrícoles - els danys de les quals estan produïdes per larves - s'hi fa necessària una aproximació diferent. Tot i que la disrupció de la metamorfosi evita l'aparició d'adults i, conseqüentment, l'extensió de la plaga, els danys ocasionats per les larves ja s'han produït quan se'n obté el control.

Resultaria molt difícil convèncer els agricultors de la bondat d'aquest mètode, encara que se'ls garanteix la inexistència de la plaga en futures collites, quan la que es pretenia salvar ja s'ha perdut. Per a un control efectiu d'aquest tipus de plagues resulta imprescindible limitar, tant com siga possible, el desenvolupament larvari, per tal de reduir els danys causats. Si s'antagonitza l'acció de l'Hormona juvenil, induint una caiguda dels nivells circulants de l'hormona, es pot reduir dràsticament el desenvolupament larvari, perquè es produeix una metamorfosi precoç. D'aquesta manera, no només s'escurça el període en què les larves produeixen danys, sinó també s'evita el seu creixement, amb la qual cosa els efectes que cada larva produeix són també menors i, a més a més, els adults precoços resultants de la metamorfosi avançada són estèrils i en molts casos inviàbles, i tot plegat se'n obté un millor sistema de control.

El desenvolupament de tecnologies de control de plagues basades en aquesta aproximació fisiològica va ser proposada, per primera vegada, el 1976 per William S. Bowers i els seus col.laboradors de la Cornell University, en un article aparegut a la revista *Science*. Un any després, i també a través d'un article a la mateixa revista, W. S. Bowers i R. Martínez Pardo estenien les possibilitats del mètode en demostrar la seua efectivitat produint esterilitat en femelles adultes, on l'Hormona juvenil exerceix un paper important (fig. 2) com a hormona gonadotrofa controlant la reproducció.

Actualment, són precisament aquests aspectes els que s'estan investigant al nostre laboratori, en col.laboració amb els equips dels següents professors: E. Primo Yúfera, de la Universitat Politècnica de València; W. S. Bowers, de la University of Arizona at Tucson (USA); A. De Loof, de la Katholieke Universiteit Leuven (Bèlgica); i A. Girardie, de la Université de Bordeaux (França). Fruit de la col.laboració amb ells ha estat el descobriment d'alguns productes químics naturals amb activitat antagonista de l'Hormona juvenil en assaigs específics de laboratori «in vitro» sobre diferents espècies d'insectes. El seu desenvolupament tecnològic per convertir-los (aquests o els seus anàlegs) en la base d'un nou sistema de control de plagues, és un dels reptes que ens hem marcat per al futur més pròxim.

La síntesi biològica d'insecticides

Fins fa poc es dissenyaven els productes insecticides tot pensant, bàsicament, en molècules orgàniques capaces de travessar fàcilment la cutícula dels insectes i accedir, amb relativa facilitat, als punts clau on es desenvolupava la seua acció tòxica. Les proteïnes, en canvi, són composts que, per les seues característiques moleculars, no poden

travessar amb facilitat l'esmentada barrera protectora, per la qual cosa es fa indispensable dissenyar no només productes actius sinó també les vies d'accés al medi intern de l'insecte perquè aquests productes puguen portar endavant la seua acció.

El primer punt, la recerca de productes proteïcs actius, és relativament senzill, perquè es coneixen des de temps antic toxines —com les d'algunes bacteries del gènere *Bacillus* (*B. thuringiensis* i *B. popilliae*, per exemple)— que resulten específiques per a alguns grups d'insectes (Bellés, 1988; Horn, 1989). El major inconvenient que presenten aquests productes és la seua labilitat en condicions de camp. Per exemple, la vida mitjana de la toxina de *Bacillus thuringiensis*, en aquestes condicions, no supera els 2 o 3 dies, la qual cosa —tenint en compte que les poblacions naturals no solen estar sincronitzades i que l'esmentada toxina resulta més eficaç durant els primers estadis larvaris— suposa l'aplicació continuada de la toxina durant 1 o 2 mesos, si es desitja obtenir un bon nivell de control. Aquest fet implica uns costos de tractament molt elevats.

Amb tot, el manteniment d'unes dosis elevades de toxina en l'ambient és un factor de risc força greu, perquè suposa una pressió de selecció molt alta sobre l'espècie que es pretén controlar, cosa que afavoreix l'evolució de resistències. Per a la toxina de *B. thuringiensis*, només se'n havia demostrat un cas, fins el 1988, en una espècie d'arna de la farina, en la qual les característiques del medi en què viu l'insecte afavoreix especialment aquest fenomen; tanmateix, en els últims anys s'han descrit soques resistents de *Plodia interpunctella*, un cuc que ataca les crucíferes cultivades, en llocs tan distants com Florida o Hawaii.

Per pal.liar aquests problemes, les tècniques de biologia molecular representen, potser, un avanç sense precedents en la història del control de plagues. En efecte, actualment, per mitjà de tècniques d'ADN recombinant, és possible d'introduir gens estranys en les cèl.lules d'un ésser viu i, mitjançant la utilització de la tecnologia adequada, aconseguir que els susdits gens s'expressen. Aquesta darrera idea resulta ser la base d'un nou concepte per al control de plagues: el desenvolupament de plantes a les quals s'ha dotat de gens procedents d'espècies microbianes o de qualsevol altre organisme preferentment vegetal, que codifiquen proteïnes tòxiques per als insectes que les ataquen. La planta així dissenyada és capaç d'autoprotegir-se de les agressions causades pels insectes.

Un altre avantatge addicional que presenten les plantes transgèniques deriva de l'extensa biblioteca de gens coneguts, els quals són capaços de ser expressats per les plantes en funció del grup d'insectes que es desitja combatre. Ací teniu alguns exemples: en primer lloc, M.





El professor Martínez Pardo estudia l'efecte dels insecticides sobre les plagues

Vaeck i els seus col.laboradors de l'empresa belga Plant Genetic Systems (veure Vaeck i col.ls., 1987) van aconseguir introduir en plantes de tabac el gen que codifica l'Alfa-endotoxina de la varietat «berliner» de *B. thuringiensis*, fent servir com a vector un plàsmid de la bactèria *Agrobacterium tumefaciens*. Les plantes resultants són resistents al cuc banyut del tabac *Manduca sexta*. També, científics d'aquesta mateixa empresa van aconseguir inserir un gen procedent de *B. sphaericus* —que codifica una biotoxina— en les algues blaves on s'alimenten les larves de mosquits anòfels, responsables de la transmissió del paludisme. Coneixent la quantitat d'éssers humans exposats a la malaltia i considerant que les espècies de mosquits transmissores són, en bona mesura, resistents a la majoria d'insecticides químics, aquest descobriment és d'importància transcendental (Bouguerra, 1991).

Convé destacar, a més a més, que les plantes transgèniques no han de ser necessàriament produïdes a partir de gens procedents de bactèries. Científics de l'empresa nord-americana Calgene (Osborn i col.ls., 1988) han transferit el gen que codifica l'arcelina —proteïna de la bajoqueta silvestre *Phaseolus vulgaris*— a conreus de bajoqueta d'importància econòmica i, alhora, han convertit aquests darrers en resistents a una de les seues plagues més importants, *Zabrotes subfasciatus*, sense afectar gens ni

mica les propietats nutricionals de les plantes transgèniques resultants.

Els primers resultats indiquen que, mitjançant la utilització de promotors adequats, es pot regular la quantitat de component tòxic present en els teixits de la planta i, fins i tot, es pot aconseguir que no tots els teixits expressen els mateixos nivells de component actiu. Aquest fet representa un avantatge molt important, ja que -donat un comportament alimentari, propi de l'espècie que es pretén combatre- resulta teòricament possible dissenyar la planta de manera que el control obtingut atenyi les màximes cotes d'eficàcia, tot mantenint alhora, a nivells tolerables, la pressió de selecció exercida sobre l'espècie que es controla.

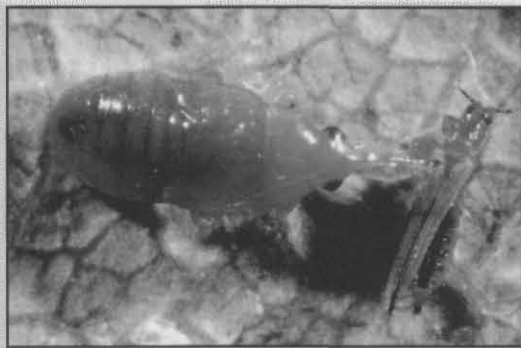
En aquest sentit, en col.laboració amb l'empresa belga Plant Genetics Systems i amb la francesa Clause Graines d'élite i amb el suport de la Comissió de les Comunitats Europees dins del Programa ECLAIR, es desenvolupa una línia d'investigació a la Unitat de Fisiologia Animal del departament de Biologia Animal, juntament amb el departament de Genètica, sobre la possibilitat d'utilització d'aquestes plantes transgèniques i el desenvolupament d'alternatives i estratègies d'ús que minimitzen el risc d'aparició de resistències.

ELS ÀCARS I EL SEU CONTROL BIOLÒGIC

La Unitat d'Entomologia Agrícola del departament de Producció Vegetal de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Agrònoms desenvolupa la seua tasca investigadora en diferents aspectes relacionats amb el control de plagues dels conreus i, en particular, en mètodes o tècniques destinades a millorar l'actual estratègia de lluita contra plagues.

Un dels aspectes fonamentals en l'activitat de la Unitat és l'estudi dels efectes secundaris dels pesticides en la fauna útil. S'hi apliquen les tècniques d'avaluació més recents, considerades com a estàndards per diversos organismes europeus, a fi de conèixer l'impacte dels productes fitosanitaris en els organismes beneficiosos —de major interès des del punt de vista agrícola— per al control biològic de plagues. Es disposa del material i d'instal·lacions adequades per realitzar aquest tipus d'assajos, i s'assegura l'actualització permanent de les tècniques emprades mitjançant el contacte continu amb institucions coordinadores a nivell europeu.

Un altre aspecte amb el qual es treballa és l'avaluació de l'acció dels pesticides sobre els insectes i àcars, des del punt de vista de l'eficàcia en la seua acció. Habitualment es duen a terme assajos de pesticides al laboratori i al camp, per tal de determinar i d'avaluar l'eficàcia insecticida de formulats plaguicides, emprant tècniques estandarditzades i acceptades universalment com a les més idònies per a l'avaluació. Especial interès tenen els estudis sobre el desenvolupament al camp de línies d'insectes resistent a productes fitosanitaris, els quals es duen a terme de manera contractual per diverses empreses



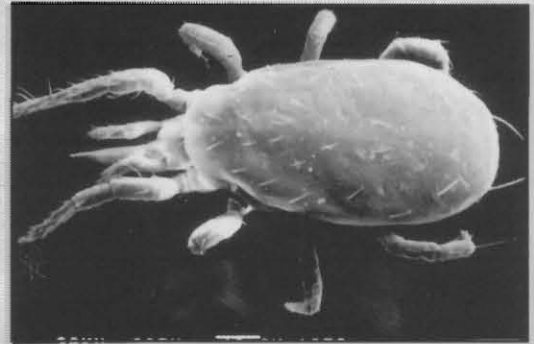
Els Heteroptera Antocorids són els enemics naturals més interessants per al control biològic de la nova i greu plaga dels trips de les flors.

del sector, interessades en retardar aquestes resistències i en conèixer les estratègies adequades a nivell de camp per tal d'aconseguir-ho.

Els estudis d'avaluació de l'eficàcia d'enemics naturals en el control biològic s'han realitzat fonamentalment en els conreus de cítrics, pomes i maduixes. S'ha procedit a la identificació d'espècies autòctones d'enemics naturals, al desenvolupament en cas necessari de mètodes de multiplicació massiva en insectari —la qual cosa s'ha realitzat en diferents espècies

d'àcars fitoseids depredadors d'aranya roja i trips— i a l'estudi i avaluació de la seua eficàcia com a enemics naturals, amb l'aplicació de mètodes experimentals d'addició o d'exclusió consistents en modificar el nivell poblacional de la presa o depredador i en observar la influència en les altres poblacions.

Gràcies a la utilitat d'aquests estudis, s'han posat al punt programes de control integrat de plagues en els conreus esmentats, establint-se col·laboracions i



Els àcars fitoseids són depredadors molt freqüents en els cultius, on controlen poblacions d'àcars fitofags i trips.

assessoraments amb diversos centres d'investigació i d'experimentació i, en particular, amb els Serveis de Protecció dels Vegetals de diferents comunitats autònomes, com ara les del País Valencià, Catalunya o Andalusia. Els programes de control integrat de plagues van imposant-se progressivament als països més desenvolupats a causa de les greus limitacions que planteja la lluita química estricta, amb problemes de resistències, introduccions i proliferacions de noves plagues i de contaminació ambiental. Aquests nous mètodes de control integrat presenten, però, l'inconvenient de requerir majors coneixements per part dels tècnics responsables de la seua aplicació, coneixements que els facilite la identificació i el seguiment de poblacions de plagues i dels seus enemics naturals, a fi de conèixer l'impacte de les aplicacions de pesticides en l'entomofauna i la definició de llindars de tractament per a les plagues més importants.

Per mitjà d'aquesta finalitat, s'han dut a terme treballs per a delimitar mètodes de mostreig i d'avaluació de nivells poblacionals d'artròpodes: amb estudis ecològics de distribució de poblacions en la planta, amb pautes d'agregació de les poblacions en funció del nivell poblacional i d'altres factors, amb estudis de la mida de mostra i unitat de mostreig, amb la intenció de determinar a través de tècniques simplificadores —com el mostreig estratificat, binomial o seqüencial— els procediments de mostreig simples, mantenint nivells acceptables de precisió.

Fernando García Marí

*Departament de Producció Vegetal
Universitat Politècnica de València*





OPINIÓ

Entre els elixirs de mort i el control no-violent de les plagues

Ernest Garcia
Departament de
Sociologia
i Antropologia Social

«Elixir de mort». Així va descriure Rachel Carson els plaguicides químics de l'era del DDT. La paraula «mort», naturalment, no és metafòrica. De la mateixa manera que s'esdevé amb moltes altres aplicacions de la ciència occidental moderna, la connexió entre els usos militars i els usos civils és molt estreta. I de llarga durada. Fou la fabricació d'explosius, durant la I Guerra Mundial, el context original del posterior desenvolupament dels insecticides sintètics. El 1916 hom va descobrir que el gas lacrimògen era insecticida i, per consegüent, un producte de temps de guerra va trobar la seua continuïtat en temps de pau. Des d'aleshores fins a l'ús de l'agent taronja a la guerra de Vietnam, la història és força coneguda.

Els pesticides nasqueren com a armes devastadores d'uns homes contra altres. I tingueren una prolongació en la guerra contra les plagues. La separació entre ambdós aspectes no és tan neta com algú podria pensar. Cada any al món, 300.000 persones són víctimes d'enverinaments per pesticides, de les quals en moren unes 10.000, segons les xifres de l'OMS. És la guerra contra la natura, la guerra d'uns homes contra altres. I la guerra del Primer contra el Tercer món: segons una comunicació de Cl. Serlini al Parlament Europeu, per setembre de 1985, multinacionals com ara Rhone-Poulenc, Rumianca, Royal Dutch Petroleum, Schering, Bayer, etc., continuaven produint i exportant productes com ara aldrín, diendrín, DDT, 2-4-5 T, etc., prohibits a Europa.

En tant que armes químiques, els pesticides tenen l'ambigua imatge de productivitat i destrucció que caracteritza moltes altres dimensions de la civilització industrial. Fins i tot convençuts advocats de l'agricultura orgànica, com ara Roelants de Viviers, reconeixen que han contribuït a aturar l'expansió de malalties com la malària, el tifus i les encefalitis. La seua contribució a l'increment de la productivitat agrícola, no massa discutible en termes de l'economia crematística, apareix molt menys clara a la llum de tot el que coneguem sobre l'espectacular ineficiència energètica de l'agroindústria. I, en qualsevol cas, és molt clar que el sistemàtic i continu increment de l'ús de pesticides apareixia com una opció suïcida, tendent a una intoxicació lenta —molt greu, però— del medi ambient.

Alguna relació hi ha entre la consciència d'aquest perill i el desplaçament de la investigació i la producció comercial cap al control biològic i els sistemes anomenats de «tractament integral», que associen tractaments fitosanitaris, tècniques de conreu i lluita biològica i, alhora, tendeixen a utilitzar al màxim els mitjans no-químics.

Recentment, la manipulació genètica ha començat a obrir una nova frontera. I la mateixa barreja de grans promeses i greus perills se'ns ha posat davant els ulls. La coneguda història de l'hormona del creixement i els seus usos en ramaderia n'és un bon exemple.

En qualsevol cas, una reflexió en profunditat —i no limitada als ambients acadèmics i industrials— a propòsit de dues preguntes que foren bandejades amb massa facilitat a l'època daurada dels plaguicides químics seria d'allò més útil.

La primera qüestió és epistemològica, relativa al mecanicisme i a l'abús dels esquemes líniais de causa—efecte. Com ja va advertir fa molts anys Barry Commoner, és ben probable que les intervencions així dissenyades sobre ecosistemes d'extraordinària complexitat tinguen el mateix efecte que l'intent de reparar un rellotge clavant a l'atzar un punxó en el mecanisme.

La segona qüestió és cultural o sociològica. Relativa a la presència d'una cultura de guerra en la ciència i la indústria masculines i occidentals que ha contribuït a generar, amb un violent reduccionisme, un cercle viciós de descobrir més i més plagues noves i produir més i més verins per tal de destruir-les. Vandana Shiva, en la seua àcida i profunda crítica de l'anomenada «revolució verda», ha reivindicat formes no-violentes de control de les plagues aprenent de la natura, de les dones i de les tradicions camperoles.

L'aplicació a l'agricultura de les noves tecnologies, si es fa amb els mateixos esquemes de reduccionisme mecanicista i amb el mateix tret de lluita i domini, potser no farà més que reproduir a escala eixamplada el mateix drama amb durs clar-obscurs que han representat els plaguicides basats en la química orgànica.

