

QUÍMICOS PARA EL MANEJO DEL DAÑO POR AVES EN CULTIVOS

Addy Orduna L. y Canavelli S.B.

Estación Experimental Agropecuaria Paraná
Serie Técnica nº 58 - Septiembre de 2010

PROYECTO INTA-ACTIER "EVALUACIÓN DE LA POTENCIALIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS COMO REPELENTE PARA AVES PERJUDICIALES A LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS". PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO DE I+D - Proyecto Nº 22



■ Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Fotografías de tapa:
© Laura Addy Orduna. INTA-EEA Paraná

QUÍMICOS PARA EL MANEJO DEL DAÑO POR AVES EN CULTIVOS

Addy Orduna L. y Canavelli S.B.

PROYECTO INTA-ACTIER "Evaluación de la potencialidad de sustancias químicas como repelente para aves perjudiciales de los cultivos agrícolas".
Programa de Fortalecimiento de I+D - Proyecto N° 22.

Este trabajo fue evaluado por el revisor externo Lic. Ethel N. Rodríguez (PhD), Jefe del Área Vertebrados Plagas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de la República Oriental del Uruguay y Docente Libre de la Cátedra de Protección Vegetal de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay.

Estación Experimental Agropecuaria Paraná
SERIE TÉCNICA N° 58
Septiembre de 2010



Centro Regional Entre Ríos

Editor

Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA

Director

Ing. Agr. Osvaldo Papparotti

Coordinador General

Lic. Laura Addy Orduna

Comité Editorial

Ing. Agr. Santiago Cabada, *M. Sc.*
Biól. Sonia B. Canavelli, *Ph. D.*
Ing. Agr. Elena Di Nucci de Bedendo
Ing. Agr. Patricia Engler, *M. Sc.*
Lic. Marcela Espósito, *M. Sc.*
Ing. Agr. Lucrecia Lezana
Ing. Agr. Gabriela Litwin, *M. Sc.*
Ing. Agr. Diego Santos, *M. Sc.*
Ing. Agr. Oscar Valentinuz, *Ph. D.*
Ing. Agr. Ignacio Vicentín, *M. Sc.*
Ing. Agr. Marcelo Wilson, *Dr.*
Ing. Agr. Natalia Wouterlood, *M. Sc.*

Compaginación y Diseño Gráfico de tapa

Rosa Ana Milocco

Es de responsabilidad exclusiva de los autores la precisión y validez de los datos y hechos, así como de las opiniones expresadas en los artículos y no manifiestan necesariamente el punto de vista del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

No se permite la reproducción total o parcial de esta publicación, ni su almacenamiento en un sistema informático ni su transmisión en cualquier formato o por cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia u otros métodos, sin el permiso previo del editor.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	7
REPELENTE QUÍMICOS	7
Condiciones para su efectividad.....	8
Etapas en el desarrollo y registro de un repelente.....	8
Tipos de repelentes.....	9
BIORREPELENTE	10
Antranilato de metilo (MA).....	10
Pruebas de repelencia en aviario con MA.....	11
Pruebas en condiciones de semicampo y campo con MA.....	12
Otras aplicaciones del MA.....	14
Consideraciones sobre el MA.....	15
Antranilato de dimetilo (DMA).....	15
Orto-Aminoacetofenona (OAP).....	16
Antraquinona (AQ).....	17
Pruebas de repelencia en aviario con AQ.....	18
Pruebas de repelencia en condiciones de semicampo y campo con AQ.....	20
Consideraciones sobre la AQ.....	21
Cafeína.....	21
Compuestos fenólicos de la familia de los ácidos cinámicos.....	22
Compuestos de mentas.....	25
Citronelilos.....	27
Azadiractina.....	29
Capsaicinoides.....	29
Denatonios.....	30
Aceite de ajo.....	31
Otros aceites vegetales.....	31
PLAGUICIDAS REPELENTE	32
<i>Insecticidas</i>	
Metiocarb.....	32
Pruebas de repelencia en aviario con metiocarb.....	33
Pruebas de repelencia en condiciones de semicampo y campo con metiocarb.....	34
Consideraciones sobre el metiocarb.....	36
Trimetacarb y carbaril.....	37
Clorpirifós y fosmet.....	38
Endosulfán.....	38
Imidacloprid.....	39
Piretroides.....	40

<i>Fungicidas</i>	
Tiram.....	40
Ziram, maneb y mancozeb.....	41
Hidróxido de cobre y oxiclورو de cobre.....	41
Otros fungicidas.....	43
CONTRACEPTIVOS.....	45
Nicarbazin.....	46
Pruebas con nicarbazin.....	46
20,25 Diazacolesterol dihidroclورو.....	48
Pruebas con 20,25 diazacolesterol dihidroclورو.....	49
Consideraciones sobre nicarbazin y 20,25 diazacolesterol dihidroclورو.....	52
AVICIDAS.....	52
<i>Anilinas</i>	
DRC 1339.....	53
DRC 1347 o CPT.....	55
DRC 2698 o CAT.....	56
<i>Piridinas</i>	
4-Aminopiridina.....	56
<i>Alcaloides</i>	
Estricnina y sulfato de estricnina.....	58
<i>Surfactantes</i>	
PA-14.....	59
Laurilsulfato de sodio o SLS.....	59
<i>Insecticidas de alta peligrosidad.....</i>	<i>59</i>
CONSIDERACIONES FINALES.....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	63

QUÍMICOS PARA EL MANEJO DEL DAÑO POR AVES EN CULTIVOS

Addy Orduna L. y Canavelli S.B.
Grupo Factores Bióticos y Protección Vegetal
INTA EEA Paraná

INTRODUCCIÓN

En el mundo, algunas especies de aves causan anualmente considerable daño en la agricultura (De Grazio, 1978; Pinowski y Kendeigh, 1977). Las acciones tendientes a minimizar los conflictos con aves plagas deberían enmarcarse en un manejo integrado que combine diversas estrategias y tácticas de manejo (Dyer y Ward, 1977; Dolbeer, 1990; Zaccagnini y Canavelli, 1998). Además de técnicas de ahuyentamiento auditivo y visual y prácticas culturales (Mason y Clark, 1992; Mason, 1995; Mason y Clark, 1997; Shirota *et al.*, 1983; Aubin, 1990; Cummings *et al.*, 1986; Andrews y Mott, 1990; Bomford y O'Brien, 1990; Bishop *et al.* 2003; Canavelli, 2009), suele considerarse el uso de compuestos químicos tales como repelentes, contraceptivos y/o avicidas para proteger al cultivo del daño por aves.

Los repelentes químicos son compuestos que se aplican sobre los cultivos u otras superficies para disuadir a las aves a que los utilicen como alimento o para otro fin (por ejemplo, para posarse o nidificar) y, por ello no influyen, al menos de manera directa, sobre los parámetros poblacionales de la especie perjudicial, como la reproducción o la supervivencia. Los contraceptivos, en tanto, son químicos utilizados para disminuir el éxito reproductivo de los individuos tratados, mientras los avicidas son compuestos utilizados para matar a las aves consideradas perjudiciales. Debido a que el uso de los contraceptivos y los avicidas se orienta a modificar los parámetros de reproducción y supervivencia, respectivamente, de las poblaciones vinculadas a los daños, su uso suele ser más cuestionado por la sociedad (Liss, 1995).

El presente trabajo resume las principales características y resultados de evaluaciones de eficacia de repelentes químicos, contraceptivos y avicidas. Para cada una de estas tres alternativas químicas se describen y analizan los modos de acción y la eficacia de estos compuestos en estudios con aves a diferentes escalas (aviario, semicampo y campo). Para este análisis, los repelentes fueron divididos en biorrepelentes y en plaguicidas repelentes, y estos últimos, a su vez, en insecticidas y fungicidas. En cuanto a los contraceptivos, se describen los compuestos más conocidos para aves. Los avicidas, por su parte, se han dividido en función de su clasificación química. Se espera de este modo presentar el "estado del arte" de la investigación en el uso de estos productos químicos, con el objetivo de contribuir a su evaluación como una potencial herramienta de investigación, desarrollo, o manejo para disminuir los daños ocasionados por aves en cultivos.

REPELENTE QUÍMICOS

Varias sustancias químicas, tanto de origen natural como sintético, presentan propiedades repelentes para las aves. El uso de repelentes químicos se basa en estas propiedades mostradas por determinadas sustancias que, adecuadamente aplicadas, se usan para disuadir a las aves a que se alimenten de determinado material o a que utilicen un lugar como refugio o percha (sitio de apoyo para reposar). Es decir, estas sustancias no provocan la muerte del ave sino que dificultan o evitan que las aves utilicen o se alimenten del material tratado (superficies o cultivos). Por ello, los repelentes químicos se consideran como herramientas que modifican el comportamiento animal (Clark, 1998a) y tienen mayor probabilidad de ser socialmente aceptados que otras alternativas de manejo, como las letales. Por tanto, ante las

situaciones de daños causados por vida silvestre reconocidas y aceptadas, y la creciente sensibilización social por los efectos indeseables del control letal, los repelentes se presentan como una alternativa prometedora (Liss, 1997).

Condiciones para su efectividad

Para que sea exitoso, un repelente químico debe afectar la forma en que el ave percibe la superficie o el cultivo tratado, produciendo una de dos posibles situaciones: 1) las aves permanecen pero se alimentan de comida alternativa, no del cultivo; 2) las aves dejan el lugar y se van a otro lado a comer o posarse. Teniendo en cuenta que para la mayoría de las aves plaga, los beneficios de alimentarse del cultivo son mayores que los costos de buscar otro lugar, el desafío del repelente será alterar este balance y volverlo negativo. Incrementar los costos significa aumentar la cantidad de tiempo y energía requeridos por el ave para comer en el cultivo, dificultándoles el contacto, la manipulación o la digestión del alimento, o aumentar la sensación de peligrosidad del lugar tratado (Avery, 2003). Por esta razón, los repelentes químicos funcionarían más efectivamente sobre las aves plaga con un recurso alimenticio alternativo disponible que sin él.

La disparidad de atracción entre el cultivo y la potencial comida alternativa determina cuán fuerte debe ser el repelente para proteger el cultivo. Un ave sin alimento alternativo tolerará mucho más la mayor incomodidad, malestar o peligrosidad que le provoque un repelente químico en el cultivo que una que tiene acceso a otro recurso alimenticio. Asimismo, cuanto más parecida sea la eficiencia del forrajeo en la comida alternativa respecto a la del cultivo, más fácil será inducir un cambio en el comportamiento de las aves. Por ello, una estrategia de manejo posible es proveer sitios de comida alternativa en campos o prados adyacentes al cultivo tratado con repelentes (cebos no tóxicos o cultivos trampa, Avery, 2003; Linz *et al.*, 2004a y 2008).

Etapas en el desarrollo y registro de un repelente

Existen varios pasos desde el descubrimiento de un producto hasta su comercialización (Figura 1). En la instancia de investigación, los potenciales repelentes son evaluados en un proceso de testeo jerárquico. Inicialmente, las aves son testeadas individualmente en jaulas pequeñas para documentar la respuesta al potencial repelente frente a un rango de niveles de dosis. Las pruebas pueden conducirse tanto con comida alternativa (ensayo de dos opciones) como con sólo la comida tratada (ensayo de una opción). Los ensayos en jaulas individuales y/o grupales en aviario techado son seguidos por pruebas de semicampo, las cuales se llevan a cabo en jaulones fijos o móviles (enclosures) o superficies cerradas con redes ("flight pens" o jaulas de vuelo) que contienen a los cultivos en su interior, donde se expone a un grupo de aves con los niveles de repelencia determinados en las jaulas del aviario. Finalmente, los tratamientos que pasaron las pruebas con aves en cautiverio son evaluados bajo condiciones de campo (Avery y Cumming, 2003).

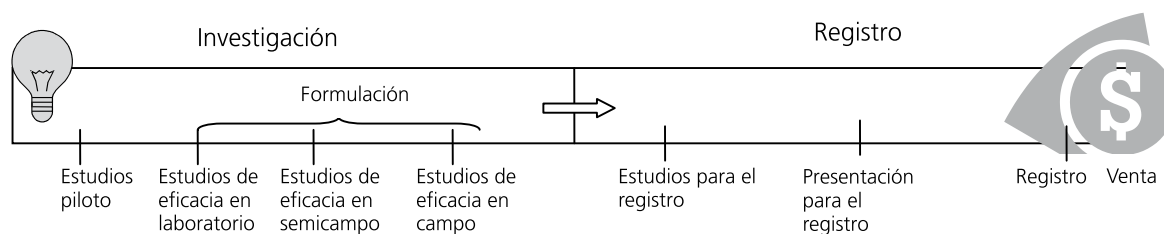


Figura 1. Proceso de desarrollo y registro de un producto. Adaptado de Fagerstone et al. (2008).

Tipos de repelentes

Según el modo en que actúan, los repelentes químicos pueden dividirse en repelentes táctiles, de temor, quimiosensoriales y fisiológicos.

Los **repelentes táctiles** son sustancias adhesivas, pegajosas o aceitosas, tales como hidrocarburos alifáticos, polibutenos, poli-isobutenos o arcillas que se aplican en sitios de reposo para las aves o en el alimento. Las superficies tratadas con repelentes táctiles provocan incomodidad al ave y los alimentos tratados son menos apetecibles debido a que dificultan y aumentan su tiempo de manipulación (Avery y Cummings, 2003).

Los **repelentes de "temor"**, en cambio, son compuestos volátiles sulfurados y de amonio que simulan la orina de los predadores o la vegetación venenosa. Estos repelentes se basan en que la digestión de proteínas de la carne produce compuestos sulfurados y los herbívoros, que son presas potenciales de especies carnívoras, sentirían el olor a sulfuros y lo asociarían con la presencia cercana de un predador. Por otro lado, las plantas que bioacumulan sulfuros también tienden a acumular selenio, y así, el olor a sulfuros podría ser usado como clave para evitar la vegetación venenosa (Mason, 1997). Aunque este tipo de repelente es utilizado contra mamíferos herbívoros, al parecer también puede ser ofensivo para aves herbívoras, ya que se ha observado que los gansos canadienses (*Branta canadensis*) tenderían a evitar pastos tratados con este tipo de repelente (Milunas *et al.*, 1994).

Los **repelentes quimiosensoriales o primarios** son compuestos no palatables. Su gusto u olor activa un mecanismo congénito asociado a la evitación de alimentos venenosos (sabor amargo o ácido u olor relacionado a veneno), y/o estimula receptores de dolor (irritación) de las membranas mucosas de ojos, boca y nariz. Estos receptores, llamados nociceptores, conectan con el nervio somatosensorial principal de la cabeza (nervio trigeminal) cuya función es codificar estímulos térmicos y mecánicos involucrados en la alimentación y mediar la detección de químicos nocivos (Clark, 1996; Sayre y Clark, 2001a). Es decir, estos compuestos huelen o saben mal y/o irritan. A nivel molecular, la efectividad de este tipo de repelentes está asociada con la basicidad, la presencia de un grupo dador de electrones en resonancia con un grupo carboxilo unido a un anillo fenólico y de un grupo heterocíclico en el mismo plano de la nube pi que el anillo fenólico (Clark *et al.* 1991). Es importante aclarar que, aunque las aves presentan adecuados mecanismos para detectar gustos y olores en función de las características ecológicas específicas de la especie (Beauchamp, 1995; Clark, 1996), el gusto o el olor por sí mismos son raramente efectivos como repelentes alimenticios (Glendenning, 1994). Por esta razón, las sustancias ácidas o amargas o los olores asociados a venenos, pueden reducir el consumo pero la ingesta retorna a los valores normales al poco tiempo (Mason, 1997) si estos estímulos no van acompañados por un efecto irritante. Dicho efecto irritante es inmediato y no produce aprendizaje. Por esta razón, las aves pueden tender a probar el cultivo tratado y el daño podría acumularse (Avery, 2003).

Por último, los **repelentes fisiológicos o secundarios** no son inmediatamente aversivos sino que producen malestar un tiempo después de la ingestión y, por lo tanto, requieren un aprendizaje. La efectividad de estos compuestos está basada en el concepto de aversión o evitación alimenticia condicionada. Las aves asocian las consecuencias adversas posteriores a la ingestión con la comida o con algún atributo de la comida (color, gusto u otra característica) y aprenden a evitarla. Por ello, las aves consumen el alimento tratado con un repelente secundario hasta que logran la asociación entre la comida y el malestar.

La magnitud y la persistencia de la respuesta de evitación de la comida depende del potencial tóxico del malestar que produce el agente y de la localización de ese efecto (Clark, 1996). La respuesta de evitación producida por un repelente secundario es probablemente más robusta que la de un repelente primario. Pero varios repelentes secundarios son tóxicos y, para algunos compuestos, hay poca diferencia entre la dosis repelente y la letal (Avery, 2003). Por esto, una forma de aprovechar las ventajas de ambos tipos de repelentes es convertir un repelente primario no tóxico en repelente secundario mediante encapsulamiento de la molécula. De esta forma, la acción irritante se produciría en el tubo digestivo y el animal, mediante una clave visual, aprendería a evitar el alimento tratado. Al parecer, bajo condiciones de entrenamiento apropiadas, el repelente primario (convertido en secundario) puede ser tan efectivo en

producir evitación alimenticia condicionada a claves visuales como el repelente secundario, y con menor malestar fisiológico sobre el ave (Sayre y Clark 2001 a y b).

Según el origen del compuesto químico, los repelentes también se pueden clasificar en biorrepelentes y en agroquímicos sintéticos repelentes. Se denominan **biorrepelentes** a los compuestos de origen biológico, cuyas moléculas no han sido transformadas en gran medida. El otro grupo de sustancias que se han identificado como repelentes son **plaguicidas sintéticos**, de uso agrícola actual o pasado, algunos registrados como insecticidas y otros como fungicidas. En general, los biorrepelentes son más aceptados socialmente que la mayoría de los plaguicidas sintéticos, bajo la presunción de que los biorrepelentes pueden lograr eficacia con bajo riesgo para el ambiente y las especies no-blanco debido a su menor potencial de bioacumulación en comparación con los plaguicidas sintéticos (Secoy y Smith, 1983).

BIORREPELENTE

Los productos naturales son una fuente importante de nuevos agroquímicos. La teoría en la que se basan los esfuerzos para identificar y cuantificar los ingredientes activos derivados de productos naturales dice que estos compuestos, derivados principalmente de mecanismos que evolucionaron como defensas de las plantas, tienen menos probabilidad de ser agudamente letales o tener efectos ambientales negativos a largo plazo. Por lo tanto, la ventaja del uso de este tipo de compuestos reside, entonces, en su efecto no letal, ya que actúan modificando el comportamiento, principalmente mediante aprendizaje de evitación o por irritación (Clark y Aronov, 1999). No obstante, el costo y la disponibilidad de los biorrepelentes pueden condicionar su uso. Dichas limitaciones hacen necesaria la búsqueda de métodos para reducir la cantidad de material usado (Clark *et al.*, 2000).

Se han identificado varios compuestos naturales con acción repelente para vertebrados terrestres. Sólo algunos cuentan con formulaciones para ser aplicados a los cultivos y muchos están en etapas incipientes de su desarrollo. A continuación, se analizan características generales y antecedentes de eficacia repelente de varios de ellos.

Antranilato de metilo (MA)

El antranilato de metilo (MA, 2-aminobenzoato de metilo o carbometoxianilina; CAS N° 134-20-3; figura 2) es uno de los biorrepelentes para aves más probado, principalmente en EE.UU. Se trata de un compuesto aromático presente en algunos vegetales como uvas, citrus y jazmines (Clark, 1998b). En particular, la uva Washington Concord (*Vitis labrusca*) presenta altos niveles de MA debido a que contiene en su mesocarpo suficiente cantidad de la alcohol acetil transferasa, enzima responsable de la biosíntesis del MA. En la naturaleza, el MA juega roles tanto atractivos como defensivos para aumentar la aptitud y supervivencia de la planta que lo contiene (Wang y De Luca, 2005). En la industria se lo utiliza como fragancia y saborizante para golosinas, bebidas y medicinas. También se lo emplea en perfumes y en mezclas cosméticas como protector solar. Por su uso como saborizante, es parte de los compuestos catalogados como seguros por la Administración de Drogas y Alimentos de EE.UU (Avery, 2003). Finalmente, como repelente para aves, el MA ha sido producido en diferentes formulaciones, tales como Bird Shield® y RejeX-iT®, para uso en cerezas, arándanos, uvas, céspedes y agua en EE.UU. En la Argentina, existe un formulado basado en este compuesto aromático, registrado para proteger girasol y sorgo maduro del daño por palomas (Rayen®, WEMUN S.A.).

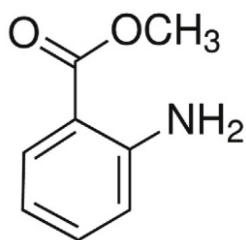


Figura 2. Estructura química del antranilato de metilo (MA).

La acción repelente para aves del MA reside en producir irritación en las mucosas y, en menor medida, en poseer gusto amargo (Kare, 1961). Para humanos, el MA tiene olor a fruta o uva y sólo en altas concentraciones (10.000 ppm¹) es percibido como irritante y amargo. Se trata de un repelente primario, cuyo atributo principal como repelente específico para aves está mediado por nociceptores quimiorreceptivos del nervio trigeminal, el cual inerva la cavidad bucal, las mucosas de la nariz y de los ojos (Clark, 1998b). También, pero en menor medida, el antranilato de metilo estimula receptores gustativos y de olor (Mason *et al.*, 1989). La respuesta de evitación no se aprende, debido a que es mediada por las fibras químicamente sensibles del nervio trigeminal (Clark, 1996). Por ello, la exposición repetida sobre estos receptores no causa acostumbamiento en las aves, como tampoco produce evitación como consecuencia de aprendizaje por olor (Stevens y Clark, 1998; Belant *et al.*, 1996; Clark, 1998b).

Pruebas de repelencia en aviario con MA

Las evaluaciones de repelencia alimenticia de MA realizadas en condiciones de aviario han proporcionado resultados variables, según se trate de ensayos de una o dos opciones (es decir, sin o con comida alternativa, respectivamente), y según la especie de ave involucrada en las experiencias. Por ejemplo, ensayos realizados con MA y un químico relacionado (antranilato de dimetilo o DMA) en patos domésticos (*Anas platyrhynchos*) y gansos candienses (*Branta canadensis*), mostraron para una misma especie que el MA disminuyó significativamente el consumo de maíz tratado respecto al maíz sin tratar, tanto en pruebas de una como de dos opciones. No obstante, los resultados fueron más claros en las pruebas de dos opciones que en las pruebas de una opción (Cummings *et al.*, 1992). Por ello, la presencia de comida alternativa parecería crucial para que este tipo de compuesto ejerza repelencia, al menos en algunas especies de aves. Paralelamente, los resultados de efectividad del MA como repelente alimenticio para aves variaron de manera importante según la especie de ave involucrada en las experiencias. Por ejemplo, ensayos de una opción realizados con MA mostraron que el compuesto fue eficaz para repeler estorninos (*Sturnus vulgaris*) y tordos ala-roja (*Agelaius phoeniceus*) del alimento balanceado tratado con MA (0,4 y 0,5% p/p²; Mason *et al.*, 1991a). Asimismo, ensayos de una opción mostraron eficacia de MA (1,0% p/p) para repeler bulbules de vientre rojo (*Pycnonotus cafer*) de consumir puré de papaya tratado (Cummings *et al.*, 1994a). No obstante eso, pruebas del mismo tipo (una opción) realizadas en otras especies de aves, como gorriones domésticos (*Passer domesticus*; Porter, 1995) y arrocero americano (*Spiza americana*; Avery *et al.*, 2001) mostraron que el compuesto no fue capaz de repeler las aves eficientemente. Tampoco el MA (10,0% p/p) logró disuadir a halconcitos comunes (*Falco sparverius*, especie perteneciente al grupo de las aves rapaces, con grandes diferencias alimenticias, fisiológicas y etológicas respecto a los grupos de aves que consumen cultivos) de alimentarse de pollos pulverizados con el químico (Nicholls *et al.*, 2000). Finalmente, mediante pruebas de dos opciones, pudo disuadirse a palomas medianas (*Zenaida auriculata*) de alimentarse de aquenios de girasol tratados con un formulado en base a MA (Rayen®, 30% p/v³ del i.a.⁴, Addy Orduna *et al.*, 2010a). Independientemente de las dosis evaluadas y los alimentos utilizados para aplicar el repelente (alimento balanceado, maíz, arroz, pollos de dos días, etc.), los resultados de estos trabajos sugieren diferencias de sensibilidad entre especies de aves a la acción repelente del MA. De allí la importancia de contar con evaluaciones de eficacia específicas para la especie de interés y/o grupos de aves similares.

La combinación de estímulos de naturaleza diferente (olfativa, visual, gustativa, etc.) probablemente aumente el efecto repelente de un producto en particular, y contribuya a superar las diferencias de sensibilidades entre las especies a los diferentes tipos de estímulos. Por ejemplo, los tordos ala-roja consumieron menos arroz en cautiverio cuando el mismo se trató con una mezcla de repelentes (MA al 0,5% g/g como repelente primario y metiocarb al 0,005 % g/g como repelente secundario) y color rojo (Avery y Mason, 1997). No obstante esto, la combinación del MA (como un repelente primario) con sucrosa (un azúcar poco digerible para las aves, como repelente secundario), no resultó más eficaz para repeler estorninos de beber o alimentarse en sustratos específicos que el MA solo (Clark y Mason, 1995).

1 partes por millón: miligramos de soluto en un litro o kilogramo de la solución.

2 gramos de soluto en cien gramos de la solución.

3 gramos del soluto en cien mililitros de la solución.

4 ingrediente activo.

Al parecer, la sucrosa probada individualmente en los estorninos produjo muy poco efecto repelente y no produjo la potenciación del MA. Por lo tanto, la eficacia de las combinaciones de estímulos dependerá de los productos involucrados y de sus posibles interacciones aditivas, sinérgicas, potenciadas o antagónicas.

Además del tipo de estímulo que produce el compuesto, su formulación también es un factor que influye en el grado de repelencia alcanzado. Es decir, un mismo ingrediente activo será más o menos efectivo según cómo se haya formulado (sólido soluble, emulsión concentrada, etc.) y qué solventes y aditivos se hayan utilizado en la formulación. Por ejemplo, ensayos de dos opciones con distintas formulaciones de MA (diferentes concentraciones, solventes y aditivos) mostraron diferencias significativas en su eficacia repelente para la paloma mediana (Addy Orduna *et al.*, datos no publicados). Otro trabajo con estorninos (Clark *et al.*, 2000) probó agregar extracto de yucca como aditivo en ensayos de bebida de una y dos opciones para potenciar el efecto repelente del MA. Pero, a pesar de la conocida capacidad de la yucca de estabilizar compuestos lipofílicos en agua, los estorninos no evitaron más la mezcla binaria de MA con yucca que el MA solo. Estos resultados evidencian la necesidad de corroborar, mediante pruebas concretas, los potenciales efectos sinérgicos de los aditivos de las formulaciones.

Como ya se mencionara, generalmente los repelentes primarios son toxicológica y ambientalmente más seguros y, a veces, menos eficaces que los secundarios. En función de esto, una posible alternativa para aumentar la eficacia de los repelentes primarios sería convertirlos en secundarios, es decir, que su acción se produjera en el sistema gastrointestinal de las aves (mediante encapsulamiento de las moléculas, por ejemplo). Para corroborar que el MA puede aumentar su eficacia al transformarlo en repelente secundario, un estudio con estorninos comparó el efecto de MA (20 mg/kg) y metiocarb (2 mg/kg) administrados vía gavage con propilenglicol como diluyente. Los resultados de este estudio mostraron que el MA fue tan efectivo como el metiocarb en producir aversión condicionada a claves visuales y con menos evidencias de malestar fisiológico en las aves (Sayre y Clark 2001a), y que la intensidad y la localización de la dolencia producida por el repelente son parámetros importantes para inducir el aprendizaje de aversión alimenticia (Sayre y Clark, 2001b).

Pruebas en condiciones de semicampo y campo con MA

Algunas aves acuáticas, principalmente algunas especies de gansos y patos, pueden causar pérdidas económicas en cultivos agrícolas y pasturas o reducir el valor estético y el uso recreacional de parques, jardines y campos de golf. Buscando alternativas para disminuir dichos daños, se han realizado pruebas con MA en condiciones de semicampo utilizando algunas especies de gansos y se han obtenido resultados variables. Por ejemplo, un formulado encapsulado en base a MA (13 kg/ha de RejeX-iT AG36®, 22% i.a.) se probó en gansos canadienses enjaulados en grandes clausuras (40 m x 120 m) colocadas sobre **pasturas**. Aunque el tratamiento logró reducir la actividad de las aves en las parcelas de pastura tratadas por hasta cuatro días, el formulado mostró una efectividad limitada ya que los gansos canadienses permanecieron en la pastura tratada. Ante estos resultados los autores del trabajo sugirieron la posibilidad de que la matriz del encapsulamiento se haya dañado durante la aplicación, causando la pérdida rápida y sustancial de MA (Cummings *et al.*, 1995a). Otro trabajo en el que se probó otro formulado en base a MA (RejeX-iT AG-36®) utilizando gansos blancos (*Chen caerulescens*) en condiciones de semicampo tampoco mostró efectividad repelente a las dosis probadas (22,6 kg/ha y 67,8 kg/ha del formulado; Belant *et al.*, 1996). Sin embargo, el mismo formulado probado también sobre gansos blancos en condiciones de semicampo mostró reducir significativamente la actividad de las aves en las parcelas de trigo o pastura tratadas, a pesar de haberse utilizado una dosis menor (3,4 kg/ha; Mason y Clark, 1995a). Esta diferencia de resultados advierte sobre la existencia de factores propios de esa escala (semicampo) que influyen en la eficacia del repelente.

Un factor que podría incidir sobre la eficacia repelente de un formulado en base a MA en gansos es la pre-exposición al producto a bajas dosis. Para evaluar esto, gansos canadienses fueron pre-expuestos oralmente a 0, 1,3 y 4,0 g de un formulado en base a MA (RejeX-iT AG-36®) y luego liberados dentro de parcelas (10 m x 10 m) de pastura tratadas con 22,6 y 67,8 kg/ha con el mismo formulado (Belant *et al.*, 1996). Los resultados de este trabajo evidenciaron que los gansos pre-expuestos al químico no aprendieron a evitarlo, al menos en las condiciones probadas (semicampo).

Al parecer, el agregado de claves visuales aumenta la repelencia de formulados en base a MA también a escala de campo. Así lo corrobora un trabajo a campo realizado con gansos blancos. En este trabajo compararon tres tratamientos: parcelas de pastura sin tratar (control), parcelas tratadas sólo con el formulado en base a MA (3,4 kg/ha de RejeX-iT AG-36®) y parcelas tratadas con el mismo formulado a la misma dosis más pintura blanca. Los resultados mostraron que la clave visual aumentó la durabilidad de la repelencia del MA (Mason y Clark, 1996).

El cultivo de **frutales** es otra actividad en la que se generan conflictos con algunas especies de aves frugívoras que pueden ocasionar pérdidas económicas importantes. También en este caso el uso de un biorrepelente como el MA aparece como una alternativa a explorar para disminuir el daño por aves. Los trabajos de eficacia de MA en frutales a escala de semicampo y de campo presentan resultados variables, varios de ellos desalentadores. Por ejemplo, pruebas en arándanos con ampelis americanos (*Bombycilla cedrorum*) y estorninos en "flight pen" (semicampo), en las que se usaron dos formulaciones diferentes de MA, ambas con baja concentración de MA (10 y 11% p/p, respectivamente) pero dosis altas (18 y 9 kg/ha, respectivamente), no mostraron resultados favorables (Avery, 1992). En un trabajo de campo posterior con el mismo cultivo, se aplicaron 16,1 kg/ha de un formulado de MA (RejeX-iT AG-36®) y, aunque el repelente pareció ofrecer alguna protección sobre las plantas por 3 a 10 días, a los 14 días posteriores a la aplicación el daño por aves frugívoras se duplicó. Dado estos resultados, se realizó un ensayo en jaulas individuales con ampelis americanos, ofreciéndoles arándanos tratados con una dosis de 32 kg/ha. Pero, a pesar de haber duplicado la dosis del campo, el consumo no difirió entre controles y tratados (Cummings *et al.*, 1995b). Otro estudio de campo también mostró resultados desalentadores al aplicar 56,8 l de RejeX-iT® (17,2 kg de MA/ha) en 227 l de agua sobre parcelas de arándanos de 0,4 ha, puesto que no hubo diferencia significativa en el número de frutos perdidos ni en el rendimiento de las parcelas tratadas y no tratadas. En este caso, la ineficacia repelente se atribuyó a la formulación y/o aplicación ineficientes, dado que inmediatamente luego de la aplicación los residuos de MA en la fruta fueron sorprendentemente bajos (menos de 115 ppm) y, además, declinaron rápidamente a los pocos días (4 ppm, Avery *et al.*, 1996a). Contrariamente a los resultados de estos trabajos, algunos ensayos a campo describen reducciones del 43 al 98% del daño en cerezos, del 63 y del 99% en dos variedades de arándanos, y del 58 al 88% en cultivos de uva para vino, clasificando al MA como un repelente de aves no tóxico, biodegradable y efectivo que, en formulación adecuada, su acción se extiende de 4 a 10 días (Askham, 1992). La disparidad de los resultados de este último trabajo de campo (de escala experimental) respecto a los anteriores probablemente reside, al menos en parte, en la cantidad de aplicaciones del MA (0,25% v/v⁵ de i.a. combinado con un aditivo para reducir la volatilidad y la degradación lumínica del MA) sobre las plantas de arándanos, realizadas en intervalos de 7 días desde el inicio de la maduración de la fruta hasta su cosecha.

Los cultivos de **granos** también son comúnmente atacados por aves en todo el mundo, tanto luego de la siembra, en la emergencia o en la maduración. Una de las aproximaciones para manejar este problema es utilizar repelentes como el MA para disuadir a las aves de comer los granos o semillas. En este sentido, se han realizado pruebas a campo con resultados contrastantes. Así, unas pruebas de campo con un formulado de MA (RejeX-iT AG-36®, 14,5% v/v de i.a.) utilizado como tratamiento de semillas de arroz (dosis: 1,7% p/p de MA) mostró resultados favorables en cuanto a la eficacia repelente para tordos ala-roja. En esta prueba, el daño se redujo alrededor de un 50% en las parcelas tratadas respecto de las no tratadas en las dos localidades evaluadas (localidad 1: pérdida promedio del 27% en las parcelas tratadas y del 52% en las controles; localidad 2: pérdida promedio del 34% en las parcelas tratadas y del 73% en las controles; Avery *et al.*, 1995a). También otro formulado en base a MA (Bird Shield®) usado en campos de girasol dos años consecutivos (en cada año, dos aplicaciones aéreas de 1,17 l/ha próximas a la cosecha, separadas por 7 días) mostró ser efectivo, ya que, al parecer, logró mover la población residente de tordos fuera de los campos de girasol y produjo una diferencia contundente en el daño entre las parcelas tratadas y las no tratadas (los girasoles no tratados presentaron un daño medio de 78 a 90% y los tratados, un daño entre 2,6% y 3,4%, respectivamente en cada año; Askham, 2001). Sin embargo, ensayos a campo con la misma formulación de MA (Bird Shield®, 27,4% p/v de MA) aplicada aéreamente

5 mililitros de soluto en cien mililitros de solución.

a cultivos de arroz y girasol en maduración a una dosis mucho mayor (46,7 l/ha) mostraron resultados desfavorables. Aunque hubo una aparente reducción de la actividad de los tordos en los campos tratados respecto a los campos controles (particularmente los dos días siguientes a la aplicación del químico), el análisis de los datos no reveló diferencias significativas en la actividad de las aves ni en el daño entre los campos tratados y no tratados. Además, el análisis de residuos de MA en los granos mostró cantidad de producto insuficiente para repeler a las aves, hallándose por debajo del umbral de irritación (Werner *et al.*, 2005). Por lo tanto, la formulación (por ejemplo RejeX-iT AG-36® o Bird Shield® u otra) y el modo en que se utiliza el repelente (como tratamiento de semilla o mediante aplicación aérea antes de la cosecha) incidirían notoriamente en los resultados, en función de la probabilidad de que el producto llegue y permanezca el tiempo necesario para ejercer el efecto repelente.

Otras aplicaciones del MA

El MA en forma de **aerosol** ha mostrado producir una clara respuesta de irritación, sin evidenciar acostumbamiento a las exposiciones repetidas. Así lo demuestran ensayos en laboratorio con estorninos colocados en cámaras y expuestos al MA en forma de aerosol (RejeX-iT®, 40% de MA) al 16, 8, 2 y 1% de i.a. por treinta segundos. El umbral de irritación al aerosol para los estorninos fue de MA al 8% (Stevens y Clark, 1998). Esta forma de aplicación del MA (aerosol) se propone para utilizarse como repelente, por ejemplo, en sitios con aguas residuales de industrias, a fin de disminuir la morbilidad y mortalidad de aves migratorias (Stevens *et al.*, 1998) como también en aeropuertos, para dispersar golondrinas y chorlos (*Hirundo rustica*, *Tachycineta bicolor* y *Charadrius vociferus*) de las líneas de vuelo (Engeman *et al.*, 2002).

Varios trabajos han evaluado la eficacia repelente para aves del MA en **agua** como alternativa para disuadir a las aves que utilicen cuerpos de agua naturales o artificiales por diferentes razones (por ejemplo, para evitar intoxicaciones por consumo de agua o sedimentos contaminados, asentamientos en aeropuertos, el consumo de peces en emprendimientos productivos, etc.). Afortunadamente, los resultados de estas evaluaciones de repelencia son generalmente favorables. Por ejemplo, un ensayo con estorninos en cautiverio mostró que el MA (entre otros repelentes químicos derivados del ácido benzoico) a una concentración de 0,5% v/v, redujo el consumo de agua (Clark y Shah, 1993). Otro trabajo mostró que la aplicación equivalente a 21,7 kg/ha de una formulación de MA encapsulado (15% i.a.) sobre el sedimento del fondo de piletas con agua (que simulaban estanques naturales contaminados) disminuyó el tiempo de uso de las piletas por parte de patos domésticos (Cummings *et al.*, 1998). Para esta especie, las actividades como beber agua o bañarse se evitarían o anularían a partir de 725 ppm de MA en el agua, según otro ensayo con patos en piletas que utilizó Bird Shield® (25% de i.a.) como formulado en base a MA (Askham, 1995). Otras formulaciones en base a MA (RejeX-iT TP40® y RejeX-iT AP-50®) también resultaron repelentes efectivos para patos en cautiverio y para gaviotas (*Larus delawarensis* y *L. argentatus*) en campo entre 4 a 11 días, indicando su posible utilidad en aeropuertos u otros lugares donde se desee reducir la actividad de estas aves en cuerpos de agua temporarios (Belant *et al.*, 1995). Sin embargo, uno de estos formulados (RejeX-iT TP40®) aplicado superficialmente en estanques con peces no logró desalentar a las garzas (*Casmerodius albus*) de consumirlos. Aunque el químico pareció molestar a las aves y el tiempo de manipulación aumentó marcadamente, no se halló diferencia en el número de peces comidos entre las piletas tratadas y las no tratadas (Avery *et al.*, 1997a).

La efectividad repelente del MA en agua se debería a que, al parecer, se requieren menores concentraciones de MA en agua que en alimento para disuadir a las aves (Cummings *et al.*, 1992; Dolbeer *et al.*, 1993; Belant *et al.*, 1995). Dado que las aves tienen bajo flujo salival y que los repelentes pueden ligarse al alimento, el número de moléculas que acceden a los receptores sensoriales es mayor cuando el repelente es aplicado al agua para tomar que cuando se aplica a la comida. Así, el agua puede ser un vehículo más efectivo de MA para los receptores trigeminales que la comida, resultando en detección y repelencia aumentada (Clark y Aronov, 1999).

Los repelentes químicos también pueden ser utilizados para reducir la ingestión de **plaguicidas granulares, pellets o semillas** tratadas químicamente, a fin de disminuir el riesgo de intoxicación de aves silvestres. En estos casos, los biorrepelentes como el MA reducen el consumo de gránulos pero

no logran suprimirlo. Así se observó en un ensayo con estorninos, a los cuales se les ofreció partículas de arcilla secas de tamaño y apariencia similar a los gránulos de plaguicidas tratadas al 1,0% v/p⁶ con biorrepelentes, entre ellos MA grado reactivo. En este ensayo, todas las sustancias probadas, inclusive el MA, redujeron significativamente el consumo de partículas por parte de estorninos pero ninguna lo suprimió (Mason y Epple, 1998).

Consideraciones sobre el MA

El antranilato de metilo es, sin duda, el biorrepelente más probado en aves. No obstante, son necesarios más trabajos enfocados en probar su eficacia a campo sobre cultivos de cereales y oleaginosas, particularmente con las especies sudamericanas perjudiciales. A diferencia de otros químicos biorrepelentes, el MA ya se encuentra registrado en la Argentina y algunas empresas disponen de diferentes formulaciones para realizar pruebas de eficacia en semicampo y campo. En función de los resultados de estas futuras pruebas, será necesario realizar el análisis beneficio:costo pertinente.

Antranilato de dimetilo (DMA)

El antranilato de dimetilo (DMA, 2-metilaminobenzoato de metilo, CAS N° 85-91-6) difiere estructuralmente del MA sólo porque presenta en su molécula un grupo metilo adicional (-CH₃) unido a la amina (Figura 3). Al igual que el MA, el DMA es un saborizante alimenticio no tóxico que ha demostrado ser ofensivo para las aves a concentraciones de 1,0% del i.a. en el alimento (Mason *et al.*, 1983). También al igual que para el MA, la presencia de comida alternativa parece crucial para que este compuesto ejerza repelencia. Ensayos en cautiverio que utilizaron una opción (sin comida alternativa) en los cuales se les ofreció a las aves sólo comida tratada, mostraron que el compuesto (al 0,25, 0,5 y 1,0% p/p) no fue capaz de repeler eficientemente a gorriones (Porter, 1995).

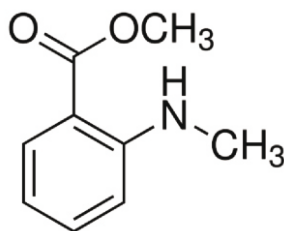


Figura 3. Estructura química del antranilato de dimetilo.

El DMA ha mostrado ser eficaz en repeler tordos y estorninos del alimento para el ganado en **feedlots**. En un estudio de campo se obtuvo una reducción sustancial en el consumo de dicho alimento por parte de los tordos y estorninos (Mason *et al.*, 1985). No obstante, debido a que este estudio fue de corta duración e involucró pequeñas cantidades de alimento tratado adyacente a grandes cantidades de alimento sin tratar, las conclusiones acerca del DMA como repelente fueron restringidas. Por tal motivo, posteriormente se realizó otro estudio con DMA a campo para evaluar la palatabilidad del DMA para el ganado y su eficacia repelente para las aves. Los resultados mostraron que inicialmente el ganado pareció exhibir rechazo a la comida tratada con DMA al 1,0%, el cual tendió a desaparecer a lo largo del tratamiento. Respecto a la eficacia repelente para las aves, hubo diferencia significativa en el consumo del alimento tratado con 1,0% p/p de DMA respecto al control. Además, los resultados del análisis químico del alimento indicaron que el tratamiento fue adecuado y que el DMA permaneció estable en el alimento almacenado por más de una semana (Glahn *et al.*, 1989). En cautiverio, los estorninos también mostraron ser repelidos por el DMA. Un ensayo grupal con esta especie mostró una reducción significativa del consumo de alimento tratado con 1,4% p/p de DMA respecto al alimento control. Luego, en el mismo trabajo se evaluó la eficacia de combinar el químico con un estímulo visual (eyespot u ojos de terror) como medida para incrementar la repelencia del DMA. Pero tal combinación de estímulos no mejoró la efectividad del DMA en ninguno de los tratamientos evaluados (Avery y Matteson, 1995).

6 mililitros del biorrepelente en cien gramos de arcilla.

El DMA también ha sido probado en **frutas** como repelente para aves, tanto en ensayos de cautiverio individual como de campo experimental. Los resultados de los trabajos publicados son alentadores. Por ejemplo, una evaluación preliminar del DMA como repelente de aves en uvas con estorninos en cautiverio individual, evidenció hasta un 49% de reducción en el consumo de uvas tratadas respecto a los controles (Hellman et al., 1989). En cautiverio grupal con la misma especie, se evaluó el consumo de dos variedades de uvas para vino tratándolas con soluciones de DMA al 2, 4 y 8% v/v. Todos los tratamientos produjeron repelencia: la solución al 2% p/v redujo el consumo aproximadamente 29 y 59%, la solución al 4% v/v lo redujo 46 y 61%, mientras que la solución al 8 % v/v disminuyó el consumo 94 y 95% de cada variedad ofrecida, respectivamente. Luego, se trataron dos árboles maduros de cerezas con 40 ml de DMA y 13 ml de surfactante por litro de agua (4% v/v) y un tercer árbol con el doble de la dosis anterior (8% v/v). Los árboles tratados sufrieron menor daño por aves que los árboles sin tratar. Con la solución al 4% v/v, el daño disminuyó un 62% respecto al daño en árboles sin tratar, mientras que el daño en el árbol tratado con la solución de DMA al 8% v/v se redujo un 76%. Aunque estos resultados se muestran alentadores, son anecdóticos, pues no pueden extrapolarse a otras situaciones, dada la falta de réplicas. En el mismo trabajo también se testeó si el consumidor distinguía entre cerezas tratadas y no tratadas, y si los residuos de DMA al momento de la cosecha (dos semanas después del tratamiento) eran detectables. Al parecer, las personas que participaron en el ensayo no lograron discernir a través del gusto las cerezas tratadas de las no tratadas y el análisis de residuos de DMA mostró baja retención del químico al momento de la cosecha (Askham y Fellman, 1989).

Algunos estudios compararon la eficacia repelente del DMA respecto a otros biorrepelentes en diferentes situaciones y especies de aves. En ninguno de estos trabajos comparativos el DMA ocupó el primer lugar de eficacia como repelente. Por ejemplo, en ensayos de una y dos opciones con estorninos, el DMA se ubicó en el tercer lugar de eficacia repelente (luego de la cinamamida y el ácido 3,5-dimetoxicinámico) entre doce metabolitos secundarios extraídos de plantas (Crocker, 1990). Otro trabajo determinó, mediante ensayos de una opción con estorninos, que dosis de 0,4-0,5% p/p de MA fueron tan efectivas en disminuir el consumo de alimento como el DMA al 1,0% p/p (Mason et al., 1991). En cambio, en ensayos en aviario y a campo con gansos canadienses, MA y DMA mostraron un efecto repelente moderado y similar (Cumming et al., 1991 y 1992).

En conclusión, aunque el DMA posee la capacidad de repeler a las aves y es un compuesto ambientalmente seguro, los estudios analizados evidencian que tal capacidad es generalmente menor que la de sus compuestos similares (antranilato de metilo u o-aminoacetofenona, por ejemplo). Por lo tanto, en primera instancia y ya que el DMA puede tener un costo mayor al MA (Cummings et al., 1991; Sigma-Aldrich, web en línea) sería conveniente invertir tiempo y recursos en el desarrollo y mejora de los compuestos similares más efectivos que en el DMA.

Orto-Aminoacetofenona (OAP)

La orto-aminoacetofenona (OAP, 1-(2-aminofenil) etanona; CAS N° 551-93-9) es un metabolito vegetal que tiene características organolépticas y estructurales similares al MA. Estructuralmente, la OAP sólo difiere con el MA en que presenta un grupo cetona en vez de un grupo éster (Figura 4). Las cantidades traza de la OAP presentes en las uvas "zorro" (*Vitis labrusca*, principal vegetal del que se extrae el MA) serían las responsables de su olor característico. Coincidentemente, la OAP está presente en las secreciones de las glándulas odoríferas de los mustélidos que depredan aves (Acree et al., 1990). Al parecer, el mecanismo de acción repelente de la OAP sería similar al del MA, produciendo una evitación mediada principalmente por la vía trigeminal oral y, en menor medida, por la vía olfativa (Wager-Pagé y Mason, 1996a).

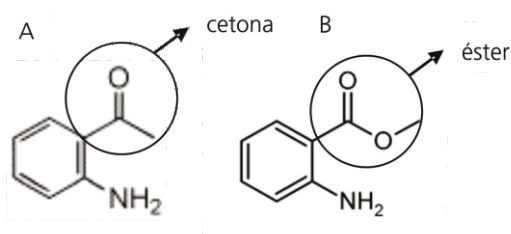


Figura 4. Estructura química de la OAP (A) y del MA (B).

Varios estudios compararon la eficacia repelente de la OAP respecto a otros compuestos. La mayor parte de estos trabajos comparativos posicionaron a la OAP como el compuesto de mayor acción repelente respecto a otro u otros compuestos naturales, tanto para estorninos como para ratones. Por ejemplo, ensayos en cautiverio de una y dos opciones con estorninos mostraron que la OAP fue repelente a concentraciones menores que 0,01% p/p, es decir, al menos un orden de magnitud más efectiva como repelente que el MA (Mason *et al.*, 1991b). En el mismo trabajo también se determinó que los isómeros estructurales de la OAP (meta-, para-, alfa-) son menos efectivos como repelentes. En cambio, en un estudio con estorninos a los que se les ofrecieron partículas de arcillas (simulando los gránulos de plaguicidas que pueden intoxicar aves silvestres al confundirlos con partículas de suelo o semillas) tratadas con MA, d-pulegona, OAP y aceite de pino, la OAP ocupó el tercer lugar en su efecto repelente, luego del MA y la d-pulegona (Mason y Epple, 1998). Por otro lado, también se comparó la eficacia repelente de la OAP respecto a otros compuestos naturales en ensayos de bebida de una opción con estorninos. De los cinco compuestos evaluados (OAP, 2-amino-4,5-dimetoxiacetofenona, MA, 4-quetobentriazina y veratrilamina), la OAP resultó la más efectiva en disuadir a los estorninos de beber el agua tratada (Clark y Shah, 1993). De manera similar, un ensayo de bebida pero con ratones comunes (*Mus musculus*) también posicionó a la OAP como el compuesto más repelente entre los cinco probados (OAP, MA, 2-amino-4,5-metoxiacetofenona, 2-metoxiacetofenona y veratrilamina), todos al 1% p/v (Nolte *et al.*, 1994). Subsecuentes ensayos mostraron que concentraciones de OAP en agua tan bajas como 0,25% p/v aún producían efecto repelente en los ratones (Nolte *et al.*, 1993).

En conclusión, según los estudios revisados, la OAP presenta varias ventajas: 1- muestra buena capacidad repelente, 2- es un compuesto de origen natural que presentaría bajo riesgo ambiental, 3- repele tanto aves como mamíferos. Estas ventajas muestran a la OAP como un repelente prometedor. Por lo tanto, sería conveniente invertir esfuerzos en la producción de una formulación adecuada y en más estudios de su eficacia repelente, principalmente con las especies de aves perjudiciales para nuestros cultivos.

Antraquinona (AQ)

La antraquinona (AQ, 9,10-dioxoantraceno, 9,10-antraquinona, 9,10-antracenediona, antradiona, hoelite, corbit o morkit; CAS N° 84-65-1; figura 5) es un compuesto aromático policíclico sintético, cuya estructura patrón está presente en varios compuestos naturales producidos por algunos vegetales y hongos. Las antraquinonas naturales generalmente presentan grupos como -OH, -COOH, -OCH₃, -CHO, -CH₃ o -CH₂-OH en las diferentes posiciones de los anillos laterales (Nuñez-Montoya *et al.*, 2006; Comini *et al.*, 2006; Gómez-Castellanos *et al.*, 2009), los cuales les confieren propiedades específicas. La AQ es un compuesto estable, virtualmente insoluble en agua. No es fitotóxica, presenta baja toxicidad aguda para la mayoría de las aves y mamíferos y parece ser inocua también para los insectos (Avery, 2003).

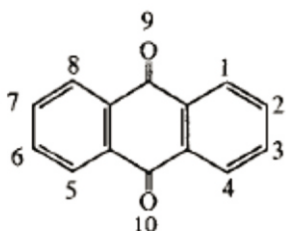


Figura 5. Estructura química de la 9,10-antraquinona.

La AQ es un repelente secundario que causa malestar luego de su ingestión (Avery *et al.*, 1997b). Algunas veces, la ingestión de comida tratada con AQ produce vómito, probablemente como consecuencia de la irritación de las paredes del intestino. Luego de la ingestión del compuesto, las aves permanecen en reposo hasta que el malestar pasa. La AQ no afecta al sistema nervioso y no produce inmovilización. La AQ funciona como un repelente secundario, por lo tanto no es un repelente gustativo o irritante por contacto. Las aves no dudan en comer la comida tratada y no exhiben signos de que la comida sea no palatable. El malestar posterior a la ingestión produce una aversión condicionada. Al parecer, la clave sensorial (por la cual las aves podrían asociar el malestar con la comida tratada con AQ) es visual, ya que las aves percibirían diferencias a longitudes de onda cercanas al UV. Por lo tanto, las aves necesitan

experimentar las consecuencias adversas antes de aprender a evitar la comida tratada. No es razonable esperar que cesen los daños en el cultivo inmediatamente después de la aplicación del repelente. Por lo tanto, habrá algún nivel de pérdida en el cultivo hasta que las aves adquieran la respuesta de evitación (Avery, 2003).

La antraquinona y sus derivados se emplean con diferentes objetivos. Así, por ejemplo, los derivados naturales de la antraquinona se utilizan como laxantes y purgantes. También, extractos vegetales que contienen antraquinonas presentan propiedades bacteriostáticas, antifúngicas y larvicidas (Nuñez-Montoya *et al.*, 2003; Cheng *et al.*, 2008). Por otro lado, algunas antraquinonas son usadas en medicina como agentes terapéuticos y anti-mutagénicos (Sun *et al.*, 2000). En la industria, la antraquinona (9,10-antraquinona) se utiliza como intermediario en la producción de tinturas, como inhibidor orgánico y como catalizador en la producción de papel a partir de la celulosa de la madera, entre otros usos. A su vez, la antraquinona está registrada en EE.UU. desde 1998 como repelente de aves para uso en materiales no destinados a alimentación humana directa. Se utiliza para repeler gansos de céspedes y para repeler aves en general de sitios comerciales, áreas urbanas y áreas industriales (USEPA-Federal Register Notices, web en línea) Hasta el momento, el registro de antraquinona en EE.UU. no incluye el uso del compuesto químico para repeler aves de cultivos destinados para consumo humano o animal. Por esta razón, estudios de exposición dietaria y de efectos subcrónicos, crónicos, endócrinos o de oncogenicidad no fueron requeridos por la agencia regulatoria, debido a que el riesgo toxicológico para humanos por exposición a antraquinona fue considerado despreciable (USEPA-Anthraquinone Fact Sheet, web en línea) para su uso actual.

Ante la fuerte demanda de tecnología que ayude a disminuir los daños que las aves provocan en la producción agropecuaria argentina, los repelentes químicos como la antraquinona aparecen como parte de la tecnología necesaria, tanto para disminuir los daños en los cultivos como para contrarrestar el uso ilegal de cebos tóxicos preparados con insecticidas extremadamente peligrosos para la salud humana y ambiental. En este sentido, existe el interés de empresas privadas de registrar la antraquinona como repelente para aves (Ken Ballinger, Com. pers.).

Pruebas de repelencia en aviario con AQ

Todas las pruebas (con una o dos opciones) de repelencia alimenticia en aviario con AQ sobre diferentes alimentos confirman sus propiedades repelentes para aves. Varias especies de aves han sido evaluadas en cautiverio para determinar su sensibilidad a la AQ. Entre estas especies se encuentran el tordo alaraja (Avery *et al.*, 1997b, 1998a, 1998b y 2000a; Cummings *et al.*, 2002a; Werner *et al.*, 2009), el mirlo cola de bote (*Quiscalus major*; Avery *et al.*, 1997b, 1998a y 1998b), el arrocero americano (Avery *et al.*, 2001), el tordo cabeza-marrón (*Molothrus ater*; Dolbeer *et al.*, 1998, Cummings *et al.*, 2002a), el ganso canadiense (Werner *et al.*, 2009), el zanate común o norteño (*Quiscalus quiscula*; Werner *et al.*, en preparación), el faisán de collar (*Phasianus colchicus*, Werner *et al.*, 2009), el tordo varillero (*Agelaius ruficapillus*; Rodríguez, 2000) y la paloma mediana (Addy-Orduna y Canavelli, datos no publicados). Generalmente, cada una de estas especies mostró una sensibilidad específica hacia la AQ. Es decir, para un mismo formulado, se han encontrado variaciones en las dosis efectivas de AQ en función de la especie evaluada. Así, un ejemplo de sensibilidad específica a la AQ se observó en ensayos de una opción con mirlos cola de bote y tordos alaraja, en el cual los primeros redujeron el consumo de arroz tratado con AQ al 0,5% p/p en una proporción similar a la que lo hicieron los segundos pero con arroz tratado al 0,1% p/p de AQ, indicando una mayor sensibilidad de los tordos alaraja a la AQ (Avery *et al.*, 1997b). En ensayos de dos opciones, se observó también una mayor sensibilidad de los tordos alaraja a un formulado en base a AQ (Flight Control®, 50% i.a.) al 2% p/p respecto a tordos cabeza marrón (Cummings *et al.*, 2002a). Asimismo, las dosis efectivas de AQ de un mismo formulado varían según la comida utilizada. Por ejemplo, la concentración umbral de AQ (concentración de AQ para reducir el consumo del alimento un 80%) para tordos alaraja es 1.475 ppm si la comida es girasol o >5.000 ppm si la comida ofrecida es arroz (Werner *et al.*, 2009).

En condiciones de cautiverio, los formulados de AQ se han probado principalmente como tratamien-

tos de semillas, los cuales consisten en aplicar las soluciones a evaluar (formulado más solvente, que generalmente es agua) a determinada cantidad de semillas usando un mezclador rotatorio o mezclando manualmente (Avery *et al.*, 1997b, 1998a, 1998b, 2001 y 2002, Dolbeer *et al.*, 1998, Werner *et al.*, 2009 y en preparación). Un número menor de pruebas de repelencia en cautiverio ha probado formulados en base a AQ aplicándolos mediante equipos de pulverización manual sobre las semillas o plántulas a tratar. Por ejemplo, un ensayo grupal (3 individuos/jaula) de dos opciones con tordos ala-roja se llevó a cabo pulverizando bandejas con 100 semillas de arroz cada una con 0,50, 1,25 y 2,00 ml del formulado en 10 ml de solución, equivalentes a 9,3, 23,3 y 37,2 l/ha, respectivamente (Avery *et al.*, 2000a). Otros ensayos consistieron en pulverizar las soluciones de AQ con equipos manuales sobre plántulas emergentes de girasol ofrecidas a faisanes de collar (Werner *et al.*, en preparación) y sobre plántulas de soja emergentes ofrecidas a palomas medianas (Rodríguez *et al.*, datos no publicados). En el caso de las bandejas con semillas de arroz pulverizadas ofrecidas a los tordos alaraja, de las tres dosis probadas, las dos mayores produjeron un efecto repelente notorio (Figura 6).

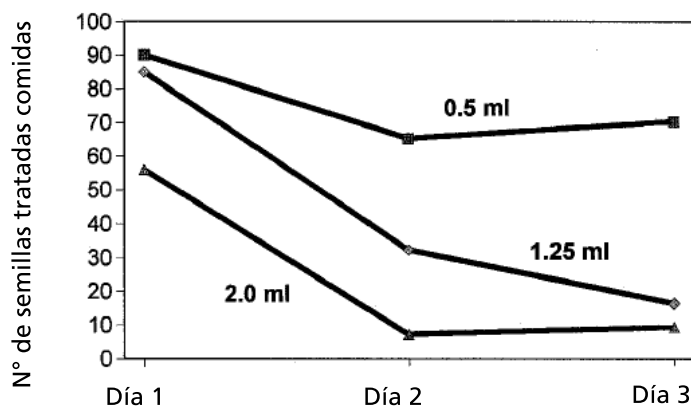


Figura 6. Semillas de arroz comidas por tordos ala-roja de las bandejas pulverizadas con los distintos niveles del Flight Control®. Tomado y adaptado de Avery *et al.* (2000a).

La eficacia repelente de AQ se ha comparado con la de otros repelentes secundarios de estructura similar a la AQ. Por ejemplo, las pruebas con AQ y dos compuestos similares (antrona y antraceno; figura 7 A-C), todos al 0,5% p/p en arroz para tordos ala-roja, mostraron que el consumo de la comida tratada fue menor que el de la comida control con los tres productos (Figura 7 D). Luego, comparando el efecto repelente de la AQ y la antrona en un ensayo similar (ensayo de dos opciones con arroz para tordos ala-roja) pero con dosis menores (0,05, 0,10 y 0,25% p/p), la AQ resultó más eficaz que la antrona (Avery *et al.*, 1997b).

Otros trabajos ejemplifican la comparación de la eficacia repelente de la AQ respecto a la del metiocarb en distintas especies de aves. Por ejemplo, ensayos individuales de una opción con diferentes formulados de AQ y metiocarb como tratamiento de semillas para tordos ala-roja y mirlos mostraron buena eficacia repelente de ambos compuestos. Sin embargo, el metiocarb fue un poco más eficaz que la AQ en este caso (84 al 89% de reducción del consumo en los tratamientos con 0,5% p/p de AQ para tordos ala-roja, y del 92,5 y 96,8% de reducción del consumo con metiocarb al 0,1% p/p para tordos ala-roja y mirlos, respectivamente; Avery *et al.*, 1998b). También los tordos varilleros disminuyeron significativamente el consumo de comida tratada con ambos compuestos (AQ al 1% y metiocarb al 0,07%) respecto a la comida sin tratar, observándose un efecto repelente del metiocarb algo mayor (Rodríguez, 2000). Otro trabajo mostró similares efectos repelentes de la AQ y el metiocarb (aproximadamente el 70% de reducción en el consumo de arroz con ambos compuestos) para el arrocero americano en ensayo de una opción pero con diferentes dosis de cada uno (0,05% p/p de metiocarb como Mesurol® 75% i.a. versus 0,5% p/p de AQ como Flight Control® 50% i.a.; Avery *et al.*, 2001). Por lo tanto, el metiocarb parecería ser algo más eficaz que la AQ, al menos en las especies estudiadas.

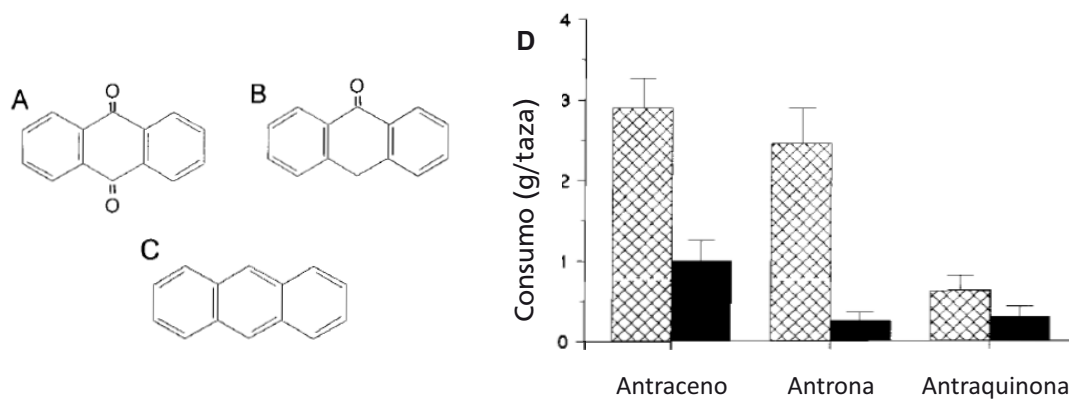


Figura 7. Estructura química de la antraquinona (A), de la antrona (B) y del antraceno (C) y consumo diario medio por tordo ala-roja de arroz no tratado (barras rayadas) y tratado (barras sólidas) con 0,5% p/p de cada compuesto (D). Adaptado de Avery *et al.* (1997b).

Pruebas de repelencia en condiciones de semicampo y campo con AQ

Distintas formulaciones de AQ, todas al 50% p/v de i.a. (en orden cronológico de aparición: ABCO AQ50®, Flight Control® y Avipel®), se han probado como repelentes de aves en condiciones de semicampo y de campo sobre, principalmente, arroz y girasol. La mayoría de los trabajos revisados mostraron resultados favorables respecto a la eficacia repelente de estos formulados. Por ejemplo, el formulado ABCO AQ 50® aplicado como tratamiento de semillas de arroz (1,0% p/p de AQ) para mirlos cola de bote en condiciones de semicampo (parcelas de 6 m x 12 m en "flight pen" de 0,2 ha), con sorgo como alimento alternativo (no preferido respecto al arroz) produjo resultados satisfactorios: del total de las semillas consumidas, sólo el 1,3% del consumo correspondió a las semillas de arroz tratadas. En el mismo trabajo, la prueba a campo con este formulado también resultó favorable: las parcelas sembradas en dos sitios con las semillas tratadas sufrieron un daño de 0 y 12%, y las sembradas con semillas no tratadas sufrieron pérdidas del 33 y 98% de semillas, respectivamente. Además, los análisis de residuos revelaron que la AQ permaneció en las semillas de arroz en cantidad suficiente para repeler durante cinco días (Avery *et al.*, 1998a). Con el mismo formulado y la misma dosis, otro trabajo a campo también mostró resultados alentadores. En dicho trabajo, se comparó la eficacia repelente de AQ (1,0% p/p de i.a.) y metiocarb (0,1% p/p de i.a. y 50:50 de semillas tratadas y no tratadas) como tratamiento de semillas de arroz para repeler tordos y mirlos, obteniéndose resultados favorables sólo con el tratamiento con AQ, al parecer debido a que los residuos del metiocarb no permanecieron en cantidad suficiente en las semillas como para ejercer el efecto repelente (Avery *et al.*, 1998b).

Por su parte, el formulado Flight Control® (50% AQ) también mostró efectividad al ser utilizado como tratamiento de semillas de arroz a campo para repeler tordos y mirlos (Cummings *et al.*, 2002 a y b). Dicha efectividad difirió según la dosis y el tipo de tratamiento realizado a las semillas de arroz. Así, por ejemplo, el tratamiento que consistió en remojar las semillas de arroz por 24 hs en una solución de Flight Control® al 1,3% p/p (0,65% p/p de AQ) y luego esparcirlas en dos de cuatro surcos de 10 m x 90 m (cada uno separados por 20 m) no produjo repelencia en las aves. En cambio, los tratamientos mediante pulverización en mezclador por 4 min con Flight Control® al 2,0% p/p (es decir 1,0% p/p AQ) sobre semillas secas o mojadas con agua previamente y luego esparcidas fueron efectivos (daño del 82 y 100% en los surcos sin tratar, y del 11 y 4% en los surcos tratados con las semillas sin mojar y mojadas antes del tratamiento, respectivamente; Cummings *et al.*, 2002a). Luego, otra prueba a campo confirmó la efectividad repelente del tratamiento de semillas de arroz que incluye el remojo de las mismas en agua por 36 horas, en su escurrimiento, secado, pre-germinación y tratamiento mediante equipo comercial con Flight Control® al 2,0% p/p y adhesivo al 0,4% p/p. Con este tratamiento, la actividad de las aves (nº de aves/min) y el daño difirieron significativamente entre los lotes tratados y no tratados, y la AQ

permaneció en cantidad suficiente en las semillas como para ejercer el efecto repelente por cinco días (Cummings *et al.*, 2002b). Por lo tanto, la forma en que se tratan las semillas con el repelente condicionaría los resultados.

Además del tratamiento de las semillas, otra forma de utilizar los formulados de AQ consiste en pulverizar el producto sobre los cultivos, ya sea luego de la siembra, en el estado cotiledonar o maduros. Los formulados de AQ probados mediante esta forma de aplicación (pulverización) en condiciones de semicampo y campo han mostrado resultados variables. Por ejemplo, Flight Control® (18,6 l/ha) pulverizado sobre arroz recién sembrado fue efectivo en repeler a tordos ala-roja en condiciones de semicampo ("flight pen" de 0,2 ha) pero no a campo, al parecer debido a que los residuos de AQ fueron insuficientes para producir la respuesta de evitación condicionada por parte de las aves (Avery *et al.*, 2000a). Otro trabajo a campo que también probó este formulado mediante pulverización aérea pero sobre el cultivo de arroz maduro también mostró resultados desfavorables, posiblemente a causa de determinadas características etológicas que exhibieron los tordos en el campo (frecuentes movimientos poblacionales, pelado de las semillas previo a la ingesta y uso del cultivo como refugio; Avery *et al.*, 2000b). Sin embargo, en otra prueba a campo, el mismo formulado (Flight Control®) a una dosis similar (18,7 l/ha) y con el mismo tratamiento (pulverización aérea en cultivo de arroz maduro) mostró ser eficaz en repeler a los tordos del cultivo por 7 días (Avery *et al.*, 2002). A su vez, este mismo formulado en condiciones de semicampo fue efectivo tanto para disminuir por 7 días el forrajeo de gansos canadienses (encerrados en 6 jaulones de 18 m x 30 m) sobre pasto cultivado tratado con 4,5 l/ha del formulado (Dolbeer *et al.*, 1998), como para disminuir el daño causado por calandrias cornudas (*Eremophila alpestris*) encerradas en 6 jaulas móviles de 1,8 m x 3 m x 2,1 m sobre 4 surcos con plántulas de lechuga tratadas con 10 l/ha del formulado (Cummings *et al.*, 2006). En este último caso, la prueba a campo con Flight Control® fracasó debido al bajo número de calandrias usando los sitios del ensayo, hecho que impidió detectar diferencias significativas en el daño entre los sitios tratados y no tratados (Cummings *et al.*, 2006).

Una de las nuevas formulaciones de la AQ es el Avipel® (50% AQ), el cual se ha probado para repeler tordos y mirlos mediante pulverización en cultivos de girasol maduro, tanto en condiciones de semicampo como de campo experimental (parcelas dentro de una estación experimental). El éxito de estas pruebas dependió de la adecuada cantidad y permanencia de la AQ sobre los aquenios para ejercer el efecto repelente, lograda en el ensayo de semicampo (pulverización de 18,7 l/ha de Avipel®, capítulo por capítulo, mediante mochila; Werner *et al.*, en preparación) pero no en el ensayo de campo experimental (pulverización de 9,5 l/ha de Avipel® con equipo de aplicación terrestre; Kandel *et al.*, 2009). Por lo tanto, además de las características específicas de la formulación, un factor preponderante en las pulverizaciones sobre capítulos de girasol es la llegada del producto a los aquenios, principalmente cuando se trata de híbridos con alto grado de vuelco de los capítulos.

Consideraciones sobre la AQ

Muchas de las pruebas con AQ mostraron resultados alentadores respecto a la eficacia de este repelente secundario. Por tal motivo, desde la Estación Experimental Agropecuaria de Paraná del INTA se han planificado ensayos de eficacia de Avipel® con palomas medianas en condiciones de semicampo (jaulas móviles tratadas y no tratadas sobre un lote del cultivo) tanto en girasol maduro como en soja en emergencia, a realizarse la campaña 2010/2011. Dicha propuesta surge a partir de la intención de una empresa de registrar este formulado en la Argentina y de la necesidad de investigar estrategias para disminuir los daños producidos por palomas medianas en estos cultivos. Estos estudios contribuirán al conocimiento de la eficacia repelente de este compuesto sobre una especie local abundante y señalada como perjudicial para la producción agropecuaria.

Cafeína

La cafeína (3,7 dihidro, 1,3,7-trimetil-1H-purina-2,6-diona o 1,3,7-trimetilxantina; CAS N° 58-08-2; figura 8) es un compuesto de origen vegetal, miembro de la clase de compuestos químicos denominados alcaloides, los cuales usualmente tienen gusto amargo y son fisiológicamente activos. A la temperatura corporal, la cafeína es moderadamente soluble en agua y fácilmente atraviesa todas las membranas ce-

lulares del cuerpo. Por eso, luego de su ingestión, la cafeína se absorbe rápidamente desde el estómago e intestinos a la sangre y es distribuida a todos los órganos, incluyendo el cerebro. Por su escasa lipofili- cidad, no es secuestrada ni almacenada en el cuerpo: el 90% de la cafeína consumida fue metabolizada y excretada dentro de las 12 horas de su ingestión (Weinberg y Bealer, 2001). Por otra parte, la cafeína es un poderoso estimulante del sistema nervioso central ampliamente distribuido en la naturaleza y muy consumido por los humanos a través de infusiones (café, té, mate), bebidas, chocolate y medicinas. En las plantas que la contienen, la cafeína muestra propiedades antifúngicas y antibacteriales e, incluso, también causa esterilidad en algunos insectos (Nathanson, 1984).

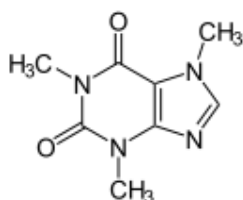


Figura 8. Estructura química de la cafeína.

Estudios de exploración de repelencia y toxicidad de químicos para aves han mostrado que la cafeína presenta una relativamente alta proporción de repelencia para tordos ala-roja machos con una baja toxicidad (DL50⁷= 316 mg/kg; Shafer *et al.*, 1983; Shafer y Bowles, 2004). Dicha capacidad repelente para tordos ala-roja parece similar a la obtenida con AQ, según un ensayo de una opción con arroz tratado al 0,25% p/p de cafeína (2.500 ppm) en el que se obtuvo una reducción del consumo del 76% (Avery y Cummings, 2003).

La cafeína se ha probado como repelente para aves en arroz y en girasol tanto en condiciones de aviario, semicampo (flight pen) y campo. Para el caso del arroz, los resultados fueron favorables en las tres escalas, indicando que los tratamientos de semillas con cafeína (10.000 ppm de cafeína) pueden ser una medida efectiva, económica y segura ambientalmente para repeler tordos y disminuir los daños en arroz en el momento de la emergencia (Avery *et al.*, 2005). Para el caso del girasol, en cambio, los resultados difirieron según la escala del ensayo, obteniéndose buenos resultados en los ensayos de aviario de dos opciones (girasol tratado y sin tratar) con palomas medianas (Addy Orduna, datos no publicados), y resultados desfavorables en ensayos de semicampo y campo, atribuibles a la ausencia del químico en los aquenios debido a aplicaciones del producto ineficientes en ambas escalas (Linz *et al.*, 2006a y 2007a).

En conclusión, los trabajos revisados indican que la cafeína produce buena repelencia en las aves estudiadas. Los estudios en arroz han mostrado una marcada eficacia de los tratamientos con cafeína. En cambio, los estudios realizados en girasol maduro evidencian una necesidad de ajustar la tecnología de la aplicación tal que la cafeína llegue, y en la cantidad necesaria, a los aquenios de capítulos de girasol maduro para poder ejercer su efecto repelente. Otro desafío a resolver es lograr una formulación que aumente la solubilidad de la cafeína en agua y disminuya su fitotoxicidad. En este sentido, se ha propuesto una formulación de cafeína con benzoato de sodio como alternativa aplicable para manejar el daño por tordos en cultivos agrícolas (Werner *et al.*, 2007a).

Compuestos fenólicos de la familia de los ácidos cinámicos

Los compuestos fenólicos son alcaloides que se encuentran naturalmente en varios vegetales. En la naturaleza, los compuestos fenólicos actuarían como defensa de las plantas contra la herbivoría (Buchsbau *et al.*, 1984; Greig-Smith y Wilson, 1985). Por lo tanto, podrían ser potencialmente útiles como repelentes de aves, con la ventaja adicional de poseer bajo riesgo ambiental debido a su bajo potencial de bioacumulación y su acción biológica específica (Cardellina, 1988). Al parecer, su acción defensiva contra la herbivoría se basaría en que interfieren en la digestión de proteínas en el intestino del herbívoro formando complejos insolubles con las proteínas (Haslam y Lilley 1986).

7 Dosis letal 50: dosis a la que muere el cincuenta por ciento de los individuos expuestos a un químico.

Entre los compuestos fenólicos, un grupo numeroso es la familia de los ácidos cinámicos o compuestos cinamílicos, presentes en algunos vegetales como la canela (*Cinnamomum cassia*; Lee *et al.*, 1999). El sustituyente químico propio de estos compuestos es el grupo cinamilo (Figura 9 A). Algunos miembros de esta familia de compuestos han mostrado ser poderosos inhibidores de enzimas que intervienen en la digestión de proteínas (Crocker y Perry, 1990). Tal característica podría inducir un posible efecto repelente sobre las aves que los consuman como consecuencia de la inhibición enzimática. Sin embargo, esta relación (grado de inhibición enzimática y repelencia) no sería directa. Así lo demuestran estudios con aves en los que se evaluó la relación entre la inhibición de la actividad enzimática intestinal y la repelencia alimenticia producida por varios miembros de esta familia de compuestos. Por ejemplo, un trabajo con codornices (cuya principal enzima digestiva de proteínas es la quimotripsina) mostró, contrariamente a las expectativas, que las aves redujeron el consumo de comida tratada con cinamamida (3-fenilacrilamida; CAS N° 621-79-4; buen inhibidor de tripsina pero no de quimotripsina) mientras que el ácido sinápico (fuerte inhibidor de quimotripsina y pobre inhibidor de tripsina) tuvo poco efecto repelente (Wilson y Hennessey, en Crocker y Perry, 1990). Otro trabajo con palomas domésticas (*Columba livia*, especie cuya principal proteasa es la tripsina) que comparó el porcentaje de inhibición de tripsina y la capacidad repelente a través de la medición de la comida tratada consumida de 9 compuestos de la familia del ácido cinámico, del antranilato de dimetilo, de la octa-acetato de sucrosa y de un inhibidor comercial de tripsina mostró que la cinamamida produjo la mayor repelencia con un nulo porcentaje de inhibición de la tripsina (Tabla 1). También mostró que el ácido cinámico resultó un fuerte inhibidor de la actividad de la tripsina pero un inefectivo repelente. Por lo tanto, no hubo correlación entre la inhibición de tripsina y la repelencia alimenticia en palomas domésticas (Crocker, 1990). Ambos trabajos demuestran, además, que pequeñas diferencias estructurales entre los compuestos causan grandes diferencias en su efecto repelente, tal como se observa en el ácido cinámico y la cinamamida, los cuales se diferencian por un solo sustituyente (Figura 9 B y C), y los ácidos 3,4 y 3,5 dimetoxicinámico, los cuales difieren sólo en la posición de un grupo metoxi (Figura 9 D y E).

Tabla 1. Inhibición de la actividad de la tripsina en extractos intestinales de palomas domésticas y consumo de alimento durante un ensayo de una opción con palomas domésticas. Adaptado de Crocker (1990).

Tratamiento	Compuesto	% Inhibición de tripsina	g consumidos (\pm se)
1	Cinamamida	ninguno	20,1 (\pm 2,5)
2	Ác. Sinápico	15 (\pm 3)	58,0 (\pm 5,7)
3	Ác. 3,4,5 trimetoxicinámico	ninguno	53,3 (\pm 3,9)
4	Ác. Cinámico	93 (\pm 3)	56,1 (\pm 3,7)
5	Ác. 3,4 dimetoxicinámico	16 (\pm 1)	57,4 (\pm 3,5)
6	Ác. 3,5 dirnetoxicinámico	14 (\pm 1)	29,7 (\pm 2,4)
7	Ác. cafeico	22 (\pm 1)	60,6 (\pm 6,4)
8	Ác.ferúlico	16 (\pm 4)	54,5 (\pm 6,4)
9	Ác. clorogénico	3 (\pm 1)	62,0 (\pm 4,0)
10	Octa-acetato de sucrosa	no testeado	48,8 (\pm 3,8)
11	DMA	9 (\pm 2)	43,8 (\pm 4,0)
12	Inhibidor tripsina	64 (\pm 3)	41,8 (\pm 4,7)
13	Control	-	57,6 (\pm 3,2)

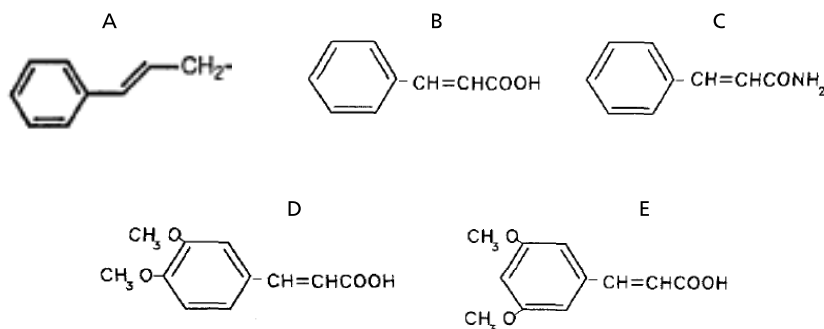


Figura 9. Grupo químico propio de los compuestos cinámicos (A) y estructura química del ácido cinámico (A), de la cinamamida (C), del ácido 3,4 dimetoxicinámico (D) y del ácido 3,5 dimetoxicinámico (E).

Dado que, entre los compuestos estudiados, la cinamamida y el ácido 3,5 dimetoxicinámico resultaron los más eficientes como repelentes alimenticios para palomas domésticas, posiblemente la mezcla de estos compuestos podría aumentar aún más su capacidad repelente. Sin embargo, esto parece no ocurrir, ya que en el mismo trabajo anterior (Crocker, 1990) la mezcla física no produjo aditividad (la repelencia de la mezcla física no fue mayor a las repelencias individuales de cada compuesto) y la mezcla química (compuesto híbrido resultante: 3,5 dimetoxicinamamida) produjo un efecto antagónico (la repelencia de la mezcla química fue menor a las repelencias individuales).

Por otra parte, de la relación estructura-efecto repelente de los compuestos cinámicos se ha podido inferir, en base a ensayos de una y de dos opciones con estorninos, que la repelencia aumenta con un grupo donador de electrones presente en la molécula y que las funciones ácidas disminuyen la repelencia (Jakubas *et al.*, 1992). Uno de los compuestos que cumpliría con estos requisitos químicos de relación estructura-actividad es el cinamato de metilo (un éster natural del ácido cinámico), el cual mostró gran eficacia repelente en arroz (1,0% p/p) para tordos ala-roja machos en un ensayo de dos opciones (Avery y Decker, 1992). También la cinamamida cumpliría con estos requisitos químicos.

Los estudios de laboratorio sobre el mecanismo de acción de la cinamamida sugieren que tiene actividad repelente tanto primaria (efecto inmediato) como secundaria (efecto post-ingestional). En mamíferos, produciría un efecto de evitación luego de su acción post-ingestional (Gill *et al.*, 1997), es decir, una aversión condicionada por el gusto (160 mg cinamamida/kg de peso corporal de *Rattus norvegicus*; Gill *et al.*, 2000). En las aves, su efecto principal sería de tipo primario, es decir, produciría una respuesta de desagrado inmediata a través del gusto, olor o irritación de la cavidad bucal. No obstante, estudios en cautiverio con aves indican síntomas de malestar post-ingestional luego de consumir alimento tratado con cinamamida (Gill *et al.*, 1994).

La cinamamida fue identificada como repelente de aves por Crocker y Perry (1990), quienes utilizaron palomas domésticas como modelo de otra especie de paloma que causa daños en cultivos en el Reino Unido. Luego, Watkins *et al.* (1995) establecieron la curva dosis-respuesta con palomas domésticas, demostrando que la cinamamida reduce significativamente el consumo de alimento en concentraciones tan bajas como 0,09% p/p. Mediante dicha curva se determinó una R50⁸ de 0,26% p/p. Se observó que las dosis menores a la R50 producían un efecto repelente que disminuía con el tiempo, sugiriendo que a esas concentraciones las palomas se habituaban al químico. En cambio, a dosis mayores de la R50 la respuesta de evitación aumentó con la dosis, sugiriendo que las palomas lograban desarrollar la aversión condicionada. También se determinó que una repelencia del 94,2% se alcanzaría con una dosis de 0,74% p/p.

Asimismo, la cinamamida mostró su eficacia repelente en ensayos de una y dos opciones (0,08% p/p de cinamamida en arroz) con tordos varilleros (*Agelaius ruficapillus*), especie que causa daños en arroz maduro en Argentina y países vecinos. En estas pruebas, la cinamamida redujo significativamente el con-

⁸ Dosis a la que el consumo se reduce un 50%.

sumo del arroz y las aves que consumieron arroz tratado mostraron síntomas de disgusto y de malestar post-ingestional (Gill *et al.*, 1994). También en el campo la cinamamida ha mostrado ser eficaz contra algunas especies de aves granívoras y omnívoras. Por ejemplo, el consumo de pellets y semillas tratados con 0,5% p/p de cinamamida declinó más de un 67%, según un estudio realizado con una especie de cuervo (*Corvus frugilegus*) y una especie de pinzón (*Fringilla coelebs*) de vida libre (Crocker y Reid, 1993). Por otro lado, en un ensayo en colza (*Brassica napus*), 2 kg/ha de cinamamida redujeron significativamente el daño por palomas de monte (*Columba palumbus*) a pesar de haber aplicado el químico tarde, cuando el cultivo ya había comenzado a ser dañado (Gill *et al.*, 1998a). También la cinamamida fue efectiva en repeler varias especies de aves (*Carduelis chloris*, *Parus caeruleus*, *P. major*, entre otras) en una prueba al aire libre con maníes dispuestos en hileras próximas a un monte (Gill *et al.*, 1998b).

En conclusión, entre los derivados del ácido cinámico, la cinamamida ha mostrado ser uno de los compuestos de esta familia más eficaces como repelente de aves. Según los estudios revisados, una de las características de este compuesto que disminuye su potencial repelencia es la baja persistencia en el cultivo (Gill *et al.*, 1998a). Al parecer, el principal motivo de su pérdida es el lavado. Por tal motivo, Cotteril *et al.* (2004) describen una formulación resistente a la humedad por agregado de una combinación de adherentes. Pero, además de mejorar las formulaciones de la cinamamida, para determinar su eficacia real este compuesto debería probarse a campo con las especies de aves perjudiciales locales.

Compuestos de mentas

La d-pulegona (5-metil-2-(1-metiletilidina) ciclohexanona; CAS N° 89-82-7; figura 10) es una cetona presente como componente principal en los vegetales del género *Mentha* (ej. *M. pulegium*, *M. longifolia*). En bajas concentraciones (< 1%) la d-pulegona es utilizada como aditivo en la industria alimenticia (Mason, 1990). Como la mayoría de los componentes de origen natural, la d-pulegona es considerada de bajo riesgo, tanto primario como secundario. Su DL50 para tordos ala-roja resultó mayor a 316 mg/kg (Shafer *et al.*, 1983), constituyéndose un compuesto relativamente seguro para las aves. En las aves, la d-pulegona actuaría como repelente mediante dos mecanismos: a través del contacto directo (repelente primario) y, en menor proporción, mediante la inducción del comportamiento de evitación (repelente secundario; Wager-Pagé y Mason, 1996b).

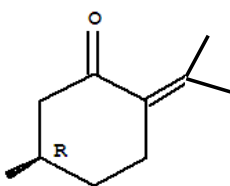


Figura 10. Estructura química de la d-pulegona.

Dados sus antecedentes como repelente para perros y como insecticida, Mason (1990) comprobó las propiedades repelentes de la d-pulegona en estorninos, mediante ensayos en aviario de una y dos opciones, a dosis tan bajas como 0,01% p/p. El autor indicó que la d-pulegona pareció ser 10 veces más efectiva contra estorninos que los antranilatos de metilo y de dimetilo. Otros estudios en aviario con otras especies de aves también comprobaron la mayor efectividad repelente de la d-pulegona respecto a los antranilatos. Por ejemplo, un trabajo que comparó, mediante ensayo de una opción con gorriones, la eficacia repelente de antranilato de metilo y de dimetilo con Optamint®, un formulado a base de d-pulegona mostró que sólo Optamint® a la mayor concentración probada (5,0% p/p) redujo significativamente el consumo de trigo por parte de los gorriones (Porter, 1995). Otros ensayos de una y dos opciones con tordos ala-roja también mostraron una reducción mayor en el consumo de semillas de arroz tratadas con pulegona respecto a las tratadas con MA (Avery *et al.*, 1996b). Sin embargo, un trabajo que evaluó la capacidad de cuatro candidatos repelentes, entre ellos d-pulegona, de reducir el consumo por parte de estorninos de partículas de arcilla de similar tamaño y forma a las partículas de plaguicidas aplicadas en el campo posicionó a la d-pulegona en segundo lugar de eficiencia repelente, después del MA (orden de eficacia: MA, d-pulegona, orto-aminoacetofenona y aceite de pino; Mason

y Epple, 1998). En definitiva, más allá de las comparaciones de efectividad repelente respecto a otros compuestos, la d-pulegona demostró ser un repelente eficaz para diferentes especies de aves, siendo algunas más sensibles al compuesto que otras (orden decreciente de sensibilidad a la pulegona: tordos cabeza-marrón, tordos ala-roja y mirlos cola de bote; Avery *et al.*, 1996b).

La d-pulegona combinada con un formulado a base de AQ (Avex®) se ha probado como alternativa para disminuir el riesgo primario para aves silvestres del control de mamíferos mediante cebos tóxicos, con resultados alentadores. En particular, la eficacia repelente de dicha combinación se comparó con la del aceite de canela más pintura verde (práctica repelente corriente en Nueva Zelanda) para repeler petroicas neozelandesas (*Petroica australis longipes*) de los cebos utilizados para controlar letalmente a mamíferos. Los resultados demostraron que la combinación de d-pulegona con Avex® disuadió a las petroicas de alimentarse de los cebos tóxicos más efectivamente que el aceite de canela con tintura verde (Day *et al.*, 2003). Por lo tanto, la combinación d-pulegona y AQ fue efectiva en prevenir el consumo de alimento altamente preferido por las petroicas neozelandesas y, consecuentemente, en disminuir su riesgo de intoxicación. Estos resultados motivan más ensayos con dicha combinación para repeler otras especies de aves.

Para disminuir los costos de las aplicaciones, algunos trabajos compararon la eficacia repelente de la d-pulegona con la de compuestos más baratos como el aceite esencial de menta (del cual se obtiene la pulegona), los derivados de mentona o la mezcla racémica dl-pulegona. Para el caso del aceite esencial de menta (80-90% d-pulegona), ensayos de dos opciones con tordos ala-roja mostraron que éste fue casi tan efectivo en disminuir el consumo de arroz tratado como la misma pulegona (Figura 11; Avery *et al.*, 1996b). Respecto a los doce derivados de mentona (l-carveol, iso-pulegol, d-mentol, isopulegol acetato, dihidrocarvona, terpineol, l-calvona, mentona, isomentona, piperitona, dl-mentol, timol), ninguno fue tan efectivo como la d-pulegona en disminuir el consumo de comida tratada por parte de estorninos en ensayos de una opción. La mezcla racémica (dl-pulegona), en cambio, fue tan aversiva como la d-pulegona sola para los estorninos (Mason y Primus, 1996). Por lo tanto, tanto el aceite esencial como la mezcla racémica podrían servir como sustituto de la d-pulegona, al menos para las especies evaluadas.

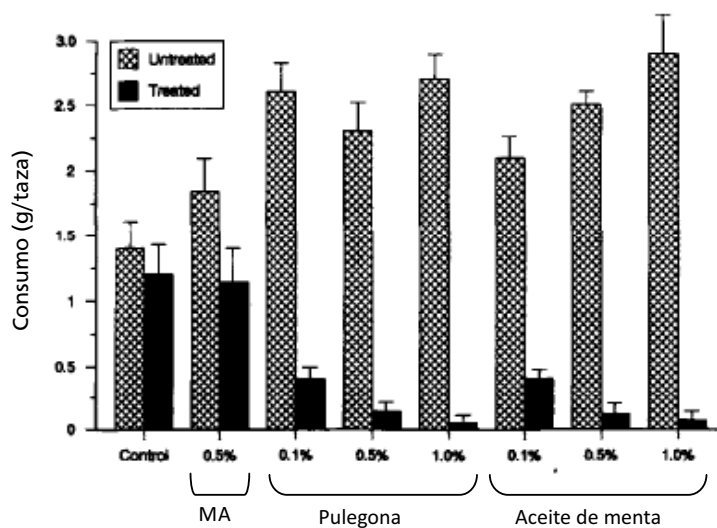


Figura 11. Consumo diario medio/tordo ala-roja de arroz no tratado y tratado con antranilato de metilo (MA), pulegona o aceite de menta (SE=1). Cada ave recibió dos trazas de semillas por 3 horas en cuatro mañanas consecutivas. Tomado de Avery *et al.* (1996b).

En conclusión, al igual que la cinamamida, la d-pulegona ha mostrado ser repelente tanto para aves como para mamíferos (Mason, 1990; Wager-Pagé y Mason, 1996c). También al igual que la cinamamida, la d-pulegona tendría la capacidad de funcionar tanto como repelente primario (por contacto directo y por olor) como secundario (por efecto tóxico leve; Wager-Pagé y Mason, 1996b). Esta amplitud de su eficacia como repelente hace de la d-pulegona un compuesto interesante para desarrollar formulaciones adecuadas y para ser probado en las especies perjudiciales locales, tanto en condiciones de cautiverio individual como a campo.

Citronelilos

Siguiendo el concepto de que los compuestos secundarios de las plantas que actúan en defensa contra la herbivoría son potenciales químicos repelentes, se ha evaluado la capacidad repelente para estorninos de algunos compuestos citronílicos utilizados en la industria como aromatizantes (Figura 12). Los seis compuestos citronílicos probados fueron altamente repelentes para los estorninos (Figura 13; Hile, 2004). Seguidamente, en el mismo trabajo se realizó una curva dosis-respuesta para cada compuesto, la cual reveló que dos de los seis citronelilos, el acetato y el butirato, tendieron a ser repelentes a dosis más bajas (alimento con 0,1 parte del químico en 1 parte de etanol) que el resto (1:1).

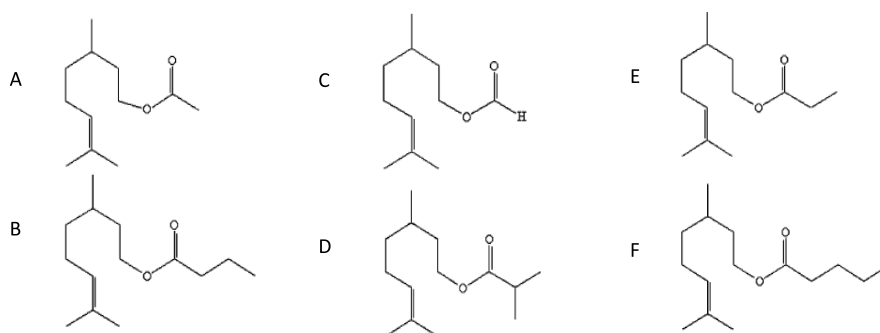


Figura 12. Estructura química del acetato de citronelilo (A, CAS N° 150-84-5), presente en citronela (*Chamaecyparis lawsoniana*), citrus, jengibre; del butirato de citronelilo (B, CAS N° 141-16-2), presente en citronela, citrus, maracuyá; del formato de citronelilo (C, CAS N° 105-85-1), presente en geranio, rosa, laurel y miel; del isobutirato de citronelilo (D, CAS N° 97-89-2), presente en el aceite de citronela; del propionato de citronelilo (E, CAS N° 141-14-0), presente en el tomate;. F: estructura del valerato de citronelilo (F, CAS N° 7540-53-6), presente en la boronía (*Boronia citriodora*). Adaptado de Hile (2004).

Utilizando acetato de citronelilo como repelente, en un ensayo en condiciones de cautiverio con estorninos se mostró que la disponibilidad tiene un profundo efecto sobre la elección de comida o bebida consumida (Hile y Tordoff, 2005). En dicho ensayo, la cantidad de repelente consumido dependió del número de fuentes de repelente disponible como también del número de fuentes de comida y agua sin repelente (Figura 14). Es decir, cuando hubo más fuentes de alimento o agua tratados con repelente que sin tratar, las aves parecían ser indiferentes al químico. Este tipo de información es importante para corroborarla con pruebas a campo, ya que influiría en los resultados de eficacia de estos compuestos.

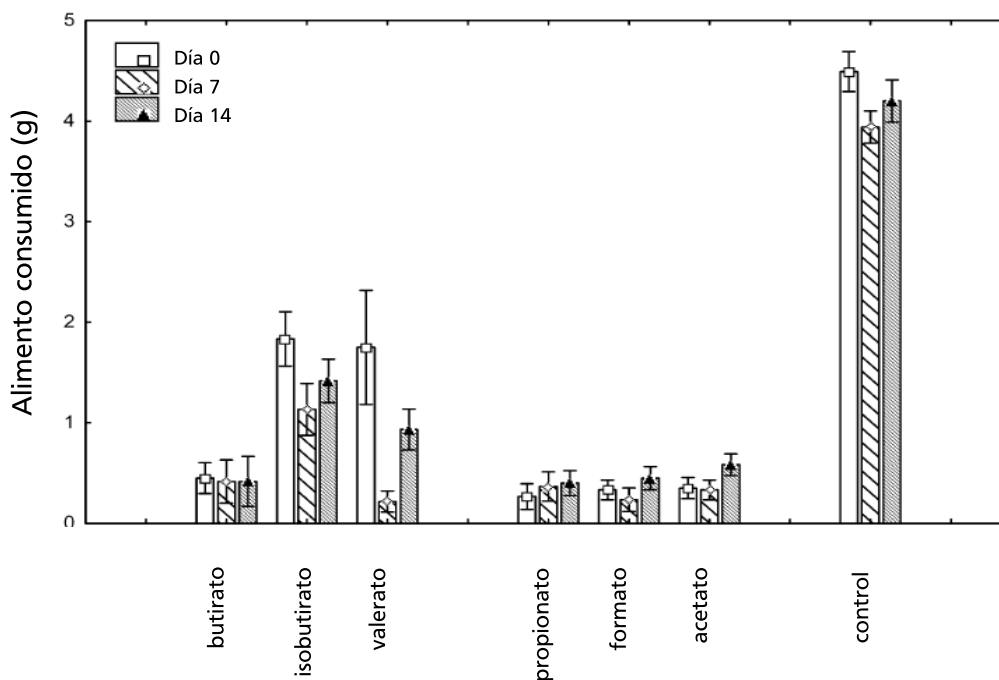


Figura 13. Medias y error estándar de los gramos de comida consumida en el control y con los 6 citronelilos durante el ensayo con estorninos en aviario. Todos los compuestos produjeron diferencia significativa entre el consumo de comida tratada y el control ($p < 0,0001$). Tomado de Hile (2004).

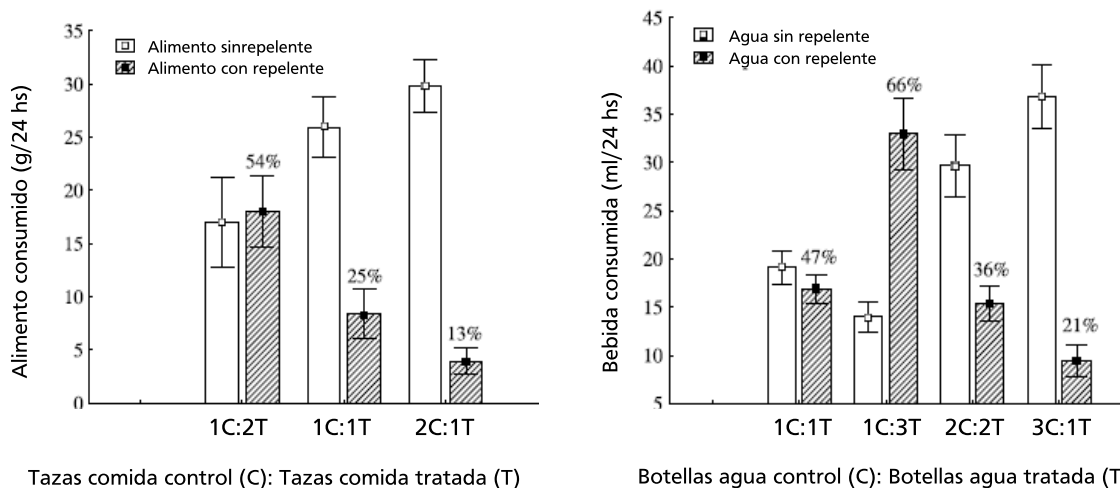


Figura 14. Ingesta de los estorninos de comida sin tratar (C) y de comida tratada (T) con acetato de citronelilo al 1% (A) e ingesta de agua sin tratar (C) y de agua tratada con acetato de citronelilo al 0,025% (B). Nota: 1C:1T implica que se ofreció una taza o botella del ítem sin tratar y una del ítem tratado. Adaptado de Hile y Tordoff (2005).

En suma, los compuestos citronílicos, en particular los citronelilos presentes en la citronela, parecen ser prometedores repelentes para aves. Según la bibliografía revisada, son pocos los estudios que han evaluado la eficacia repelente de estos compuestos. Más estudios, tanto en aviario como a campo, son necesarios para determinar su capacidad repelente, principalmente para las especies de aves perjudiciales locales.

Azadiractina

El nim (*Azadirachta indica*) es un árbol originario de India, muy común en Pakistán, Sri Lanka, Tailandia y Cambodiaa, e introducido en EE.UU., Australia, Arabia Saudita, Filipinas, en el Caribe y algunos países de América Latina y África (Gaoh, 1999). Sus extractos son efectivos antialimentarios para insectos. Los triterpenos extraídos del árbol de nim están disponibles en algunos países como insecticidas naturales (Mason y Matthew, 1996). El principal principio activo de los aceites y extractos de hojas y semillas del nim es la azadiractina (IUPAC: dimetil (2aR,3S,4S,4aR,5S,7aS,8S,10R,10aS,10bR)-10-(acetiloxi)octahidro-3,5-dihidroxi-4-metil-8-[[[(2E)-2-metil-1-oxo-2-butenil]oxi]-4-[(1aR,2S,3aS,6aS,7S,7aS)-a,6a,7,7a-tetrahidro-6a-hidroxi-7a-metil-2,7-metanofuro[2,3-b]oxireno[e]oxepin-1a(2H)-il]-1H,7H-nafto[1,8-bc:4,4a-c]difuran-5,10a(8H)-dicarboxilato; CAS N° 11141-17-6; figura 15).

Hay evidencias de que el nim ha funcionado como repelente alimenticio para ratas (*Rattus norvegicus*), utilizándose tanto el aceite de las semillas como las semillas o las hojas en polvo (Gaoh, 1999). También hay evidencia de que ha funcionado como repelente para aves. Por ejemplo, en ensayos alimenticios y de bebida con estorninos en los que se utilizó un concentrado comercial de nim (Nim®, Godrej Agrovvet Ltd. Bombay, India) y un extracto acuoso de hojas de nim (100 g de hoja seca/l de agua corriente) mostraron que el formulado fue efectivo para repeler el alimento tratado a la concentración más alta probada (1,5% p/p), y el extracto acuoso de nim redujo significativamente la ingesta de agua por parte de las aves (Mason y Matthew, 1996). Así mismo, una prueba con extractos de hojas y semillas de nim para tordos ojirojos (*Molothrus aeneus*, una de las especies perjudiciales para el cultivo de arroz en Méjico donde el nim ha sido introducido) produjo resultados favorables, obteniéndose una reducción significativa en el consumo del alimento por parte de estas aves a una concentración del 0,2 % p/p (Del Villar-González *et al.*, 2006). Estos resultados sugieren que el nim es un repelente de aves seguro y económico, y que puede ser útil en los países donde este vegetal es nativo o introducido. Sin embargo, no todas las pruebas con este químico resultaron favorables. En un ensayo de una opción con tordos ala-roja, una formulación de azadiractina (Aza-Direct, 1,2% i.a.) a una dosis de 28 ml del formulado/kg de arroz no logró mostrar una diferencia estadísticamente significativa en el consumo de arroz como tampoco una relación concentración-respuesta positiva (Werner *et al.*, 2007b), posiblemente debido a la baja concentración del ingrediente activo en el formulado.

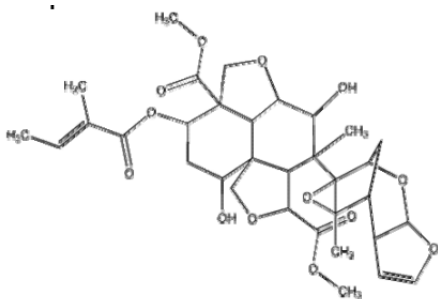


Figura 15. Estructura química de la azadiractina

En conclusión, aunque hay pocas pruebas realizadas, la azadiractina ha mostrado ser repelente para aves. Sin embargo, aún no se han probado formulaciones que demuestren efectividad repelente para las aves. Por otro lado, se trata de un químico obtenido a partir de un vegetal sólo introducido en algunos países, hecho que limita su disponibilidad. Por estos motivos, el desarrollo local de este químico es poco probable.

Capsaicinoides

La capsaicina (N-[(4-hidroxi-3-metoxifenil)metil]-6E-8-metil-nonenamida; CAS N° 404-86-4; figura 16) es el componente picante principal de la pulpa del fruto de la pimienta roja (*Capsicum* sp). Esta amida aromática, junto a otros capsaicinoides presentes en la pimienta como la N-vanilil-nonamida, norcapsaicina,

nordihidrocapsaicina, dihidrocapsaicina, homocapsaicina, homodihidrocapsaicina (Hoffman, 1983), son fuertes irritantes químicos para la mayoría de los mamíferos, quienes responden a la exposición aguda, local o sistémica del químico con una fuerte reacción nociceptiva (ej. dolor e inflamación), edema neurogénico y pérdida de habilidad termorregulatoria. La exposición crónica tópica de los mamíferos a la capsaicina lleva a una sensibilización y percepción del dolor aumentadas, seguido por desensibilización (Clark, 1998b).

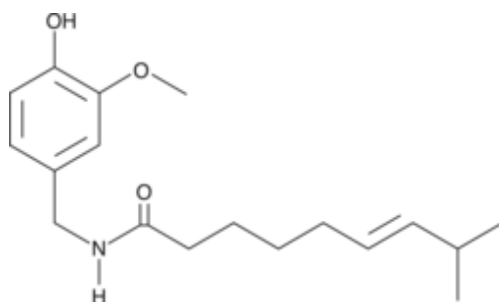


Figura 16. Estructura de la capsaicina

A pesar del amplio efecto en mamíferos, la capsaicina virtualmente no tiene efecto en las aves. Hay evidencia bien documentada que las aves son relativamente insensibles a la capsaicina, pues la dispersión de las semillas de la pimienta es realizada por aves (Avery, 2003; Jordt y Julius, 2002). Los mamíferos serían 2.500 veces más sensibles que las aves a la inyección arterial de capsaicina y 1.000 veces más sensibles a la irritación ocular. Las palomas domésticas (Szolcsanyi *et al.*, 1986), los estorninos (Mason y Clark, 1995b), ampelis americanos y pinzones (*Carpodacus mexicanus*, Norman *et al.*, 1992) son algunas de las especies de aves que han mostrado ser tolerantes a la capsaicina.

Aunque las aves y mamíferos comparten mecanismos de modulación de neurotransmisores de respuesta dolorosa, los receptores periféricos involucrados en la detección de capsaicina serían menos numerosos o presentarían menor afinidad al químico en las aves que en los mamíferos. Otras explicaciones del efecto selectivo de la capsaicina se refieren a las diferencias en la superficie epitelial de las terminaciones de los nervios nociceptivos o en las características de permeabilidad de las capas mucosas o tegumentarias (Clark, 1998b). Mason *et al.* (1991c) compararon el efecto repelente de la capsaicina sintética, de la metilcapsaicina, de la veratrilamina, de la veratrilacetamida y de la vainililacetamida en ensayos alimenticios y de bebida con estorninos y ratas. La veratrilacetamida resultó el único repelente para los estorninos. La capsaicina y la vainililacetamida fueron repelentes sólo para las ratas. Los autores atribuyen la falta de repelencia para las aves de la capsaicina y la vainililacetamida a la presencia del grupo fenólico ácido con OH en ambos compuestos y atribuyen la repelencia de la veratrilacetamida para las aves a su naturaleza básica. Por lo tanto, son suficientes las pruebas que demuestran que la capsaicina y sus compuestos relacionados no son repelentes efectivos para las aves.

Denatonios

El sacárido de denatonio y el benzoato de denatonio (CAS N° 3734-33-6) son conocidos compuestos amargos que generalmente se agregan a sustancias peligrosas para evitar su consumo. Pero a pesar de su efectiva acción no palatable para humanos, estas sustancias amargas parecen ser inefectivas para herbívoros. Así lo ha mostrado un estudio en el que se ofrecieron a guineas varios agentes amargos (benzoato de denatonio, sacárido de denatonio, limoneno, L-fenilalanina, naringina, quebracho, quinina, formulado comercial RoPel, y ocatacetato de sucrosa), los cuales mostraron ser inefectivos como repelentes alimenticios, al menos a la concentración probada (1% p/p) en las guineas (Nolte *et al.*, 1994). Por lo tanto, aunque las pruebas son escasas, los compuestos amargos no parecerían ser repelentes de aves promisorios.

Aceite de ajo

Las actividades antimicrobianas, fungicidas, insecticidas y molusquicidas del ajo (*Allium sativa* Linn.) son conocidas y han sido bastante estudiadas (Goncagul y Ayaz, 2010; Park y Shin, 2005; Auger *et al.*, 2004; Schüder *et al.*, 2003; Ho *et al.*, 1996, Hughes y Lawson, 1991). Los compuestos volátiles de azufre (di y trisulfuros) parecen ser los responsables de la actividad insecticida del ajo (Park y Shin, 2005). Para las aves, el aceite de ajo funcionaría como repelente primario, ya sea porque no es palatable (repelencia gustativa) o porque funciona como irritante trigeminal (Hile *et al.*, 2004).

Los pocos trabajos conocidos sobre eficacia repelente para aves del aceite de ajo se han llevado a cabo en aviario con tordos ala-roja y estorninos, generalmente con resultados favorables. Por ejemplo, en un ensayo con estorninos de dos opciones y dos horas diarias de exposición al tratamiento, todas las dosis de aceite de ajo en el alimento balanceado (1,00, 0,50, 0,10, 0,05 y 0,01% v/p) redujeron el consumo en relación al consumo de alimento no tratado (Mason y Linz, 1997). En otro ensayo con estorninos pero de una opción (tres horas diarias de exposición al tratamiento, previo ayuno nocturno) en el que se ofrecieron gránulos tratados (4 mg aceite de ajo/g de gránulo) mezclados en una proporción de 1:1 con el alimento, se obtuvo una reducción del consumo de comida de 61-65% (Hile *et al.*, 2004). Otros ensayos de una opción de tres horas de exposición diaria al tratamiento pero con tordos ala-roja a quienes se les ofreció aquenios tratados con aceite de ajo (2,0% p/p) mostraron también resultados favorables (reducción del 80% del consumo). Sin embargo, los tordos ala-roja fueron indiferentes al aceite de ajo pulverizado en capítulos de girasol (0,02 g/ml) ofrecidos individualmente (un capítulo tratado por ave), posiblemente debido a que la pequeña porción expuesta del aquenio en el capítulo no fue suficiente para contener la cantidad del químico necesario para ejercer el efecto repelente ante la ausencia de comida alternativa (Linz *et al.*, 2007a). En conclusión, se han demostrado las propiedades repelentes para aves del aceite de ajo. Sin embargo, es necesario realizar tanto más pruebas (principalmente con las especies de aves perjudiciales locales) como ajustar la metodología de aplicación a campo de este compuesto para lograr una repelencia efectiva.

Otros aceites vegetales

Algunos aceites vegetales se han evaluado para determinar su capacidad repelente para aves. Excepcionalmente al aceite de menta (Avery *et al.*, 1996b), generalmente dichas evaluaciones mostraron resultados poco contundentes. Así, por ejemplo, los terpenos cítricos (componentes principales del aceite esencial de naranja) y un formulado en base a ellos (Gander Gone FL®), aunque mostraron un efecto repelente en palomas medianas (Addy Orduna *et al.*, 2010b) y en tordos ala-roja (Werner *et al.*, 2007b), no evidenciaron una relación dosis-respuesta positiva. Lo mismo ocurrió en una prueba de eficacia repelente de aceite de eucalipto con palomas medianas: el efecto repelente no pudo relacionarse proporcionalmente a las dosis (Addy Orduna *et al.*, datos no publicados). Otro producto formulado (Flock Buster®) en base a una mezcla de diversos aceites esenciales (3% aceite de lemon grass más 3% aceite de menta más 3% pimienta blanca más 2% aceite de clavo de olor más 2% aceite de ajo más 2% aceite de tomillo más 2% aceite de romero) se probó en un ensayo de una y dos opciones con girasol para estorninos. En el ensayo de dos opciones, el formulado produjo escasa repelencia y en el de una opción no produjo ninguna repelencia en las aves (Werner *et al.*, 2010).

Así mismo, el aceite de canela y el aceite de hojas de pino fueron evaluados respecto a sus propiedades repelentes para aves, pero también los resultados fueron poco alentadores. Por ejemplo, en petroicas neozelandesas, a una dosis de 0,1% p/p de aceite de canela sobre el cebo no se obtuvo un efecto repelente notorio (Day *et al.*, 2003). Por su parte, el aceite de pino siberiano ha mostrado ser repelente para roedores (Epple *et al.*, 1996) y redujo, aunque no en gran porcentaje, el consumo por parte de estorninos en cautiverio de gránulos de plaguicidas tratados al 1% v/p con el aceite (Mason y Epple, 1998). Sin embargo, Wager-Pagé *et al.* (1997), quienes realizaron un ensayo en aviario con estorninos ofreciéndoles manzanas tratadas al 10% v/p con este aceite de pino, no observaron un efecto repelente en las aves.

En conclusión, aunque los aceites de vegetales aromáticos suelen presentar propiedades repelen-

tes intrínsecas, los efectos observados son muy variables y generalmente no producen una relación concentración-respuesta definida. Esta variabilidad en la respuesta de las aves a los aceites de vegetales aromáticos observada en los distintos ensayos podría explicarse, al menos en parte, a la falta de formulaciones o a las deficiencias de las formulaciones evaluadas en cuanto a la pureza de los ingredientes activos, a su poder de adhesión o a su residualidad. Posiblemente, para lograr mejores resultados sea necesario aislar los ingredientes activos de dichos aceites y determinar su eficacia repelente utilizando formulaciones adecuadas.

PLAGUICIDAS REPELENTES

Varios compuestos sintéticos utilizados como plaguicidas (principalmente insecticidas y fungicidas) se han probado para determinar su eficacia como repelentes para las aves. Frente a los biorrepelentes, estos compuestos presentan ventajas y desventajas. Las ventajas derivan del gran número de compuestos a considerar y de que la posibilidad de la ampliación del uso es económicamente más ventajosa que comenzar el proceso de registro desde el inicio. Las desventajas frente a los biorrepelentes derivan de sus potenciales impactos negativos en la salud y en el ambiente, dado que generalmente se trata de compuestos con relativas altas toxicidades y posible riesgo ambiental y ecológico.

A continuación se describen algunos agroquímicos con los que se realizaron pruebas de eficacia de repelencia para aves. Entre los insecticidas, se han probado carbamatos, organofosforados, organoclorados, neonicotinoides y hasta piretroides. Entre los fungicidas, se han probado ditiocarbamatos, fungicidas inorgánicos, triazoles y estrobilurinas, entre otros grupos de fungicidas.

Insecticidas

Metiocarb

El metiocarb (4-(metiltio)-3,5-xilimetil carbamato; CAS N° 2032-65-7; figura 17) es un carbamato con propiedades insecticidas, acaricidas y molusquicidas, y con conocido efecto repelente para las aves. En nuestro país existen tres formulaciones registradas con metiocarb. En dos de estas formulaciones el metiocarb se presenta mezclado con otro ingrediente activo (SENASA, 2010).

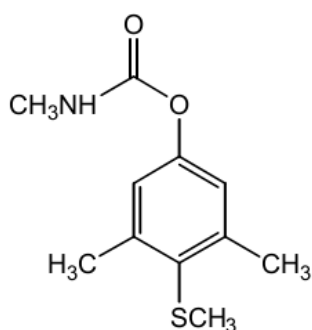


Figura 17. Estructura química del metiocarb.

Aunque el metiocarb es clasificado como extremadamente tóxico (IDA⁹= 0,001 mg/kg) debido a su baja DL50 en ratas (15-35 mg/kg), al parecer es un producto seguro si se aplica apropiadamente, ya que las aves son repelidas antes de ingerir la dosis letal (Avery, 2003). No obstante, en EE.UU. su registro como repelente para proteger semillas, brotes, granos maduros y frutas caducó en 1989 debido a los nuevos requerimientos de seguridad ambiental que surgieron en ese país a partir del Acta Federal sobre Insecticidas, Fungicidas y Raticidas (FIFRA) de la USEPA¹⁰ (Reidinger, 1995). También en ese año (1989), el registro de metiocarb para su uso en frutales caducó, debido a una mayor cantidad de datos a presentar

9 Ingesta diaria admisible.

10 United States Environmental Protection Agency: Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.

sobre los efectos ambientales del químico (en particular sobre las aves) y a una disminución de los niveles de residuos permitidos. En Uruguay, en cambio, el metiocarb está registrado actualmente como repelente de aves bajo el nombre de Draza®, de Bayer CropScience (Avery, 2003), tanto para tratar semillas de soja (500 g de formulado más 500 ml de adherente/100 kg de semillas, según etiqueta del producto), girasol, maíz y arroz como para tratar sorgo maduro (Bayer CropScience, web en línea).

Metiocarb es un repelente secundario: produce aversión condicionada; es decir, las aves comen la comida tratada, comienzan a sentirse mal, asocian la comida o sus características con el malestar y aprenden a evitarla. El grado de evitación depende de varios factores, entre ellos, del lugar, de la experiencia previa del ave con esa comida, del grado de malestar post-ingestión y de la disponibilidad de comida alternativa (Avery, 2003). Al parecer, metiocarb no produce en las aves disgusto por el sabor sino que la comida es rápidamente aceptada y sólo deja de serlo cuando el ave comienza a padecer los efectos fisiológicos del químico, tales como arcadas, vómito y parálisis temporal (Avery, 2003). Por esto, para que el metiocarb sea más efectivo como repelente para aves granívoras, se agregan claves gustativas y/o visuales, como por ejemplo, carbonato de calcio o pigmentos (Reidinger, 1995).

Pruebas de repelencia en aviario con metiocarb

Todas las pruebas con metiocarb en aviario (ensayos de una y dos opciones) con diferentes especies confirman su buena capacidad como repelente alimenticio para las aves. Generalmente, dichas pruebas se han realizado con especies de aves que dañan cultivos de cereales y/o frutales. Entre las especies que dañan cereales se han evaluado queleas (*Quelea quelea*, pequeña ave africana catalogada como una de las aves más numerosas y destructivas del mundo; Shumake *et al.*, 1976), patos domésticos y gansos canadienses (Cummings *et al.*, 1992), y gorriones (considerados la plaga más destructiva para los cultivos de cereal en Pakistán; Rizvi *et al.* 2002), todas sensibles a una dosis de 0,1% p/p de metiocarb en el alimento ofrecido. Entre las especies que dañan frutales se han evaluado, por ejemplo, estorninos, zorzales pechirrojos (*Turdus migratorius*) y pinzones domésticos (*C. mexicanus*), ofreciéndoles uvas tratadas con metiocarb y determinando su R50 (estimado de la concentración que repele el 50% de las aves expuestas; Tobin y Dehaven, 1984). También se evaluaron ampelis americanos enjaulados individualmente, obteniendo una reducción del consumo de arándanos del 60% con dosis equivalentes a aplicaciones a campo de 1,1 y 1,6 kg/ha de metiocarb (Avery *et al.*, 1993).

Varios trabajos con aves en cautiverio han comparado la eficacia repelente de metiocarb respecto a otros productos y/o combinaciones de estrategias repelentes. En las pruebas de cautiverio comparativas, el metiocarb ha mostrado igualar o superar la eficacia repelente de otros compuestos tales como el tiram, el ziram, la AQ, el MA y el DMA. Por ejemplo, pruebas con siete especies de aves diferentes determinaron una mayor eficacia repelente del metiocarb respecto al tiram (Schafer y Brunton, 1971). Por otro lado, comparando la eficacia repelente de metiocarb al 0,1% p/p, y de antranilato de metilo y antranilato de dimetilo al 1,0% p/p para patos y gansos en cautiverio mediante ensayo de una opción con maíz, se observó que el metiocarb y el MA tuvieron un mejor comportamiento como repelentes que el antranilato de dimetilo en las especies estudiadas (Cummings *et al.*, 1992). Otro trabajo comparó la eficacia repelente de metiocarb, ziram y antranilato de metilo en ensayos en jaulas con bulbules de vientre rojo (*Pycnonotus cafer*, una de las especies que dañan plantaciones de orquídeas en Hawaii). Las dosis probadas que resultaron igualmente efectivas fueron 0,01% p/p de metiocarb y 1,0% p/p de tanto ziram como antranilato de metilo, lo cual significa que el metiocarb fue tan repelente como los otros dos compuestos pero a una dosis mucho menor (Cummings *et al.*, 1994a). Lo mismo se ha observado en pruebas con metiocarb y AQ con tordos ala-roja y mirlos cola de bote (Avery *et al.*, 1998b), arroceros americanos (especie que causa daños en cultivos de sorgo y arroz en Venezuela; Avery *et al.*, 2001) y varilleros congo (Rodríguez, 2000): en ensayos de dos opciones se obtuvieron efectos repelentes de metiocarb y AQ similares (alrededor del 90% de reducción del consumo) pero con dosis diferentes, siendo las dosis de metiocarb generalmente menores que las de AQ.

Las combinaciones de estímulos aversivos serían más repelentes que los estímulos individuales. Dichas combinaciones logran grados de repelencia satisfactorios o permiten disminuir las dosis del químico

repelente. Así, por ejemplo, se observó que el agregado de claves sensoriales al tratamiento con metiocarb aumentó la repelencia sobre los queleas (Bullard *et al.*, 1983; Elmahdi *et al.*, 1985). Entre las claves sensoriales, al parecer las visuales son más efectivas que las gustativas en reducir el consumo de alimento tratado con metiocarb, al menos para los pinzones (*C. mexicanus*; Avery, 1984). Por otro lado, en ensayos grupales de dos opciones con tordos ala-roja ofreciéndoles arroz, el agregado de estímulos sensoriales (en este caso el color rojo) permitió reducir la proporción o dosis de metiocarb efectiva hasta 0,025% p/p del químico (Nelms y Avery, 1997). Otro trabajo, realizado con estorninos y gorriones, marca la importancia del agregado de color (en este caso azul) tanto para aumentar la repelencia de diferentes químicos (entre ellos metiocarb) como para mantener el efecto repelente omitiendo el químico posteriormente (Greig-Smith y Rowney 1987). Finalmente, un trabajo con tordos ala-roja en el que se comparó el efecto repelente de combinaciones de diferentes estímulos (llamado de alarma como clave sonora, pintura roja como clave visual y/o MA como irritante) mostró que, entre las combinaciones, la más efectiva fue la mezcla de metiocarb al 0,025% con antranilato de metilo al 0,5% y color rojo (Avery y Mason 1997). A partir de estos datos, se sugirió que la proporción de metiocarb usada en aplicaciones en cultivos en siembra o en maduración puede ser sustancialmente reducida si se agrega un color repelente y un químico irritante.

Pruebas de repelencia en condiciones de semicampo y campo con metiocarb

Metiocarb ha sido probado a campo en varios cultivos, tanto en el momento de la emergencia/siembra como en el de la maduración. Muchas de estas pruebas datan de la década de los años 70, época en la que este compuesto aparecía como una estrategia prometedora para disminuir el daño causado por aves. La mayor parte de las pruebas a campo con metiocarb mostraron resultados favorables respecto a su eficacia repelente para diferentes especies de aves y cultivos. Por ejemplo, todas las pruebas con metiocarb en cultivos de **maíz**, tanto como tratamiento de semillas como aplicaciones aéreas en el cultivo maduro (Guarino, 1972; Stickley y Guarino, 1972; Ingram *et al.*, 1973; Stickley y Ingram, 1976), lograron reducir significativamente el daño ocasionado por diferentes especies de tordos (*Cassidix mexicanus*, *Quiscalus quiscula* y *Molothrus ater*), cuervos (*Corvus brachyrhynchos*) y faisanes de collar.

En **soja**, el metiocarb fue probado como tratamiento de semillas para controlar el daño ocasionado por algunas especies de palomas en Colombia y en Uruguay. La prueba a campo realizada en Colombia mostró, utilizando una misma dosis de metiocarb (0,5% p/p), diferencias en los resultados de repelencia sobre las aves en función del diseño experimental utilizado. Así, el tratamiento que consistió en sembrar una parcela de 0,1 ha con semillas tratadas y otra de igual tamaño con semillas sin tratar mostró una remoción de las semillas por parte de las aves del 26% y del 100%, respectivamente. En cambio, metiocarb no fue efectivo en controlar el daño por palomas (particularmente *Z. auriculata*) cuando se alternaron, en una misma parcela, filas de semillas tratadas cada 6 hileras de semillas no tratadas (Guarino, 1972). En Uruguay, la prueba a campo con metiocarb (0,25% p/p de i.a., es decir 0,33% p/p de MesuroI® 75% WP, y 0,25% p/p de adherente) para controlar el daño por palomas (*Columba maculosa*, *C. picazuro* y *Z. auriculata*) produjo resultados de repelencia satisfactorios (Calvi *et al.*, 1976). Dicha prueba consistió en asignar una parcela tratamiento (1 ha de tamaño) y una parcela control (de igual tamaño y a 100 m de distancia de la parcela tratada) dentro de un lote del cultivo a estudiar, y determinar el daño en 20 sub-parcelas asignadas aleatoriamente. Las subparcelas control presentaron un daño promedio del 34%, en contraste con las subparcelas tratadas que mostraron un daño medio de 0,6%. Aunque los resultados fueron alentadores, la falta de réplicas del tratamiento en esta prueba limita el alcance de las conclusiones.

En **arroz**, el metiocarb mostró efectividad como repelente para distintas especies de aves en pruebas a campo realizadas en Uruguay, África y EE.UU., principalmente para controlar el daño por aves durante la siembra/emergencia de este cultivo. En Uruguay, el compuesto (0,3% p/p de metiocarb y 0,1% p/p de adherente) se probó para repeler patos (*Anas flavirostris* y *Netta peposaca*, entre otros) del cultivo de arroz, animales que ingieren las semillas recién sembradas o rompen las plantas. Un ensayo de campo consistió en sembrar una parcela con semillas tratadas y otra con semillas sin tratar y evaluar el daño a los 19 días en 20 sub-parcelas dentro de cada parcela, tanto control como tratada. La diferencia en el número de plantas fue notable: contaron sólo 16 plantas en las sub-parcelas control y 519 plantas en

las sub-parcelas tratadas (Calvi *et al.*, 1976). En África, las pruebas con metiocarb (0,25 y 0,83% p/p de i.a.) en arroz durante la siembra también mostraron diferencias significativas del daño por aves entre las parcelas tratadas y no tratadas (Bruggers, 1979). En EE.UU., un estudio realizado en "flight pen" de 0,2 ha con tordos (*M. ater* y *A. phoeniceus*) sugiere que tratamientos parciales con metiocarb (es decir, tratamientos que consisten en dejar parte de las semillas o del cultivo sin tratar) podrían ser económica y ambientalmente viables en algunos casos. En este trabajo, los tratamientos parciales consistieron en sembrar dentro del "flight pen" parcelas de arroz con 0, 50 y 100% de semillas tratadas con 0,125% p/p de metiocarb (Mesurol®, 75% de i.a.). Al evaluar el daño se observó que la remoción de semillas en las parcelas con 50% y 100% de semillas tratadas fue 95 a 98% menor que la remoción en las parcelas con 0% de semillas tratadas. Estos resultados sugieren la posibilidad de reducir la cantidad de metiocarb utilizada en los tratamientos sin disminuir pronunciadamente el efecto repelente, al menos para especies de comportamiento similar a los tordos (Avery, 1989).

En **sorgo**, el metiocarb se ha probado para repeler a las aves tanto en el momento de la siembra/emergencia como en la maduración del cultivo. Una prueba durante la emergencia realizada en Uruguay mostró resultados favorables de repelencia para palomas medianas. Dicha prueba consistió en sembrar en forma intercalada 3 parcelas (0,01 ha de tamaño) con semillas de sorgo tratadas (0,1% p/p de i.a., es decir 0,2% p/p de Mesurol 50% HBT) y 3 parcelas (de igual tamaño) de semillas sin tratar. El consumo fue del 83% de las semillas en las 10 sub-parcelas control y del 0,2% de las semillas en las 10 sub-parcelas tratadas (Calvi *et al.*, 1976). Por otra parte, varias pruebas con metiocarb en sorgo maduro se han llevado a cabo tanto en Uruguay como en África y EE.UU., con resultados variables. Las experiencias realizadas en campos de 3 localidades diferentes de Uruguay describen un daño por aves previo al tratamiento. Dicho tratamiento consistió en la aplicación aérea de 5,6 kg/ha de metiocarb en la primera experiencia y de 3,0 kg/ha del i.a. en las otras dos experiencias. Aunque el daño por aves previo al tratamiento pudo haber incidido en la capacidad de repeler del compuesto (dado que las aves ya habían fijado el cultivo como lugar de alimentación), el metiocarb logró disminuir el incremento del daño por las aves en las parcelas tratadas respecto al de las parcelas control en dos de las tres experiencias (Calvi *et al.*, 1976). Por otra parte, algunas de las experiencias con metiocarb en sorgo maduro realizadas en África produjeron resultados muy alentadores (promedio de 4% de daño/panoja de sorgo en el sitio tratado y 67% de daño/panoja en el sitio control) en cuanto a la repelencia del metiocarb sobre estorninos púrpuras (*Lamprotornis chalybaeus*), tejedores (*Ploceus cucullatus*, *P. capitalis* y *Bubalornis albirostris*) y palomas verdes (Vinago waliaa; Bruggers, 1976). Metiocarb también logró reducir las pérdidas de sorgo maduro producidas por queleas en Etiopía (Erickson *et al.*, 1980). Sin embargo, otras experiencias con el mismo cultivo en África presentaron resultados variables en función de la acción de diferentes factores que inciden en el efecto repelente del compuesto tales como la dosis utilizada, las especies y el número de aves presentes y la estación, entre otras (Bruggers, 1979). Por último, una experiencia a campo en EE.UU. en la que se probó al metiocarb como repelente para sorgo granífero en maduración, evaluando tanto el daño por aves como el rendimiento del cultivo de parcelas sin tratar y tratadas con tres niveles de dosis (1,20, 2,40 y 4,26 kg/ha) mostró que, aunque el químico redujo el daño por aves en todos los casos, tal reducción no fue proporcional a la dosis de metiocarb usada (Duncan, 1980).

En **frutales** como arándanos y cerezos, el metiocarb (Mesurol® 75% WP) ha mostrado ser un repelente de aves efectivo (Bollengier *et al.*, 1973; Conover 1982 y 1985; Tobin y Dolbeer, 1987). Por esta razón, en EE.UU. este compuesto estuvo registrado para ese uso por varios años, pero en 1989 el registro de metiocarb para su uso en frutales caducó al aumentar los requerimientos de registro de la USEPA. Estos nuevos requerimientos se referían a una mayor cantidad de datos a presentar sobre los efectos ambientales del químico, en particular sobre las aves, y a una disminución de los niveles de residuos permitidos. Por tal motivo, se realizaron estudios tanto para determinar los efectos del metiocarb en las aves como para disminuir la dosis a campo con el objetivo de reducir los niveles de residuos en la fruta. Con el primer objetivo, un estudio determinó que metiocarb, aplicado a cultivos frutales en una dosis de 1,7 kg/ha, no afecta adversamente a las aves (Dolbeer *et al.*, 1994). En cuanto a la posibilidad de disminuir las dosis a campo para reducir la cantidad de residuos del químico en la fruta, un estudio evaluó la repelencia de dosis equivalentes a aplicaciones a campo de 0,6, 1,1 y 1,6 kg/ha en arándanos con ampelis americanos enjaulados individualmente. Aunque las pruebas en cautiverio mostraron una reducción del consumo de arándanos del 60% por parte de ampelis americanos, tal reducción del consumo con esas dosis no se

logró en el campo, evidenciando la imposibilidad de obtener una buena repelencia al disminuir la dosis de campo (Avery *et al.*, 1993a).

El metiocarb también ha sido probado para fines de conservación con resultados favorables. Particularmente, este compuesto se ha probado con el fin de reducir la predación por parte de cuervos, de huevos de aves con interés de conservación. Para ello, se inyectaron huevos de codorniz (*Coturnix japonica*) con 30 mg de metiocarb y se colocaron cerca de 8 sitios de nidificación de cuervos. Todos los cuervos aprendieron a evitar los huevos tratados a los 4-5 días, comportamiento que se mantuvo por 4 a 5 semanas (Avery *et al.*, 1995b). Los resultados de este estudio, en el que se utilizaron codornices como modelo experimental, demostraron la potencialidad del metiocarb para utilizarse con fines conservacionistas.

Se ha demostrado que la incorporación de claves sensoriales al tratamiento con metiocarb aumenta la capacidad repelente del compuesto. Ensayos en aviario y a campo probaron que combinaciones de metiocarb y claves sensoriales en sorgo, mijo y trigo para repeler queleas corroboran el aumento de la repelencia de metiocarb al utilizar claves sensoriales (Bullard *et al.*, 1983). Específicamente, el color como clave visual ha sido probado como alternativa repelente sola luego de que las aves hayan sido expuestas a la combinación del químico y el color previamente. Así lo mostró un estudio llevado a cabo en Uruguay que consistió en aplicar en forma aérea metiocarb (4,5 kg/ha), metiocarb con carbonato de calcio (CaCO_3 , color blanco) y CaCO_3 solo (CaCO_3 -agua 1:4) para controlar el daño por palomas medianas en cultivos de girasol. Este trabajo mostró que, aunque la eficacia en todos los casos fue moderada, el CaCO_3 fue tan efectivo en disminuir el daño como la combinación metiocarb/ CaCO_3 . Además, se logró efectividad repelente de al menos 12 días con CaCO_3 y metiocarb/ CaCO_3 tanto al tratar los bordes del campo como el campo entero (Rodríguez *et al.*, 1995). Por lo tanto, la incorporación de claves sensoriales como el color parece facilitar la adquisición de la aversión condicionada por parte de las aves.

Según los resultados de trabajos comparativos, la eficacia repelente del metiocarb parece ser similar o algo mayor que la de otro repelente secundario como la AQ (York *et al.*, 2000). Sin embargo, la calidad del tratamiento (formulación, agregado de adhesivos, forma de aplicación, etc.) puede revertir esta diferencia de eficacia repelente en favor de compuestos con menor capacidad repelente intrínseca. Tal fue el caso observado en una prueba a campo en la que se comparó la eficacia repelente de metiocarb y de AQ para repeler tordos de cultivos de arroz recién sembrados. La AQ (1,0% de i.a.) logró proteger las semillas tratadas del consumo por parte de los tordos, mientras que el metiocarb (75% WP, a una dosis de 0,1% p/p, con 50:50 de semillas tratadas y no tratadas) fue inefectivo, debido a que los residuos del químico no permanecieron en cantidad suficiente en las semillas como para ejercer el efecto repelente (Avery *et al.*, 1998b).

Consideraciones sobre metiocarb

De los trabajos revisados se observa que metiocarb fue probado en más de 29 especies de aves en 16 pruebas en aviario, 2 en condiciones de semicampo y 24 pruebas a campo. En la totalidad de las pruebas en aviario, tanto en ensayos de una como de dos opciones, se lograron dosis efectivamente repelentes. En condiciones de semicampo, las dos pruebas realizadas también mostraron resultados alentadores. Y, de las 24 pruebas a campo, 18 de ellas fueron positivas, ya que mostraron diferencias significativas entre los materiales tratados y no tratados con metiocarb. Las explicaciones a la variación de los resultados a campo se basan, al menos en parte, en el diseño experimental usado, la presión¹¹ y las especies de aves presentes en el campo, la dosis usada, las características del cultivo particular, la estación, el momento de la aplicación y las características del químico, entre otras. Por otra parte, es necesario tener en cuenta que, aunque se logren reducciones en el daño por aves mediante el tratamiento con metiocarb, en algunos cultivos dicha reducción puede no ser suficiente para considerar al daño como aceptable (York *et al.*, 2000). Por lo tanto, aunque el metiocarb ha sido extensivamente probado, más trabajos son necesarios para evaluar su eficacia repelente con las especies de aves y los cultivos locales.

11 "Presión de alimentación de las aves", entendida como la insistencia de las aves de permanecer en un sitio y determinada por la cantidad de aves, por los alimentos alternativos disponibles en las cercanías, y por las preferencias alimentarias de la especie problema.

Trimetacarb y carbaril

El trimetacarb (mezcla de los isómeros 3,4,5- y 2,3,5-trimetil fenil metilcarbamato; CAS N° 2686-99-9; figura 18) es un insecticida carbamato con propiedades toxicológicas similares al metiocarb (Reidinger, 1995), aunque generalmente es menos tóxico para las aves (Schafer y Eschen, 1984). Originalmente fue desarrollado por Shell bajo la marca Landrin®, pero su eficacia repelente se ha probado utilizando Broot 15-GR® (formulación granulada al 15%). También al igual que el metiocarb, el trimetacarb es un insecticida de poco uso actualmente y no se encuentra registrado en la Argentina.

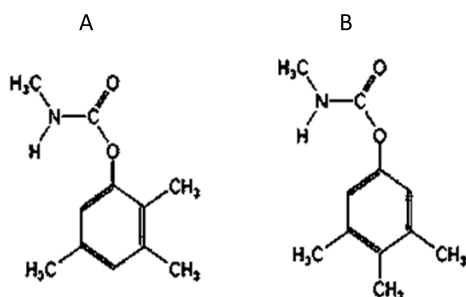


Figura 18. Estructura química de los componentes del trimetacarb: 2,3,5-trimetilfenil metilcarbamato (A) y 3,4,5-trimetilfenil metilcarbamato (B).

Estudios realizados durante 1982 y 1983 en Haití, India, Filipinas, Bangladesh, Mali y EE.UU. produjeron información preliminar sobre la eficacia del trimetacarb como repelente para aves, la cual resultó algo menor que la del metiocarb (Bruggers et al, 1984). Dichos estudios consistieron en pruebas de repelencia comparativa (metiocarb vs. trimetacarb) en aviario con varias especies de aves (*Quelea quelea*, *Passer domesticus*, *P. montanus*, *Lonchura striata*, *L. leucogaster*, *L. malacca*, *L. punctulata*, *Psittacula krameri*, *Columba livia*), y pruebas a campo en Bangladesh, Haití, Mali, India y Filipinas. En las pruebas en aviario de una opción, las aves no fueron tan sensibles al trimetacarb como al metiocarb. A campo, las pruebas mostraron que para lograr repeler a las aves de cultivos de sorgo y arroz en maduración son necesarios al menos 4 kg i.a./ha. Sin embargo, 3 kg/ha de trimetacarb fueron suficientes para disminuir un 47% el pastoreo de gallaretas (*Fulica americana*, especie que pastorea sobre parques, canchas de golf y demás áreas de pastos) en condiciones de semicampo ("flight pen"; Avery et al., 1989).

El carbaril (1-naftil metilcarbamato; CAS N° 63-25-2; figura 19) es otro carbamato relativamente poco probado con potencial capacidad repelente para aves evidenciada en pruebas con aves cautivas (Shafer et al., 1983). En un estudio a campo en cultivos de maíz, una formulación a base de carbaril (Servin®) redujo tanto el daño como la actividad de las aves en el cultivo (Woronecki et al., 1981). En dicho estudio, tal reducción de la actividad de las aves en el cultivo se atribuyó más al efecto insecticida del químico sobre la población de insectos (alimento de las aves) que a la acción repelente directa del químico. También el carbaril redujo la actividad de tordos sobre arroz maduro después de ser aplicado en forma aérea para controlar los insectos del cultivo (Avery, 2003).

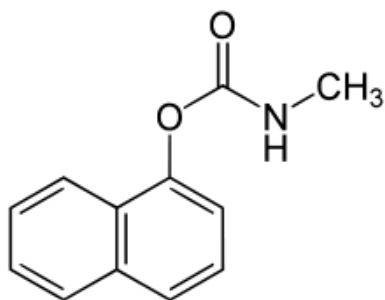


Figura 19. Estructura química del carbaril.

En conclusión, el trimetacarb y el carbaril aparecen como otros carbamatos alternativos para repeler a las aves de los cultivos. Sin embargo, el trimetacarb no se encuentra registrado en la Argentina para

ningún uso, hecho que dificulta y aleja la posibilidad de su uso como repelente para aves. Y, respecto al carbaril, son necesarios, además de los ensayos toxicológicos y ecotoxicológicos, pruebas que determinen su eficacia como repelente para las aves perjudiciales locales.

Clorpirifós y fosmet

El clorpirifós (O,O-dietil-O-(3,5,6-tricloropiridin-2-il)fosforotionato; CAS N° 2921-88-2; figura 20 A) es un insecticida organofosforado que, junto con la cipermetrina y el endosulfán, forma parte de los insecticidas más utilizados en la soja, cultivo predominante de la Argentina. Ochenta y cuatro empresas han registrado un total de 142 formulados en la Argentina (SENASA, 2010). Dichos formulados se basan en el clorpirifós solo o mezclado con piretroides.

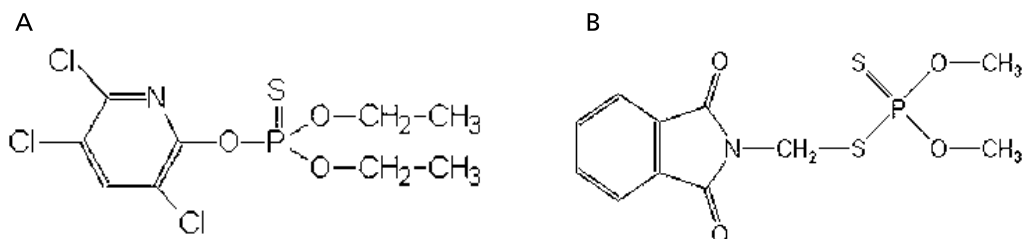


Figura 20. Estructura química del clorpirifós (A) y del fosmet (B).

Dado que se trata de un agroquímico comúnmente utilizado en la práctica agronómica de nuestro país, sería muy apropiado y útil que el clorpirifós presente un efecto repelente para las aves. Hasta el momento, no hay trabajos publicados que prueben su capacidad repelente para las especies plaga locales. Los trabajos realizados con tordos ala-roja en EE.UU. muestran resultados alentadores respecto a su acción repelente en esa especie. Por ejemplo, en un ensayo exploratorio de aviario, un formulado con 30% de clorpirifós y 0,54% del piretroide -cialotrina (Cobalt®) produjo una repelencia mayor al 80% usando una dosis mayor al 50% de la recomendada en la etiqueta en aquenios de girasol ofrecidos a tordos ala-roja (Werner *et al.*, 2010). Otros trabajos (Linz *et al.*, 2004b y 2006a) también obtuvieron resultados prometedores al ofrecer a tordos ala-roja una mezcla de semillas tratadas con 1,13 ml/kg y aquenios de girasol tratados con 0,57 ml/kg de un formulado en base a clorpirifós (Lorsban-4E®). Sin embargo, una aplicación aérea de 1,75 l/ha de Lorsban-4E® en un ensayo a campo sobre un cultivo de girasol no produjo diferencias en el daño ocasionado por tordos en los capítulos de girasol (Linz *et al.*, 2006b), al parecer porque el químico llegó sólo al dorso de los capítulos y no a los aquenios. Esta diferencia en los resultados entre las pruebas en cautiverio y a campo con clorpirifós indica la necesidad de ajustar la tecnología de aplicación a los casos concretos para lograr la repelencia buscada.

Otro insecticida organofosforado que ha mostrado propiedades repelentes para las aves es el fosmet (O,O-dimetil S-ftalimidometil fosforoditioato; CAS N° 732-11-6; figura 20 B). Es un compuesto utilizado en frutales, categorizado como altamente tóxico y registrado por SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Argentina) bajo dos formulaciones como polvo soluble. Ensayos en cautiverio con aves frugívoras (*Bombycilla cedrorum*, *Turdus migratorius* y *Sturnus vulgaris*) mostraron que las aves evitaron la fruta tratada con una dosis de 100 mg/kg de fosmet (Imidan®, 50% WP), siendo indiferentes a una dosis de 10 mg/kg del compuesto (Avery *et al.*, 1994). Estos resultados motivan la realización de más evaluaciones con fosmet para sugerir su uso en las producciones frutales (principalmente de arándanos y cerezas), incluyendo estudios de riesgo y de residuos del agroquímico.

Endosulfán

El endosulfán (6,7,8,9,10,10-hexacloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahidro-6,9-metano-2,4,3-benzodioxatiepín-3-óxido CAS N° 115-29-7; figura 21) es un insecticida organoclorado del grupo de los ciclodienos muy

utilizado en el cultivo de soja. Su capacidad como repelente para aves fue explorada primeramente por Shafer *et al.* (1983) y luego en un estudio llevado a cabo con tordos ala-roja en un ensayo de aviario de una opción en el que ofrecieron girasol tratado con 2 ml de formulado/kg de granos como alimento de prueba. Los resultados fueron desalentadores: al menos a la concentración probada, el endosulfán no produjo un efecto repelente significativo sobre los torods ala-roja (Linz *et al.*, 2006b). Dado estos resultados preliminares desalentadores y el hecho que el registro de este compuesto será dado de baja (Resolución N° 511/2011) a partir del 1 de julio de 2013 en el Registro Nacional de Terapéutica Vegetal de la Dirección Nacional de Agroquímicos, Productos Veterinarios y Alimentos del SENASA de la Argentina, el endosulfán se descarta como un químico candidato para continuar con pruebas de repelencia para aves.

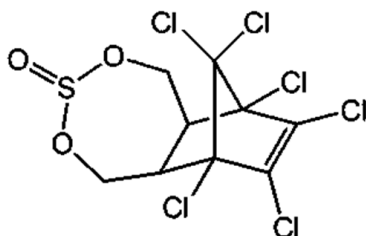


Figura 21. Estructura química del endosulfán

Imidacloprid

El imidacloprid (1-(6-cloro-3-piridilmetil)-N-nitroimidazolidin-2-ilidenoamina; CAS N° 138261-41-3; figura 22) es un insecticida neonicotinoide del grupo de las nitroguanidinas que se aplica por aspersión foliar en cultivos intensivos de frutales y hortalizas y como terapico para semillas en cultivos extensivos (CASAFE, 2009). Es neurotóxico: interfiere en la transmisión del estímulo bloqueando los receptores nicotinérgicos (más abundantes en insectos que en animales de sangre caliente) y provocando acumulación de acetilcolina. Se clasifica como moderadamente tóxico y es un potencial contaminante de agua subterránea (EXTOXNET, web en línea). El Límite Máximo de Residuos (LMR) de este compuesto en granos de soja es de 0,01 mg/kg (SENASA, publicación en línea). En nuestro país hay 149 formulaciones registradas que contienen este ingrediente activo. Se presenta solo o mezclado con otros insecticidas y/o fungicidas.

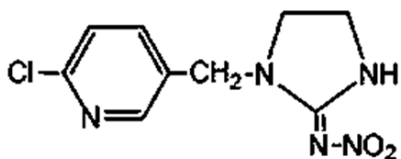


Figura 22. Estructura química del imidacloprid.

Todos los trabajos de repelencia disponibles referidos a este producto fueron realizados con aves en cautiverio, tanto en ensayos de una y dos opciones como en "flight pen". Estos experimentos demostraron la capacidad repelente para las aves del imidacloprid. Por ejemplo, en ensayos de cautiverio individual de dos opciones, dos especies de tordos (*Agelaius phoeniceus* y *Molothrus ater*) rechazaron fuertemente semillas de arroz tratadas a partir de 620 ppm de imidacloprid (Avery *et al.*, 1993b). Otro ensayo en jaulas individuales, también con tordos ala-roja a quienes se les ofreció semillas de arroz tratadas con 0, 278, 833 y 2.500 mg de imidacloprid por kg de semillas, mostró una diferencia significativa en el consumo de las semillas tratadas con 833 y 2.500 mg/kg de imidacloprid. Luego, se llevó a cabo un ensayo en una jaula de vuelo con la misma especie, tratando y sembrando semillas de arroz con la dosis más alta evaluada (2.500 mg/kg). También en este ensayo los resultados fueron favorables: el consumo difirió significativamente entre las parcelas tratadas (pérdida del 8,8% de las semillas sembradas) y no tratadas (pérdida del 41,1% de las semillas sembradas; Avery *et al.*, 1994). Otros ensayos con imidacloprid como tratamiento de semilla, realizados con el fin de evaluar el riesgo de estos tratamientos para las aves granívoras, también demostraron una reducción significativa del consumo de diferentes semillas (mijo, arroz, girasol y sorgo) tratadas con un formulado en base a imidacloprid (Gaucho® 480FS) respecto a

no tratadas por diferentes especies de aves (*C. mexicanus*, *A. phoeniceus*, *Q. major Vieillot* y *Zenaida macroura*; Avery *et al.*, 1997c)

En conclusión, los trabajos de eficacia repelente con imidacloprid son escasos y aún no se cuenta con publicaciones que muestren resultados a escala de lotes comerciales. Por lo tanto, dado que los resultados de las experiencias en cautiverio individual y de semicampo disponibles son alentadores, el imidacloprid podría incluirse dentro de los compuestos a considerar para realizar futuras pruebas de repelencia con las especies perjudiciales locales. Dichas pruebas deberían incluir también aspectos relacionados al riesgo ambiental y ecotoxicológico del imidacloprid.

Piretroides

Entre los insecticidas, los piretroides son una clase de insecticidas sintéticos neurotóxicos ampliamente usados en todo el mundo debido a su relativa seguridad para mamíferos y aves, su alta eficacia insecticida a bajas dosis y su rápida biodegradación (WHO, 2005). Estas dos características de los piretroides (amplio uso y relativa seguridad toxicológica) los posicionan favorablemente respecto a otros agroquímicos para justificar pruebas que determinen su capacidad repelente para aves. Sin embargo, mediante ensayos exploratorios de una opción en aviario, piretroides tales como esfenvalerato, ciflutrina, tralometrina, zetacipermetrina y lambda-cialotrina en aquenios de girasol ofrecidos a tordos ala-roja no produjeron un efecto repelente significativo sobre las aves, al menos a las dosis probadas (0,46, 0,13, 0,12, 0,19 y 0,18 ml/kg, respectivamente; Linz *et al.*, 2004b y 2006a). Dado que, comparativamente la lambda-cialotrina parece haber producido un mayor efecto repelente para los tordos respecto al resto de los piretroides probados, otro estudio volvió a evaluar su capacidad repelente utilizando el formulado Karate® Zeon de Syngenta para tratar semillas de arroz y aquenios de girasol ofrecidos a tordos ala-roja en ensayos de una opción. En este caso, los resultados mostraron un efecto repelente moderado de la lambda-cialotrina (Werner *et al.*, 2010). Por lo tanto, se puede concluir que los piretroides parecen ser poco repelentes para las aves, al menos en las dosis en las que estos químicos se han probado.

Fungicidas

Tiram

El tiram (bisulfuro de tetrametil tiocarbamilo; CAS N° 137-26-8; figura 23) es un fungicida ditiocarbamato de uso común en varios cultivos, principalmente como tratamiento de semillas. En nuestro país está registrado en 149 formulaciones, 124 de las cuales está mezclado con otro u otros productos fungicidas o insecticidas (SENASA, 2010). Desde hace varios años, el tiram ha mostrado ser repelente para mamíferos y aves (Klein, 1957; Young y Zevallos, 1960; Royal y Ferguson, 1962). Al parecer, este compuesto produciría aversión condicionada luego de ser ingerido (Campbell y Bullard, 1972). Es decir, funcionaría como un repelente secundario, emitiendo olor a sulfuros (Nolte, 1998a) como clave asociada a la indigestión. Según Nolte (1998b), puede inducir un impacto dual: repeler a pequeños herbívoros y atraer carnívoros, incrementando la presión predatoria sobre los herbívoros que permanecen en el lugar.

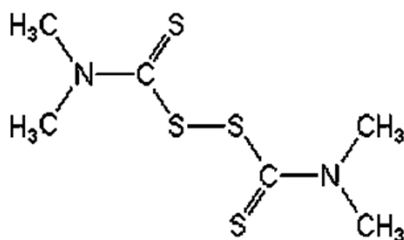


Figura 23. Estructura química del tiram.

En mamíferos, el tiram se ha probado solo o mezclado con otros productos. Por ejemplo, Nolte y Barnett (2000) probaron en ratones 76 ml de un formulado en base a tiram (Gustafson® 42S, 42% i.a.) y 0,6 ml de capsicum en 454 g de semillas de pino, individualmente y mezclados. Una de las dos especies de ratones probadas (el ratón común, *Mus musculus*) respondió positivamente a ambos productos, tanto cuando eran administrados individualmente como mezclados. La otra especie (el ratón ciervo, *Peromyscus maniculatus*) respondió positivamente sólo a la mezcla de tiram y capsicum. En otro trabajo con esta especie, dosis de tiram de 0,31 y 1,25 g de i.a. en 100 g de semilla tratada suprimieron la ingesta por 6 días de comida tratada (Holm *et al.*, 1988). En otro estudio se probó un formulado llamado Deer Stopper (3,8% de tiram, 0,05% de capsaicina y 1,17% de sólidos de huevos) para repeler ciervos de las plantaciones de coníferas y se obtuvieron resultados positivos (Nolte, 1998a). Por otro lado, ensayos con ratón de pradera (*Microtus pennsylvanicus*), tanto de una como de dos opciones, produjeron una reducción del consumo en un 78% tratando la comida de prueba con tiram (Chew-Not®, 20% de tiram; Swihart, 1990). Por lo tanto, en base a los resultados de estos estudios, el tiram ha mostrado ser repelente para diferentes especies de mamíferos.

En aves, se ha demostrado evitación de comida tratada con tiram al 1% p/p por parte de aves passeriformes en ensayos de aviario (Schafer *et al.*, 1983; Avery y Decker, 1991). Como ya se mencionara para otros repelentes, la disponibilidad de comida alternativa parecería crucial para que el compuesto sea efectivo. Esto se evidenció en un estudio en el que se realizaron ensayos de una y dos opciones con la dosis según etiqueta de un formulado en base a tiram (Thiram 42S, tiram 42%) y un formulado mezcla de dos fungicidas llamado Vitavax® (17% tiram y 17% carboxim) en arroz, donde se obtuvieron resultados de repelencia positivos sólo en los ensayos de dos opciones (Werner *et al.*, 2010). A campo, la eficacia repelente del tiram ha sido poco probada. Una prueba con tiram al 0,5% p/p como tratamiento de semillas de girasol para repeler cuervos (*Corvus splendens*) no redujo el daño ocasionado por esas aves sobre el cultivo emergente (Dhindsa *et al.*, 1991). En conclusión, el potencial repelente para aves del tiram es conocido pero son necesarias más pruebas con diferentes especies de aves en cautiverio y más pruebas a campo para conocer más precisamente su eficacia como repelente, particularmente para las especies de aves locales. Dichas pruebas deberían ir acompañadas de ensayos toxicológicos, a fin de predecir algún efecto negativo en el ambiente.

Ziram, maneb y mancozeb

Otros fungicidas del grupo de los ditiocarbamatos con los que se ha realizado alguna prueba de repelencia con aves son el ziram, el maneb y el mancozeb. Los tres compuestos mostraron ser potenciales repelentes para las aves. Por su parte, el ziram (bidimetilditiocarbamato de zinc; CAS N° 137-30-4; figura 24 A), un dimetilditiocarbamato con seis formulaciones registradas en la Argentina (SENASA, 2010), ha mostrado potencial repelencia para proteger orquídeas y otras flores costosas (Cummings *et al.*, 1994a; Avery, 2003). Sin embargo, en un estudio realizado en Reino Unido, un formulado en base a ziram (AAprotect®, 10 kg/ha) no logró repeler eficazmente a cisnes (*Cygnus olor*) de cultivos de grano invernales (McKay y Parrott, 2002). Por otro lado, el maneb (etilen-bisditiocarbamato de manganeso; CAS N° 12427-38-2; figura 24 B) y el mancozeb (etilen-bisditiocarbamato de manganeso coordinado con iones de zinc; CAS N° 8018-01-7; figura 24 C; con 55 formulaciones registradas en la Argentina) son ditiocarbamatos poliméricos que fueron probados, mediante ensayos en aviario, en palomas domésticas y tordos ala-roja, respectivamente. Ambos compuestos produjeron un efecto repelente en el alimento tratado (Pescador y Peris, 2005; Avery y Decker, 1991). Por lo tanto, este grupo de fungicidas podría considerarse para futuras pruebas de repelencia con otras especies de aves y a campo, teniendo en cuenta también los aspectos toxicológicos de su posible uso.

Hidróxido de cobre y oxiclورو de cobre

Los fungicidas inorgánicos a base de cobre pueden producir malestar post-ingestional luego de ser ingeridos a través de comida tratada, a causa de la acción irritante del cobre sobre la pared intestinal (Avery, 2003), pudiendo actuar como repelentes secundarios. Por esto, se han realizado pruebas de

repelencia, principalmente con dos fungicidas a base de cobre: el oxiclórico de cobre ($\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})^3$; CAS N° 1332-40-7; figura 25 A) y el hidróxido de cobre ($\text{Cu}(\text{OH})^2$; CAS N° 20427-59-2; figura 25 B), este último bajo la formulación Kocide®. La acción repelente del oxiclórico de cobre se ha probado en ratas negras (*Rattus rattus*) bajo condiciones de laboratorio, asperjando cartones con soluciones acuosas del compuesto y observando una reducción significativa en el número de visitas por parte de ratas previamente privadas de alimento por 12 h (Parshad *et al.*, 1993). En aves, el oxiclórico de cobre se ha probado como tratamiento de semillas directamente a campo para repeler cuervos de cultivos de trigo y de girasol en emergencia, pero con resultados desalentadores (Dhindsa *et al.*, 1991; Kennedy y Connery, 2008).

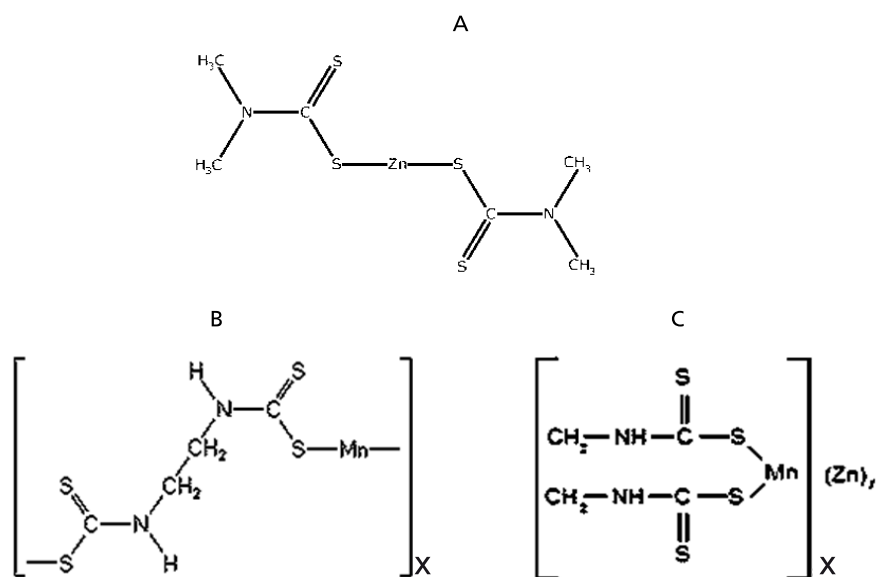


Figura 24. Estructura química del ziram (A), del maneb (B) y del mancozeb (C).

El hidróxido de cobre, por su parte, se ha probado como tratamiento de semillas para aves tanto en ensayos de aviario (de una y dos opciones) como en ensayos de semicampo ("flight pen") y campo. En todos los ensayos con tordos ala-roja cautivos (ensayos en aviario de una y dos opciones y ensayo de semicampo en "flight pen"), el formulado Kocide® logró reducir significativamente el consumo de semillas de arroz tratadas (Avery y Decker, 1991). Sin embargo, el tratamiento con Kocide® a campo no produjo efectos tan contundentes como los obtenidos en los ensayos con las aves cautivas. Un factor que pudo haber incidido en la falta de repelencia de la prueba a campo es que las parcelas se ubicaron dentro de un área sembrada grande, sin distinción de bordes y probablemente las aves fueron incapaces de distinguir las parcelas tratadas de las no tratadas. Adicionalmente, otro factor que pudo haber incidido en la diferencia de los resultados de la prueba de campo respecto a la de semicampo es que en el ensayo en el "flight pen" se usaron sólo tordos ala-roja y en el campo hubo varias especies de aves (de ambos sexos) que se alimentaron de las semillas de arroz. Las posibles diferencias interespecíficas e intersexuales de sensibilidad al Kocide®, además de la posible variabilidad de la presión de aves en el campo, pudieron haber influido en los resultados obtenidos (Avery y Decker, 1994).

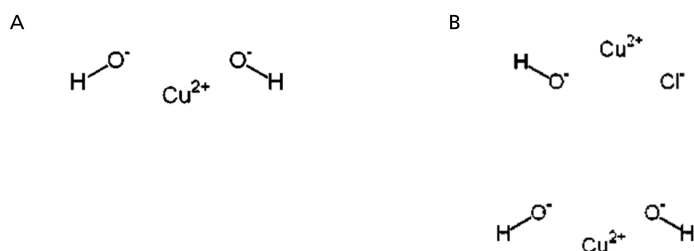


Figura 25. Estructura química del hidróxido de cobre (A) y del oxiclórico de cobre (B).

En conclusión, los fungicidas a base de cobre (particularmente el hidróxido de cobre) han mostrado poseer propiedades repelentes para aves. Aunque en las pruebas a campo para repeler aves con estos compuestos no se han logrado aún resultados notoriamente exitosos, generalmente estos compuestos están más disponibles y son más baratos que otros compuestos repelentes de eficacia más probada como el metiocarb. Por estas razones y por su acción fungicida, estos compuestos podrían considerarse como productos para el tratamiento de semillas en futuras pruebas de eficacia repelente.

Otros fungicidas

Varias formulaciones de otros fungicidas, además de los ya mencionados, se han probado para determinar su capacidad como repelentes para aves (ver tabla 2). Muchas de estas formulaciones se han probado a una sola escala (aviario o campo). Entre las formulaciones que sólo se han evaluado en ensayos de aviario, Quadris® (22,9% azoxistrobina) y Dividend Extreme® (7,73% difenoconazole más 1,87% metalaxil-m) mostraron un efecto repelente. En particular, en el ensayo de dos opciones con tordos ala-roja, el consumo promedio de semillas de arroz tratadas con 10,3 ml de Quadris® por kg de semillas difirió significativamente respecto al consumo promedio de las semillas sin tratar ($5,9 \pm 0,27$ y $0,4 \pm 0,14$ g/ave/día, respectivamente). Sin embargo, en el ensayo de una opción, Quadris® logró una repelencia máxima de sólo 37% con la mayor dosis ensayada (20,6 ml/kg; Werner *et al.*, 2007b). También Dividend Extreme® (1,8 ml/kg) produjo una diferencia significativa entre el consumo de semillas de arroz tratadas y no tratadas en el ensayo de dos opciones con tordos ala-roja y logró una repelencia máxima de 55% con la dosis mayor probada (3,6 ml/kg) en el ensayo de una opción (Werner *et al.*, 2007c).

Otras formulaciones se han evaluado sólo a campo, sin ensayos de aviario previos. En estos casos, cuando no se logra repelencia, es difícil determinar la causa de la falta de repelencia, la cual no siempre se debe al compuesto en sí sino a otros factores propios de la escala de campo (variables no controladas). Tal es el caso, por ejemplo, de las formulaciones mezcla Robust® (1,1% de imazalil más 1,1% de triticonazole) y Kinto® (6% triticonazole más 2% procloraz), las cuales se evaluaron sólo a campo para repeler cuervos (*C. frugilegus*) de cultivos de trigo en emergencia y no produjeron resultados favorables (Kennedy y Connery, 2008).

Otras formulaciones también se han evaluado sólo a campo pero contienen ingredientes activos que se han evaluado en otros estudios en condiciones de aviario, con la misma o diferente formulación. Por ejemplo, Panoctine® (30% de guazatina) se evaluó en ensayos de aviario de una y dos opciones con tordos ala-roja (Avery y Decker, 1991) y a campo, para repeler cuervos del trigo en emergencia (Kennedy y Connery, 2008), mostrando resultados alentadores sólo en el estudio realizado en condiciones de aviario. Por otra parte, los formulados Maxim 4 FS® y Beret-Gold®, que contienen el mismo ingrediente activo (40,3% y 2,5% de fludioxonil, respectivamente), han sido evaluados, el primero en ensayos de aviario con tordos ala-roja (Werner *et al.*, 2007c) y el segundo a campo para repeler cuervos del trigo en emergencia (Kennedy y Connery, 2008). En ambos trabajos, la repelencia resultó de moderada a baja en ambas escalas. También Vitavax® y Anchor® son formulaciones que contienen los mismos ingredientes activos y, además, en las mismas proporciones (20% de carboxin más 20% de tiram en ambos formulados). El primero se ha evaluado en ensayos de aviario con tordos ala-roja (Werner *et al.*, 2010) y el segundo se ha evaluado a campo para repeler cuervos del trigo en emergencia (Kennedy y Connery, 2008). En este caso, con ambas formulaciones se logró una repelencia significativa en las dos escalas.

Tilt® (41,8% de propiconazole) y GWN-4770® (flutolanil) son formulaciones de fungicidas que han sido evaluadas en más de una escala en un mismo estudio. Usando tordos ala-roja, Tilt® se ha evaluado en condiciones de aviario (ensayos de una y dos opciones) y de semicampo (clausuras móviles; Werner *et al.*, 2007c), y GWN-4770® se ha evaluado en aviario y campo (Werner *et al.*, 2007b). Ambas formulaciones repelieron eficazmente a los tordos ala-roja en los ensayos de aviario de una y dos opciones. Pero Tilt® no logró reducir el consumo de arroz maduro por parte de tordos ala-roja en el ensayo de semicampo con la dosis de etiqueta, al parecer debido a la cantidad insuficiente de residuos del químico en las semillas para ejercer el efecto repelente. En cambio, en el ensayo a campo, el tratamiento de las semillas de arroz con el fungicida GWN-4770® (20.000 ppm) antes de la siembra disminuyó significa-

tivamente el consumo por parte de tordos y mirlos (28% de semillas tratadas consumidas vs. 68% de semillas consumidas sin tratar).

Entonces, en función de los trabajos revisados, el flutolanil (i.a. de GWN-4770®) aparece como uno de los fungicidas con propiedades repelentes más prometedores entre los formulados probados mencionados en la tabla 2. Sin embargo, el hecho de no estar registrado en la Argentina bajo ninguna formulación, limita las posibilidades de su desarrollo como repelente para aves. Por lo tanto, si no hubiera empresas interesadas en registrar el flutolanil, convendría realizar pruebas con otros fungicidas cuyos principios activos estén registrados, tales como propiconazole, azoxistrobina o la mezcla carboxin con tiram, para evaluar la efectividad en aves localmente perjudiciales.

Tabla 2. Otros fungicidas (además de los ditiocarbamatos y los compuestos a base de cobre) que se han probado para repeler aves.

Fungicida (i.a.) ^a	Grupo químico	Tipo de ensayo	Aves a repeler	Material tratado o a proteger	Resultado	Referencia
Endura® (boscalid ^b)	piridina	Aviario, una opción	tordos ala-roja	aquenios de girasol	–	Linzet <i>al.</i> , 2006b
Quadris® (azoxistrobina ^b)	estrobilurina	Aviario, dos opciones	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007b.
		Aviario, una opción	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007b.
Trilex® (trifloxistrobina ^b)	estrobilurina	Aviario, dos opciones	tordosala-roja	semillas de arroz	–	Werneret <i>al.</i> , 2010.
		Aviario, una opción	tordos ala-roja	semillas de arroz	diferencia pero no significativa	Werneret <i>al.</i> , 2010.
Apron® XL LS (metalaxil-m ^b)	acilalanina	Aviario, dos opciones	tordos ala-roja	semillas de arroz	–	Werneret <i>al.</i> , 2007c.
		Aviario, una opción	tordos ala-roja	semillas de arroz	–	Werneret <i>al.</i> , 2007c.
Allegiance FL (metalaxil ^b)	acilalanina	Aviario, dos opciones	tordos ala-roja	semillas de arroz	–	Werneret <i>al.</i> , 2010.
		Aviario, una opción	tordosala-roja	semillas de arroz	diferencia pero no significativa	Werneret <i>al.</i> , 2010.
Dividend Extreme® (difenoconazoleb + metalaxil-mb)	triazol + acilalanina	Aviario, dos opciones	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007c.
		Aviario, una opción	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007c.
Robust® (imazalilb + triticonazoleb)	imidazol + triazol	campo	cuervos	cultivo de trigo en emergencia	–	KennedyyConnery, 2008.
Kinto® (triticonazoleb + proclorazb)	triazol + imidazol	campo	cuervos	cultivo de trigo en emergencia	diferencia pero no significativa	KennedyyConnery, 2008.
Maxim 4 FS (fludioxonil)	fenilpirrol	Aviario, dos opciones	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007c.

		Aviario, una opción	tordos ala-roja	semillas de arroz	–	Werneret <i>al.</i> , 2007c.
Beret-Gold® (fludioxonil)	fenilpirrol	campo	cuervos	cultivo de trigo en emergencia	diferencia pero no significativa	KennedyConnery, 2008.
Vitavax® (carboxinb + tiramb)	carboxamida + ditiocarbamato	Aviario, dos opciones	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2010.
		Aviario, una opción	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2010.
Anchor® (carboxinb + tiramb)	carboxamida + ditiocarbamato	campo	cuervos	cultivo de trigo en emergencia	d.s.	KennedyConnery, 2008.
Panoctina® (guazatina ^b)	guanidina	Aviario, dos opciones	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	AveryDecker, 1991.
		Aviario, una opción	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	AveryDecker, 1991.
		campo	cuervos	cultivo de trigo en emergencia	diferencia pero no significativa	KennedyConnery, 2008.
Tilt® (propiconazole ^b)	triazol	Aviario, dos opciones	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007c.
		Aviario, una opción	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007c.
		semicampo, clausuras móviles	tordos ala-roja	cultivo de arroz maduro	–	Werneret <i>al.</i> , 2007c.
GWN-4770 (flutolanil)	benzimidazol	Aviario, dos opciones	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007b.
		Aviario, una opción	tordos ala-roja	semillas de arroz	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007b.
		campo	tordos y mirlos	cultivo de arroz en siembra	d.s.	Werneret <i>al.</i> , 2007b.

d.s.: diferencia significativa entre el consumo del material tratado y no tratado

^a ingrediente activo

^b Registrado en la Argentina

CONTRACEPTIVOS

Los contraceptivos se proponen como una alternativa para evitar el uso de técnicas de control letal en especies sobreabundantes. En el desarrollo de contraceptivos para especies silvestres se deben tener en cuenta, entre otros, aspectos fisiológicos, biológicos y químicos. Además, para su correcta y eficaz implementación es necesario considerar el tipo de daño, las características de la especie involucrada (estación de cría, fisiología, estructura social, etc.), el sexo blanco según el sistema de apareamiento (monógamos, polígamos, promiscuos), la presencia y el efecto en la salud de las especies blanco y no blanco, los riesgos secundarios potenciales, la persistencia ambiental del agente y el método de aplicación que minimice el impacto sobre especies no blanco (Yoder y Miller, 2006). Por estos motivos, los contraceptivos presentan muchas limitaciones en su uso -principalmente debido a la dificultad de llegar selectivamente en tiempo y forma a la especie blanco- y sus procesos de registro son rigurosos y costosos (Fagerstone *et al.*, 2006).

terminó que el químico incrementa la actividad lipasa de lipoproteínas y los niveles de calcio intracelular en el esperma (sugiriendo acción ionófora del calcio), y que afecta la fosforilación de la vitelogenina (acción realizada por el DNC) e inhibe e incrementa la actividad transglutaminasa (acción realizada por la HDP; Yoder *et al.*, 2006b). Estos efectos a nivel molecular explicarían los efectos de contracepción atribuidos al químico.

Debido a que los estudios reproductivos con gansos canadienses son difíciles de conducir en condiciones controladas, varias pruebas con este químico se han realizado en otras especies de aves de más fácil manejo en cautiverio. Por ejemplo, se han utilizado pollos para evaluar la correlación entre la concentración de DNC (uno de los dos componentes del nicarbazin) en plasma y huevos, y la eficacia contraceptiva (Johnston *et al.*, 2001). Pero, en un estudio se determinó que los patos eran una especie modelo ideal para realizar pruebas reproductivas con nicarbazin en laboratorio, en vez de utilizar los gansos canadienses. Esto se determinó al realizar y comparar las curvas de absorción del químico en plasma en función del tiempo entre pollos (*Gallus gallus*), patos domésticos y gansos canadienses. Al administrar 125 ppm (8,4 mg/kg) de nicarbazin mediante gavage por 8 días a individuos de cada una de las especies, observaron que los niveles de DNC (analito¹²) en plasma difirieron significativamente entre las especies (en el cromatograma, el mayor pico de DNC en plasma se observó en los pollos, seguido por los patos y, por último, en los gansos; figura 27). Asimismo, las curvas de los patos y los gansos se aproximaron más entre sí que con la de los pollos (Yoder *et al.*, 2005a). Por esta razón, en estudios siguientes se utilizaron patos domésticos como modelos experimentales de los gansos canadienses.

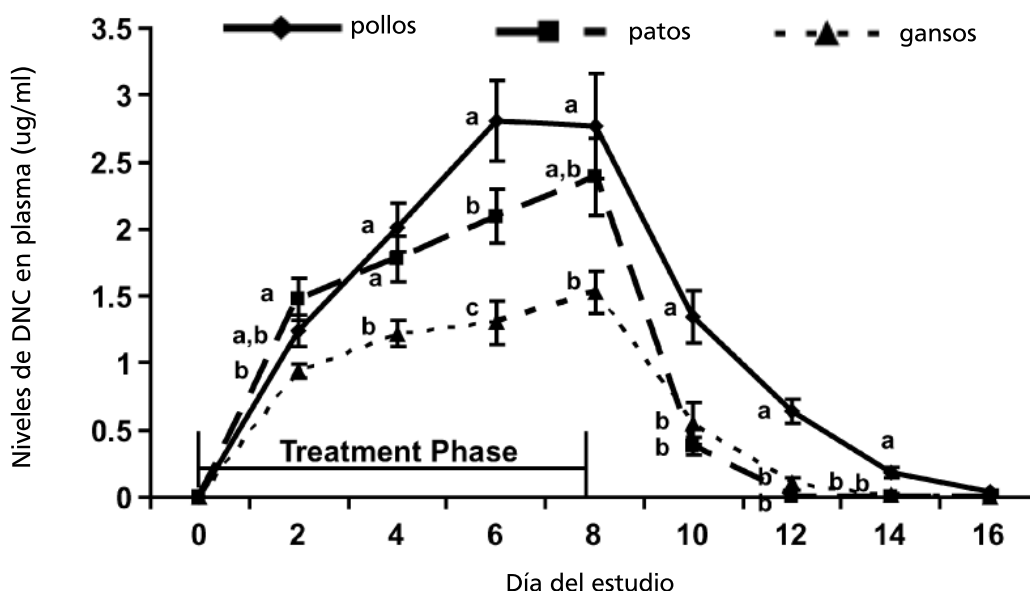


Figura 27. Niveles de DNC en plasma de pollo (n=6), patos (n=6) y gansos (n=6) tratados con 8,4 mg/kg de nicarbazin por 8 días. Las medias con la misma letra no fueron significativamente diferentes. Adaptado de Yoder *et al.* (2005a).

Entonces, utilizando patos domésticos como modelo experimental de gansos canadienses, se evaluó la eficacia de nicarbazin como contraceptivo y sus efectos en la salud, administrándolo en forma de cápsulas y determinando las diferencias en los niveles de DNC en la materia fecal, en los huevos y en el plasma entre los distintos tratamientos (0,00, 0,80, 17,00 y 33,75 mg de nicarbazin/kg PC). Los resultados obtenidos fueron relativamente satisfactorios, ya que no se observaron efectos significativos en la salud de las aves tratadas y se evidenció la degeneración de la membrana vitelina en todos los tratamientos, con la consecuente reducción de las eclosiones de los huevos del grupo tratado respecto al grupo control (reducción de la mitad de las eclosiones con la dosis mayor). Sin embargo, no se encontraron efectos significativos en el número de huevos puestos/hembra/día ni en la proporción de huevos fértiles (Yoder *et al.*, 2006b). También con patos domésticos se determinó que los diferentes métodos de administración del químico a las aves influyen sobre los niveles del DNC en plasma y en el peso de los huevos. Esto se demostró en un estudio en el que se administraron 34 mg de nicarbazin/kg de PC mediante cápsulas, suspendido en

aceite de maíz, suspendido en agua o en el alimento. Los niveles de DNC (analito determinado mediante HPLC usando muestras de sangre) en plasma difirieron según el método de administración. El mayor valor medio del analito en plasma correspondió a la administración del químico vía aceite de maíz, y el menor, a la administración vía alimento. Respecto al efecto en los huevos, se observó una disminución significativa en el peso al administrar nicarbazin a través del alimento (maíz tratado) por 14 días, pero no se redujo el número de huevos puestos/hembra/día (Yoder *et al.*, 2006c).

El nicarbazin fue probado en el campo, directamente sobre los gansos canadienses, con resultados que apoyaron el registro del químico como un inhibidor reproductivo para esa especie. El estudio consistió en ofrecer a los gansos de vida libre cebos no tratados y tratados con OvoControl-G® (2.500 ppm) en diferentes sitios (6 sitios tratados y 4 sitios control) por 6 semanas. Las eclosiones de huevos se redujeron un 36% en los sitios tratados respecto a los sitios control. En los sitios tratados, hubo una reducción del 62% de nidos con 100% de huevos eclosionados respecto a los sitios control. Además, hubo un incremento del 93 % de nidos con 0 % de huevos eclosionados en los sitios control respecto a los sitios tratados (Bynum *et al.*, 2007). Por lo tanto, el químico ha demostrado tener un efecto contraceptivo sobre los gansos canadienses. Y, según un modelo de costo-eficiencia que considera variables como presencia de especies no-blanco, alimento alternativo y apoyo público, el tratamiento con OvoControl-G® presenta una relación costo-eficiencia más favorable a medida que incrementa la densidad de los gansos (Caudell *et al.*, 2010).

La paloma doméstica, la otra especie blanco para la cual nicarbazin está registrado por la USEPA en EE.UU. como contraceptivo, es una especie sobreabundante en áreas urbanas y suburbanas que puede ocasionar problemas estéticos y sanitarios. Los estudios reproductivos con nicarbazin en esta especie, realizados sólo en aviario, han mostrado diferentes resultados en cuanto a su eficacia como contraceptivo. Por ejemplo, en un ensayo en el que se ofreció 7,5 mg del químico/ave/día (3 g de cebo con 2.500 ppm de nicarbazin/paloma de 300 g de PC) a parejas de palomas por 6 semanas (para superar los 15 mg del químico/pareja, cantidad de nicarbazin teóricamente necesaria para producir el efecto contraceptivo), 8 de las 10 parejas tratadas produjeron huevos fértiles. Tampoco se encontró una relación obvia entre la cantidad de cebo tratado consumido y los residuos de DNC en plasma y huevos. Por lo tanto, en este experimento la formulación de nicarbazin a la dosis ensayada no redujo adecuadamente la eclosión de los huevos debido a que la absorción de nicarbazin en sangre fue insuficiente. Adicionalmente, los autores compararon la aceptación de las palomas a distintos tipos de cebos, dos tratados con 2.500 ppm y uno con 5.000 ppm del químico, pero no encontraron diferencias significativas en el consumo total entre los tres tipos de cebos y sólo el cebo tratado con 5.000 ppm de nicarbazin produjo niveles suficientes de DNC en sangre (Avery *et al.*, 2006). Sin embargo, otro ensayo en el que se midieron los efectos de cebos tratados con 5.000 ppm de nicarbazin por 4 días en la producción y proporción de eclosión de huevos, el número de nidos producidos y la capacidad de recuperación de parejas de palomas, los resultados fueron más alentadores. Aunque nicarbazin no pareció afectar significativamente la producción de huevos, sólo 9 de 22 huevos eclosionaron y se redujo un 59% el número de nidos producidos. No observaron mortalidad en ninguna de las parejas tratadas. Los pichones producidos durante el tratamiento parecieron saludables y normales y, una vez finalizada la exposición al químico, el número de huevos puestos y de pichones fue similar al observado antes del tratamiento. Entonces, en este caso, las conclusiones de este trabajo fueron que el nicarbazin es una medida segura y efectiva para reducir la eclosión de huevos de palomas domésticas y que podría incluirse dentro de un plan de manejo integrado para reducir estas poblaciones (Avery *et al.*, 2008).

20,25 Diazcolesterol dihidrocloruro

El DiazaCon® (20,25 diazcolesterol dihidrocloruro; CAS N° 1249-84-9) es un compuesto que interfiere en la síntesis del colesterol y, por lo tanto, afecta la formación de las hormonas sexuales. Por ser un compuesto mimético del colesterol (su molécula sólo se diferencia de la del colesterol en las posiciones 20 y 25, en las que se reemplaza el C por N, ver figura 28), compite por las enzimas que catalizan la síntesis de colesterol y pregnenolona (Figura 29), y como consecuencia, baja la producción de esperma y huevos (Yoder *et al.*, 2005b; Mauldin y Miller, 2007). Este compuesto presenta una vida media de 28

días. La mitad de la cantidad del compuesto ingerida vía oral es eliminada por las heces dentro de las 24 horas posteriores a la ingestión. La otra mitad se almacena en hígado y se elimina gradualmente. Dada su baja solubilidad en agua, se puede acumular en grasa. A diferencia del nicarbazin, DiazaCon® no es selectivo, puede producir efectos indeseables en la salud de las aves si se administra prolongadamente (ya que el colesterol es necesario para cumplir otras funciones corporales) y no necesita ser consumido diariamente para ejercer su efecto, el cual puede durar varios meses (Yoder *et al.*, 2005b).

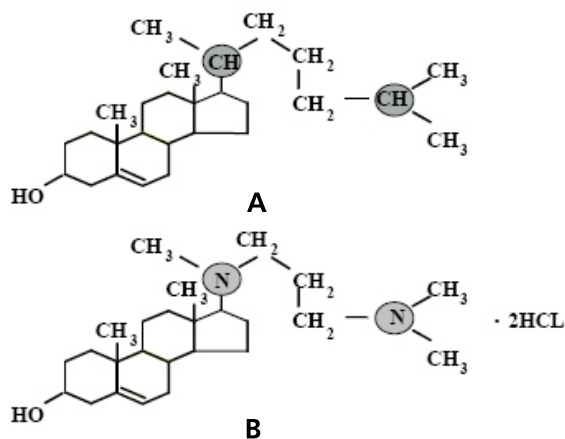


Figura 28. Estructura química del colesterol (A) y del 20,25 diaza-cholesterol dihidrocloruro (DiazaCon®, B).

Originalmente desarrollado como un inhibidor del colesterol para humanos (Sachs y Wolfman, 1965), el 20,25 diaza-cholesterol dihidrocloruro fue registrado en EE.UU. a fines de la década de 1960 como inhibidor reproductivo oral para palomas bajo la marca Ornitol®. Pero en noviembre de 1993, su registro fue cancelado debido a los altos costos para la empresa registrante que implicaba la renovación de su registro. No obstante, actualmente se siguen realizando pruebas de eficacia de este compuesto con el fin de concretar su registro para el control de cotorras (*Myopsitta monachus*) en ese país (Avery, Com. pers.).

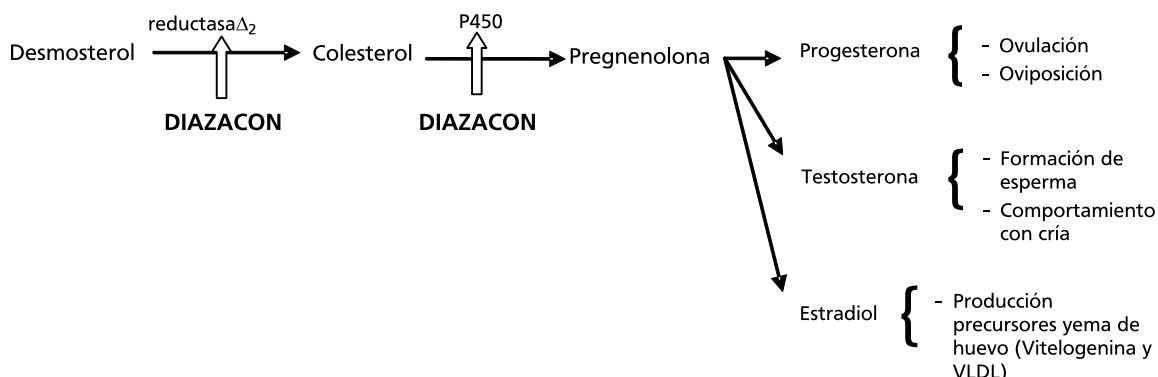


Figura 29. Mecanismo de acción del DiazaCon®. El compuesto compite por las enzimas catalizadoras de la síntesis de colesterol y del precursor de las hormonas esteroideas reproductivas, la pregnenolona.

Pruebas con 20,25 diaza-cholesterol dihidrocloruro

DiazaCon® fue probado como contraceptivo en codornices (*Coturnix coturnix japonica*, especie utilizada como modelo experimental), en tordos (*Agelaius phoeniceus* y *Molothrus ater*) y zanates comunes (*Q. quiscula*), en gorriones domésticos, en dos especies de cotorras (*Myiopsitta monachus*,

especie perjudicial para algunos cultivos de Sudamérica e introducida en EE.UU. en donde causa problemas en las estructuras de transmisión y distribución eléctrica; y *Psittacula krameri*, especie originaria de África Central y Asia establecida en Europa, Japón y EE.UU. como especie invasora), en tórtolas del Cabo (*Streptopelia risoria*, especie utilizada como modelo experimental de las palomas domésticas), en cuervos americanos (*Corvus brachyrhynchos*) y en patos domésticos (especie utilizada como modelo experimental de gansos canadienses), con resultados generalmente satisfactorios.

En **codornices**, el tratamiento con el químico produjo porcentajes de huevos fértiles que eclosionaron y número de huevos puestos significativamente menores en los grupos tratados respecto a los controles (Figuras 30 y 31). Además, los niveles de testosterona, progesterona y colesterol se redujeron en los individuos tratados respecto a los controles. Inversamente, los niveles de desmosterol aumentaron en los individuos tratados (tanto hembras como machos) respecto a los controles (Yoder *et al.*, 2004). Estos resultados contribuyeron a explicar la acción contraceptiva del DiazaCon® y motivaron la realización de más pruebas, particularmente con las especies problema.

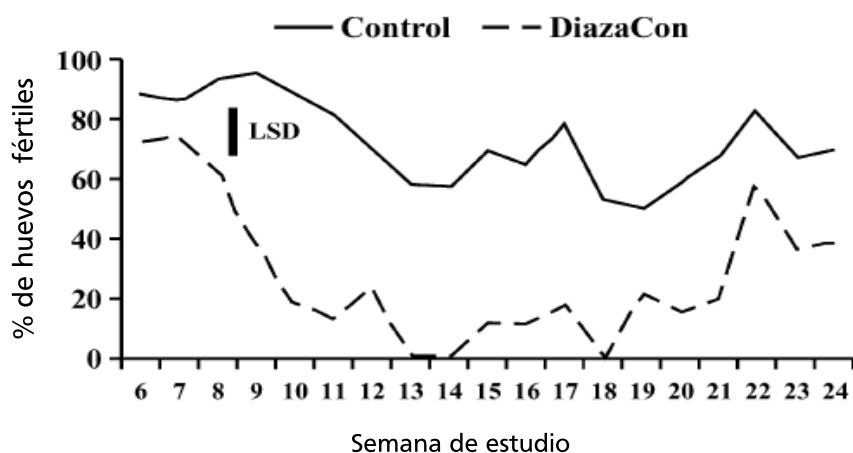


Figura 30. Fertilidad de huevos puestos por 20 codornices hembras no tratadas emparejadas con 20 machos tratados con 20,25 diazacoesterol (DiazaCon®) comparada con huevos puestos por 20 hembras de codorniz emparejadas con 20 machos sin tratar. LSD: diferencia significativa mínima. Tomado de Yoder *et al.* (2004).

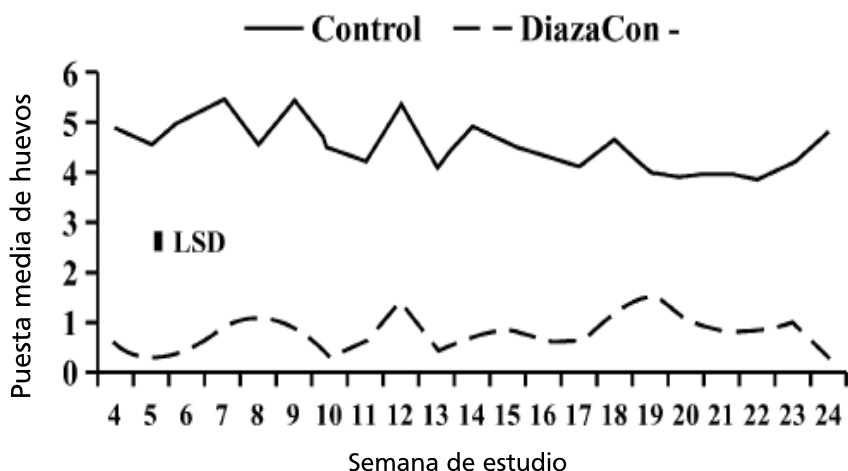


Figura 31. Producción de 20 hembras de codorniz tratadas con 20,25 diazacoesterol (DiazaCon®) y 20 codornices control. LSD: diferencia significativa mínima. Tomado de Yoder *et al.* (2004).

En **tordos** y **mirlos**, DiazaCon® podría considerarse como contraceptivo eficaz. En una prueba de aviario con tordos cabeza-marrón, las tres dosis de DiazaCon® probadas (8,5, 18,7 y 52,2 mg/kg/ave/día) produjeron disminución significativa de las concentraciones de colesterol y el consiguiente incremento del desmosterol (Yoder *et al.*, 2005b). En el campo, las pruebas con DiazaCon® para afectar la reproducción de tordos ala-roja y mirlos mostraron resultados relativamente alentadores. Por ejemplo, en uno de los trabajos pioneros en el que se evaluó en el campo los efectos del Ornitol®, se logró reducir las eclosiones de huevos de ambas especies. El estudio consistió en ofrecer cebos de maíz sin tratar y tratados con Ornitol® al 0,05% y 0,10% p/p sobre plataformas elevadas ubicadas en diferentes sitios en los que se registró el número de nidos y huevos cercanos de cada especie. El éxito de eclosión difirió significativamente en los sitios tratados respecto al de los dos sitios controles (77,5% y 67,5% de éxito de eclosión en los sitios controles, respectivamente). Por ejemplo, en el área tratada con 0,1% p/p del químico, el éxito de eclosión de los mirlos fue del 2,9%. El de los tordos ala-roja, en cambio, varió en función de la distancia al cebadero tratado. Los autores pudieron dividir el área en dos partes, obteniendo un éxito de eclosión del 29,7% en la zona definida como cercana al cebadero y 63,2% en la zona definida como lejana. Por lo tanto, en este estudio Ornitol® fue efectivo para reducir las proporciones de huevos exitosos (Fringer y Grannett, 1970). En otro estudio de campo realizado en dos años consecutivos, el químico logró reducir significativamente el éxito de eclosión de los huevos de tordos ala-roja en el primer año del estudio (49% de reducción de eclosiones) pero no en el segundo (7% de reducción de eclosiones; Lacombe y Bergeron, 1986). A pesar de esta variación anual del éxito del método, en este último trabajo se señala que el uso de este químico es una aproximación prometedora para reducir las poblaciones de tordos ala-roja.

En **gorriones domésticos**, DiazaCon® mostró ser un eficaz contraceptivo, al menos en condiciones de aviario. En una prueba con gorriones machos y hembras enjaulados grupalmente, los efectos del químico se observaron a partir de los 7 días de tratamiento (el cual consistió en ofrecer 120 g de semillas/día tratadas con 0,1% p/p de Ornitol® por 49 días). En dicho estudio, el éxito de eclosión en los nidos difirió significativamente entre el grupo tratado (0%) y el control (64%). Además, el grupo tratado recuperó su capacidad reproductiva normal a las 4 semanas de finalizado el tratamiento (Mitchell *et al.*, 1979).

En **cotorras** (*M. monachus*), la dosis de DiazaCon® necesaria para producir efectos en la reproducción se estableció en 50 mg/kg, con un período de 5 a 7 días de tratamiento para lograr reducir las concentraciones de colesterol y producir el efecto contraceptivo (Yoder *et al.* 2005b). No obstante, otra prueba en aviario mostró que 34 mg del químico/ave/día fue suficiente para disminuir la producción de huevos en un 59% durante dos meses. En esa prueba, las aves del grupo tratado pusieron en promedio $1,6 \pm 0,7$ huevos/nido y las del grupo control $3,9 \pm 1,1$ huevos/nido. Además, en el grupo control eclosionaron $1,1 \pm 0,6$ huevos pero ningún huevo puesto por las aves tratadas logró eclosionar (Yoder *et al.*, 2007). En el campo, los tratamientos con DiazaCon® como contraceptivos para cotorras también fueron alentadores. Un estudio bianual mostró que el químico, ingerido a través de cebos de girasol tratado (50 mg/kg/ave), redujo un 68,4% la productividad de los nidos (nidos más huevos con embriones). La productividad promedió en 1,31 ($SE^{13}=0,45$; $n=100$ nidos) en los 6 sitios tratados y en 4,15 ($SE=0,60$; $n=50$) en los 4 sitios no tratados (Avery *et al.*, 2007). Por lo tanto, en función de estos resultados, DiazaCon® parecería ser una medida efectiva en reducir el éxito reproductivo de las cotorras.

En **cotorras de collar** (*P. krameri*), DiazaCon® también mostró ser efectivo como contraceptivo, tanto en ensayos de aviario como en condiciones de semicampo. En aviario, una dosis oral de 18 mg/kg de DiazaCon® por 10 días redujo los niveles de colesterol en sangre sin evidenciar efectos adversos. En el ensayo de semicampo, esta dosis disminuyó significativamente la fertilidad de la población cautiva expuesta (Lambert *et al.*, 2010). Por lo tanto, también en este caso DiazaCon® podría ser potencialmente exitoso para controlar la especie en el campo.

DiazaCon® también fue probado en **tórtolas del Cabo** (modelo experimental de las palomas domésticas), en cuervos americanos y en patos domésticos (modelo experimental de los gansos canadienses). En las tórtolas del Cabo, una prueba de aviario mostró que el tratamiento con DiazaCon® no produjo

13 Error estándar.

efectos en la reproducción. Las dosis administradas (14,0, 25,7 y 52,5 mg/kg/ave/día), aunque produjeron disminución del colesterol y aumento del desmosterol, no lograron producir un efecto contraceptivo sobre la reproducción de las aves durante el período de tratamiento (14 días). Por lo tanto, aunque en un estudio previo con esta especie DiazaCon® pareció tener potencial efecto contraceptivo (Yoder *et al.*, datos no publicados), éste no pudo ser corroborado en esta especie modelo, hecho que sugeriría la ineffectividad del químico para las palomas domésticas (Yoder *et al.* 2005b).

En los **cuervos**, DiazaCon® fue un eficaz contraceptivo en el ensayo de aviario pero no en el experimento preliminar de campo. En el aviario, se determinó una dosis blanco efectiva de DiazaCon® para esta especie de 50 mg/kg/ave/día. Una ingesta promedio de 43,0 mg/kg/ave/día logró disminuir el colesterol un 47% e incrementar significativamente el desmosterol (de 6 a 140 µg/l). En el campo, el tratamiento resultó ineffectivo debido a que el cebo no fue atractivo para los cuervos y, por lo tanto, no lo consumieron (Yoder *et al.* 2005b).

En los **patos domésticos**, en cambio, el DiazaCon® produjo resultados contraceptivos promisorios. En un estudio en aviario en el que se les ofreció pellets tratados al 0,1% p/p de DiazaCon® los primeros cinco días de un lapso de 10 días de ensayo, se logró reducir tanto la producción de huevos en un 97% como el éxito de eclosión en un 100%, suprimiéndose la concentración de colesterol por diez semanas (Yoder *et al.*, 2005b). Estos resultados sugieren que el DiazaCon® podría ser un efectivo contraceptivo para los gansos canadienses.

Consideraciones sobre nicarbazin y 20,25 diazcolesterol dihidrocloruro

En función de los estudios revisados, tanto nicarbazin como DiazaCon® aparecen como inhibidores reproductivos prometedores para el control poblacional de aves perjudiciales sobreabundantes. Desde un punto de vista operacional, DiazaCon® presenta algunas ventajas respecto al nicarbazin: 1- menor período de aplicación (5 días), 2- efecto más prolongado y reversible, 3- no requiere ser consumido diariamente, y 4- afecta la reproducción tanto masculina como femenina. Pero, algunas de estas ventajas se convierten en desventajas desde un punto de vista ambiental. Por un lado, DiazaCon® no es selectivo, es decir, puede afectar tanto aves como mamíferos, y puede producir síntomas de intoxicación en algunas especies. Además, su efecto prolongado es una desventaja para las aves no blanco que lo consuman, y su administración prolongada puede conllevar efectos indeseables en la salud de la fauna expuesta (Yoder *et al.* 2005b). Por estos motivos, es necesario tomar algunas medidas para minimizar los riesgos primarios y secundarios, considerando aspectos alimenticios, reproductivos y de comportamiento de las especies potencialmente expuestas al químico.

AVICIDAS

Los avicidas son compuestos químicos, en general extremada o altamente tóxicos, que se utilizan para matar a las aves que se consideran perjudiciales para una actividad económica o que implican riesgo sanitario. La mayor parte de ellos se aplica con la intención de envenenar a las aves vía ingestión (ej. alcaloides, anilinas, compuestos organofosforados, piridinas), principalmente a través de cebos tratados. Otros avicidas, tales como el SLS (sodium lauryl sulfate) o el PA-14, en cambio, son surfactantes y actúan por contacto superficial, eliminando la capa impermeable de las plumas y, por consiguiente, exponiendo a las aves al efecto letal de condiciones ambientales desfavorables (-7°C y lluvia) que le producirán una hipotermia letal. También los aceites que se aplican para evitar la eclosión de los huevos (Rodríguez y Tiscornia, 2002), por ejemplo aceite de maíz, se podrían considerar avicidas.

Generalmente, el desarrollo de un avicida es un proceso largo y costoso. El registro de un compuesto para este fin implica muchas evaluaciones toxicológicas y ecotoxicológicas, además de las evaluaciones de eficacia. Dichas evaluaciones deberían asegurar la mayor selectividad posible, dado que las especies a controlar (las aves perjudiciales) son taxonómicamente más cercanas al humano que otras plagas (ej. artrópodos perjudiciales). Por tal motivo, para registrar un avicida es necesario, además de una decisión

política, que los beneficios superen ampliamente a los costos, incluyendo en estos últimos el riesgo ambiental y de salud pública.

En los países que cuentan con avicidas registrados, el número de químicos para este fin ha ido en disminución a lo largo de los años, debido a la creciente concientización de los problemas ambientales que pueden producir y al incremento de estudios requeridos (y, por tanto, de costos) para mantener los registros. Por ejemplo, actualmente EE.UU. cuenta con un solo un avicida registrado (DRC 1339), a diferencia de finales de los años 70, que contaba con varios tóxicos avicidas (Matheny, 1980). El creciente desuso de los avicidas, entonces, se debe a que cada vez su uso es menos aceptado por el público en general y a que su eficacia es variable debido a la posibilidad de las aves de moverse a sitios previamente ocupados por aves recientemente envenenadas.

Anilinas

El compuesto DRC 1339 (3-cloro-4-metilnilina hidrocloreuro o estarlicida; CAS N° 7745-89-3; figura 32 A) y sus análogos CPT (3-cloro-p-toluidina o 3-cloro-4-metilnilina o DRC 1347; CAS N° 95-74-9; figura 32 B) y CAT (N-(3-cloro-4-metilfenil)acetamida o 2-cloro-4-acetotoluidina o DRC 2698; CAS N° 7149-79-3; figura 32 C), pertenecen al grupo de las anilinas, las cuales fueron desarrolladas por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE.UU. para usarse como avicidas. Se trata de compuestos con toxicidad diferencial y acción lenta. Se degradan rápidamente en el ambiente y presentan riesgos ambientales primarios y secundarios potencialmente bajos (Schafer, 1984).

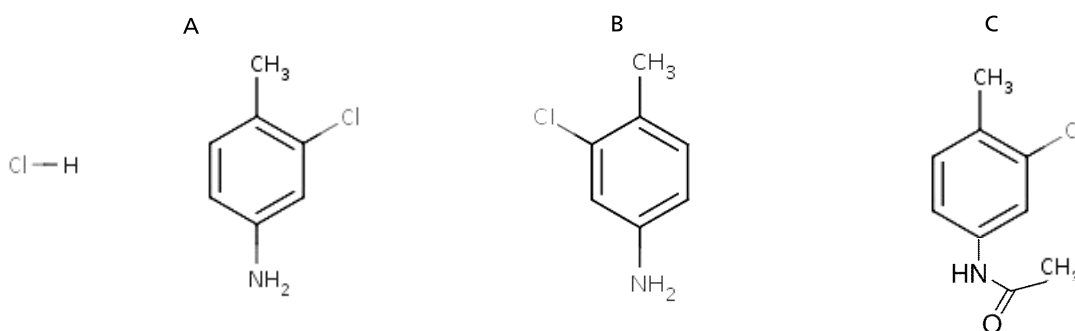


Figura 32. Estructuras químicas de DRC 1339 (A), CPT (B) y CAT (C).

DRC 1339

El DRC 1339 es el único compuesto registrado en EE.UU. como avicida de ingestión. En ese país cuentan con seis formulaciones diferentes de DRC 1339: 1-estarlicida (97% i.a.) para tordos, estorninos, palomas, cuervos, urracas y gaviotas, 2- concentrado para uso en feedlots (97% i.a.) contra cuatro especies de tordos y contra estorninos, 3- concentrado para gaviotas (97% i.a.) en aeropuertos, sitios industriales, basurales o vertederos, 4- concentrado para palomas (98% i.a.) en estructuras edilicias, 5- concentrado para uso en áreas de actividad militar o salvataje contra tordos, y 6- concentrado para uso en ganado, forrajes y nidos (97% i.a.) contra cuatro especies de cuervos y urracas en silos o áreas de pasturas para evitar predación de forraje, ganado recién nacido o de huevos de aves clasificadas como vulnerables (APHIS, web en línea). En las notas técnicas de cada uno de estos formulados se remarcan las restricciones de su uso, se recomiendan pre-cebaderos para determinar la cantidad de especies no blanco que podrían ser afectadas y se detallan las diluciones convenientes (ej. 1 parte de grano tratado en 25 partes de grano no tratado) para disminuir el riesgo de las especies no blanco, todo en base a años de investigaciones llevadas a cabo, fundamentalmente, por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

El DRC 1339 es un avicida con toxicidad diferencial en animales. Se ha probado en más de 40 espe-

cies. La mayoría de las especies de aves que se consideran plaga (estorninos, tordos, palomas, cuervos, urracas) son sensibles a este químico, presentando DL50 de 1 a 10 mg/kg. Las aves acuáticas y gallináceas generalmente presentan sensibilidad intermedia, con DL50 de 10 a 100 mg/kg. Muchas especies de aves, tales como rapaces y pequeñas granívoras, se consideran no sensibles al DRC 1339, excepto las lechuzas. Tanto las lechuzas como los mamíferos felinos son sensibles al tóxico (DL50 próximo a los 5 mg/kg). En las especies sensibles, el DRC 1339 produce daños en corazón y riñón irreversibles, ocurriendo la muerte en 1 a 3 días siguientes a la ingestión. Aves no-blanco, muertas por ingerir cebos de arroz tratado con DRC 1339 en campos de girasol, mostraron signos histopatológicos de daño en riñón (Custer et al., 2003). En las especies no sensibles, el modo de acción es bastante diferente: para resultar en muerte, requieren 10 a 100 veces más de compuesto, el cual deprime el sistema nervioso central (SNC) y produce paro cardíaco y respiratorio, ocurriendo la muerte (si los síntomas no se tratan) después de 2 a 10 horas (APHIS-USDA, 2001; Felsenstein et al., 1974).

Según su nota técnica (APHIS-USDA, 2001), el compuesto es altamente tóxico para algunos invertebrados y moderadamente tóxico para peces; se degrada rápidamente en suelo, no persiste, no migra y los riesgos potenciales (primario y secundario) de este químico son bajos. Varios estudios se han llevado a cabo para analizar el riesgo del químico para las especies no-blanco cuyos resultados indicarían que se trata de un compuesto relativamente seguro. Por ejemplo, luego de determinar las especies no-blanco que utilizaban los sitios cebados con DRC 1339 localizados en campos con barbechos, rastrojos, pasturas y hábitats circundantes, Cummings et al. (2003) realizaron un ensayo de toxicidad aguda con parte de las especies no-blanco identificadas (cinco especies de gorriones: *Passerculus sandwichensis*, *Zonotrichia leucophrys*, *Spizella pusilla*, *Melospiza melodia* y *S. passerina*), ofreciendo arroz marrón tratado con DRC 1339 al 2% p/p y diluido 1:27 con arroz no tratado. En dicho ensayo, ninguna de las aves tratadas murió. Sin embargo, otro estudio (ensayo de dieta de 5 días) con gorrión sabanero (*Passerculus sandwichensis*), ganso canadiense, ganso blanco, paloma huilota (*Z. macroura*), pradero occidental (*Sturnella neglecta*) y chimbitito (*Spizella arborea*), en el cual se ofreció a 10 individuos de cada especie arroz marrón tratado con DRC 1339 al 2% p/p y diluido 1:25 con arroz no tratado, produjo resultados variables. Los gansos fueron resistentes a esa dosis, murió sólo un individuo de los gorriones sabaneros y el resto de las especies mostraron alta sensibilidad al químico (80-90% mortalidad de los expuestos). Los autores de ese estudio afirman haber observado algún grado de aversión a la comida tratada en la mayoría de las especies estudiadas, indicando la posibilidad de ingestiones subletales y subsecuente evitación de los cebos tratados en condiciones de campo (Cummings et al., 2003). Por otro lado, la cantidad de individuos y de especies encontradas en campos con rastrojo de maíz cebados y no cebados con arroz tratado con el tóxico parece no diferir, indicando un potencial riesgo para las especies no-blanco (Linz et al., 2002). Entonces, para ayudar a reducir el riesgo de las especies no-blanco en lotes de rastrojo de maíz se recomienda: 1- pre-cebar en parcelas que disten al menos de 50 m del borde de montes o pastizales naturales, para disminuir el riesgo de las aves no-blanco pequeñas que utilizan los bordes, 2- usar cebos tratados sólo después que grandes bandadas de la plaga estén usando las parcelas y hayan estado comiendo previamente el cebo no-tratado, 3- usar parcelas de cebadero pequeñas en relación al tamaño total del lote y 4- diluir el compuesto en una proporción de 1:25 (tratado:no-tratado) para minimizar la probabilidad de ingestión de cebos con DRC 1339 por parte de las aves no-blanco (Linz et al., 2002).

Establecer la eficacia a campo de los avicidas es difícil, principalmente porque es complicado recuperar las carcasas de las aves luego de la aplicación de los cebos (Sthal et al., 2008). Por esta razón, los trabajos publicados en los últimos años sobre la eficacia del DRC 1339 se basan en estimaciones de mortalidad basadas en diferentes distribuciones de probabilidad, en modelos bioenergéticos y simulaciones (ej. Glahn y Avery, 2001; Homan et al., 2005; Sthal et al., 2008 a y b). En trabajos anteriores se ha intentado evaluar la eficacia del DRC 1339 en el campo. Por ejemplo, un trabajo evaluó los efectos de cebar con arroz tratado (DRC 1339 al 2% p/p y diluido 1:25 con arroz sin tratar) en lotes de girasol maduro ubicados a menos de 3,2 km de los sitios que los tordos utilizaban para posarse, pero no se obtuvieron los resultados esperados. El porcentaje de daño no difirió entre los lotes cebados y los no cebados. Es decir, los cebos de arroz tratado con DRC 1339 en los lotes de girasol en maduración no redujeron la población local de tordos ni el daño producido por ellos (Linz y Bergman, 1996). Los autores de este trabajo atribuyeron el fracaso del tratamiento en este estudio a, por un lado, la gran movilidad de las aves desde un lote a otro y de un sitio de perchado a otro, entorpeciendo la localización de sitios preferidos para cebar y, por otro,

la dificultad de atraer a los tordos a los cebos del piso teniendo el cultivo en pie. Por esta última razón, los autores recomendaron el uso de esta técnica cuando los cultivos maduros no estuvieran disponibles.

Otro factor a tener en cuenta en los estudios de eficacia de cebos avicidas es el sustrato utilizado para fabricar el cebo, el cual debe ser preferido por la especie blanco. Ensayos con estorninos en cautiverio y al aire libre con 6 tipos diferentes de sustratos (maíz partido mezclado en dos proporciones de grasa, granos en polvo seco, pellets y dos tipos de alimento balanceado para ganado) tratados con DRC 1339 mostraron una preferencia de los estorninos a los cebos en forma de pellets (Homan *et al.*, 2010). Estos resultados dan cuenta de la importancia del tipo de sustrato utilizado como cebo para lograr mejores resultados en el uso de esta técnica letal.

El DRC 1339 también se ha evaluado como cebo tóxico para eliminar palomas domésticas. Mediante pruebas de laboratorio (aviario) se ha determinado que el grado de toxicidad del maíz tratado con DRC 1339 para esta especie depende de la concentración del químico, de la proporción de dilución, del consumo y del agente adhesivo. Las pruebas mostraron que los cebos tratados con DRC 1339 al 0,37% p/p, en una dilución 1:0 con maíz no tratado y utilizando harina de maíz como agente adhesivo fueron considerablemente más efectivos en producir mortalidad de palomas que otras alternativas probadas (Cummings *et al.* 1994b). Con la misma dosis del compuesto (0,37% p/p de DRC 1339), se llevó a cabo un programa de cebado para palomas domésticas de vida libre en dos ciudades de EE.UU. durante 1990 y 1991. El control resultó exitoso: la totalidad de los individuos de siete bandadas (95 a 735 aves/bandada) murieron en áreas no visibles para el público y no se encontraron carcasas de especies no-blanco. Estos resultados muestran al DRC 1339 como una medida muy efectiva, selectiva y segura para reducir poblaciones de palomas domésticas urbanas (Blanton *et al.*, 1991).

DRC 1347 o CPT

La CPT, compuesto base para sintetizar el DRC 1339, es un tóxico de contacto que se descompone rápidamente en el ambiente y tiene baja toxicidad para mamíferos carroñeros y aves no-blanco (Schafer *et al.*, 1969). Al igual que el DRC 1339, la CPT es un avicida de acción lenta. El tiempo de muerte desde la ingesta aumenta al disminuir la dosis (Rodríguez y Tiscornia, 2002). Con las dosis probadas en campo, la muerte tarda en ocurrir desde muchas horas a días. Por este motivo, la estimación de la eficacia y de los impactos ambientales de las aplicaciones por asperjado aéreo es dificultosa.

Estudios de finales de la década de los años 80 evaluaron la eficacia a campo de aplicaciones aéreas de CPT, obteniendo mortalidades de la población del sitio de perchado del 3% con 49 kg de CPT/ha (Heisterberg *et al.*, 1990) y del 22% con 100 kg/ha (Douville de Franssu *et al.*, 1988). Un trabajo anterior (Dudderar y Nelson, 1970) detalla algunos aspectos a tener en cuenta respecto al uso de la CPT como avicida en diferentes situaciones. En feedlots, por ejemplo, el éxito del uso de cebos tratados con CPT para reducir el consumo por parte de las aves del alimento para el ganado dependería de 3 factores: 1- el tipo de cebo (debería ser idéntico en cuanto a contenido, forma, tamaño y color respecto a la comida preferida por las aves), 2- la localización del cebo (debería estar ubicado muy cerca de donde las aves normalmente comen) y 3- las condiciones climáticas (se debería cebar cuando la disponibilidad de la comida natural disminuye, hecho que generalmente coincide con la época invernal). En cultivos atacados por tordos, al parecer es imposible reducir el daño de cultivos en pie mediante cebos tóxicos aplicados en el suelo. Para lograr alguna reducción en el número de aves de esta especie, se debería tratar una porción del cultivo (cultivo trampa), sembrada con una variedad susceptible y separada espacial y temporalmente del cultivo normal y ubicada del lado de donde los tordos usualmente entran al lote. También en el caso de los cultivos, las condiciones ambientales (verano con más comida, invierno con menos comida) parecen influir en los resultados de esta técnica letal. En función de pruebas realizadas en sitios de perchado cebados con maíz partido tratado (CPT al 1% p/p) durante un mes, el número de individuos muertos difiere significativamente si el tratamiento se realiza en verano o en invierno. Así, la reducción de individuos mediante cebado en los sitios de perchado cercanos a los cultivos parece factible sólo en el invierno (al menos para los tordos).

La CPT también fue probada como avicida para palomas domésticas en áreas urbanas, con resultados variables. Los tratamientos probados consistieron en cebos de maíz entero tratados con CPT al 1% p/p más un compuesto adherente, y diluido 1:2 con maíz sin tratar. La principal causa de la variabilidad de los resultados obtenidos fue atribuida al rechazo del cebo por parte de algunas aves. La causa de dicho rechazo pareció deberse a las características organolépticas del cebo (textura, color, olor, gusto). Por esta razón, para que esta herramienta de control sea exitosa se recomienda utilizar la cantidad indispensable de adherente, usar cebos recién preparados y cebar en forma continua en el tiempo (Dudderar y Nelson, 1970).

DRC 2698 o CAT

Uno de los metabolitos de la CPT es la CAT, el derivado acetilado de la CPT. Este metabolito presenta igual toxicidad para estorninos (DL50 = 2,6 mg/kg) que su compuesto patrón pero mucho menor toxicidad para mamíferos y rapaces (DL50 < 3000 mg/kg; Apostolou y Peoples, 1971). Se han realizado pruebas con cebos formulados con CAT en feed-lots y en algunos cultivos con resultados aparentemente positivos (Peoples *et al.*, 1976). Otras pruebas realizadas a campo probaron una formulación de CAT mediante aplicación aérea (22,4 kg/187 l/ha) sobre sitios de perchado de tordos y estorninos con resultados de eficacia dudosa (Lefebvre *et al.*, 1979). A su vez, Cummings *et al.* (1990) probaron cebos (mezcla de girasol y maíz) tratados con 1,5% p/p de CAT en lotes no comerciales de girasol, destinados a atraer a las aves perjudiciales, con resultados desalentadores debido, posiblemente, a la menor atracción que tienen los cebos respecto al cultivo en pie. En suma, a pesar de las ventajas toxicológicas (menor toxicidad para mamíferos y rapaces) de la CAT, las pruebas con este compuesto indicarían que es poco eficaz, al menos en la forma aplicada y para las especies evaluadas.

Piridinas

4- Aminopiridina (4-AP)

Originalmente, la 4-aminopiridina (4-AP, piridin-4-amina; CAS N° 504-24-5; figura 33) fue registrada como avicida en EE.UU. en 1972 para uso en cultivos alimenticios y áreas de nidificación y/o alimentación de aves perjudiciales. A lo largo de los años, su registro se amplió y se re-evaluó, con la incorporación de requisitos más estrictos en cuanto a estudios químicos y toxicológicos. Pero en el 2004, su uso en cultivos alimenticios fue cancelado y en el 2007, el registrante de 4-AP realizó la cancelación voluntaria de todas las formulaciones, excepto para los productos formulados como cebos, para los cuales solicitó a la USEPA el re-registro. Sin embargo, a partir del 2010 el fabricante del formulado a base de 4-AP (Avitrol®) retiró su producto del mercado de EE.UU. debido a los costos asociados con los datos de registro adicionales requeridos por la USEPA.

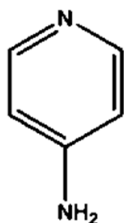


Figura 33. Estructura química de la 4-aminopiridina.

Al igual que para el DRC 1339, la disponibilidad y el uso de la 4-AP siempre estuvieron restringidos sólo a aplicadores certificados, y los cebos tratados siempre se diluyeron con granos no tratados (Linz *et al.*, 2007b). Pero, a diferencia del DRC 1339, la 4-AP es altamente tóxica para todos los vertebrados, mostrando muy baja selectividad. Los valores de DL50 van desde 1 a 20 mg/kg para la mayoría de las especies de aves y mamíferos testeadas. En aves y mamíferos, este químico produce síntomas típicos de

estimulación del SNC, a partir de los 10 a los 30 minutos de la ingestión. La muerte ocurre hasta 4 horas más tarde (Schafer, 1984). La magnitud de los riesgos de intoxicaciones directas (riesgo primario) y/o indirectas (riesgo secundario) de especies no-blanco dependería, fundamentalmente, del grado de exposición al químico, es decir, de su metodología de aplicación. Utilizada en cultivos, la 4-AP es categorizada como agente químico de susto o temor. El ave que ingiere un cebo tratado con este compuesto produce llamados de alarma y vuelos erráticos, hecho que, en principio, provocaría el ahuyentamiento de las otras aves del grupo. Las fuertes vocalizaciones que generalmente acompañan los estados convulsivos son provocadas por la contracción involuntaria del diafragma (Schafer, 1981). Por esto, la 4-AP es llamada por algunos como “repelente de comportamiento” o “agente aterrador”, debido a que repelería a las aves por envenenamiento de algunos miembros de la bandada (Avery, 2003).

La mayoría de las investigaciones con la 4-AP se realizaron en las décadas de los años 1970 y 1980, con resultados variables principalmente en relación a la evaluación beneficio:costo. Por ejemplo, ensayos en campos de girasol en maduración con cebos de 4-AP para controlar tordos llevados a cabo en dos años consecutivos (1973 y 1974) mostraron resultados diferentes en cuanto a la evaluación beneficio:costo y al impacto sobre aves no-blanco. En el primer año, aunque realizaron varias aplicaciones de cebos, el análisis beneficio:costo resultó favorable (5:1) y no se registraron especies de aves no-blanco muertas en las transectas muestreadas. En el segundo año, aunque hubo diferencia significativa en la reducción del consumo entre los campos tratados y los controles, el análisis beneficio:costo no resultó favorable (1,98:1,00) y el 14% de los individuos muertos correspondieron a especies no-blanco. La menor presión de tordos durante el segundo año del ensayo (moderada en algunos lotes y baja en otros) podría explicar las diferencias en los resultados entre los dos años (Besser y Guarino, 1976). Otro estudio que también evaluó la eficacia de 4-AP en proteger cultivos de girasol, a pesar de obtener diferencia significativa de pérdida de granos entre lotes tratados y no tratados (2.332 kg versus 4.902 kg de granos perdidos, respectivamente), el análisis del beneficio:costo de la técnica no resultó favorable (Besser *et al.*, 1984). También las pruebas con 4-AP realizadas para proteger cultivos de maíz del daño por tordos han mostrado diferencias en las evaluaciones beneficio:costo. Por ejemplo, un estudio mostró diferencias significativas en el daño de los lotes tratados y controles (0,8% vs. 3,4%, respectivamente), con una proporción beneficio:costo favorable (\$ 0,72/ha) y 14 aves no-blanco afectadas (Stickley *et al.*, 1976). Otro estudio que evaluó la eficacia de la 4-AP al 1% p/p en cebos de maíz en dos años consecutivos, aunque obtuvieron una reducción del daño en el cultivo en ambos años, sólo para 6 de los 16 productores de maíz el análisis beneficio:costo resultó favorable en el segundo año del ensayo. Respecto al riesgo toxicológico, este último estudio indicó una mortalidad mínima de especies no-blanco (Somers *et al.*, 1981).

Al igual que para otros cebos avicidas, es importante ajustar la dosis del tóxico. Woronecki *et al.* (1979) demostraron que los tratamientos usando 4-AP al 3% p/p en campos de maíz son tres veces más efectivos en reducir el daño que los tratamientos con 4-AP al 1% p/p. Asimismo, también es importante conocer las preferencias alimenticias de las aves a las que se quiere eliminar. Así lo muestra un trabajo realizado en campos de girasol, en el que probaron dos tipos de cebos para eliminar tordos (semillas de girasol y una combinación de semillas de girasol y maíz). Aunque con ambos tipos de cebos encontraron diferencias significativas en la reducción del daño entre los lotes tratados y no tratados, la combinación de granos afectó a más tordos (Knittle *et al.*, 1988). Otro factor importante a tener en cuenta para que los cebos sean efectivos es su ubicación respecto a los sitios de perchado de las aves. Este último trabajo demostró que los cebos fueron sólo efectivos en los lotes cercanos a los sitios de perchado de los tordos, y muy inefectivos en los campos situados a más de 3 km de los sitios de perchado.

En suma, las pruebas con 4-AP generalmente producen suficiente mortandad de aves perjudiciales como para reducir significativamente el consumo del cultivo que se quiere proteger. Sin embargo, tanto los resultados de las evaluaciones beneficio:costo como el número de las especies no-blanco afectadas parecen variar en cada caso particular. Por otra parte, pocos estudios han comparado la eficacia de la aplicación de cebos con 4-AP para controlar el daño por aves respecto a otras herramientas de control. Entre los trabajos revisados, sólo Conover (1984) comparó la eficacia en reducir el daño por aves en maíz de la 4-AP (Avitrol FC-99) con otras técnicas (explosiones de propano como estímulo auditivo y globos de helio semejantes a ojos de rapaces como estímulo visual), posicionando al avicida como la técnica menos exitosa y más cara.

Alcaloides

Estricnina y sulfato de estricnina

La estricnina (estricnidin-10-ona; CAS N° 57-24-9; figura 34) y el sulfato de estricnina (CAS N° 60-41-3) son alcaloides con potentes propiedades convulsionantes, presentes en vegetales del género *Strychnos*. Se absorben rápidamente a través del tracto gastrointestinal. Las convulsiones comienzan dentro de los 5 a los 30 minutos posteriores a la ingestión y la causa usual de muerte es falla respiratoria. La estricnina es extremadamente tóxica para la mayoría de las aves, con valores de DL50 oral aguda entre 1 a 20 mg/kg. Aunque es rápidamente detoxificada y excretada, gran cantidad del químico no absorbido puede permanecer en el tracto gastrointestinal de las aves envenenadas debido a su rápida acción letal. Por sus características, entonces, este químico presenta riesgos primario y secundario altos (Schafer, 1984).

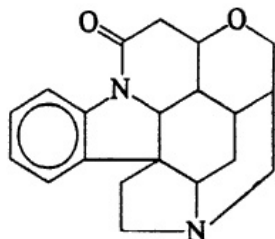


Figura 34. Estructura química de la estricnina.

En el pasado, la estricnina estuvo registrada en EE.UU. para el control de roedores, aves y mamíferos. A partir de 1988, su uso sobre el suelo fue cancelado y actualmente sólo permanece su registro para uso debajo del suelo, para controlar topes. Por esta razón, no hay trabajos actuales de pruebas de eficacia de este químico con aves. Trabajos de la década de los años 60 proponían a la estricnina para controlar palomas domésticas en áreas industriales (Watkins, 1968) y tordos en cultivos de granos (Snyder, 1961). Luego, Schafer y Eschen (1986) determinaron la dosis adecuada (0,4% p/p de estricnina en los cebos de maíz) para controlar palomas a partir de ensayos de laboratorio. También la estricnina se utilizaba en EE.UU. para controlar calandria cornuda y diferentes especies de gorriones, entre otras especies (Clark, 1976). Cabe destacar que en la Argentina el sulfato de estricnina está prohibido desde el año 1990 (SENASA, Decreto 2121/90).

Surfactantes

El concepto de usar surfactantes como agentes de control letal para aves fue ideado por el biólogo Dan Campbell del Centro de Investigación de Vida Silvestre Patuxent (Maryland) en 1958. Luego de observar a tordos bañándose durante temperaturas bajas y humedad alta, Campbell pensó que si esa agua hubiese logrado traspasar la barrera aislante del plumaje, las aves hubieran muerto por hipotermia (Lefebvre y Seubert, 1970). Los primeros ensayos en laboratorio (Lefebvre, 1961; Peterson, 1962 a y b; Bollengier, 1963) indicaron que la idea era prometedora. Entonces, comenzaron las pruebas a campo (Lefebvre y Seubert, 1970; Bollengier, 1964; Garner, 1966; Gustad, 1969; Smith, 1967; Wetzels, 1967; Winters, 1968) con resultados variables según los factores tenidos en cuenta y los ajustes operativos realizados. En 1965 se comienza a evaluar la aplicación aérea de surfactantes sobre sitios de perchado, para lo cual los químicos candidatos debían presentar: 1- surfactancia máxima en concentraciones mínimas, 2- biodegradación rápida en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, 3- baja toxicidad para invertebrados, peces y mamíferos, y 4- baja fitotoxicidad. En base a estudios de laboratorio, los surfactantes que presentaron bajo riesgo en las condiciones ambientales de aplicación apropiadas fueron PA-14 (un alcohol etoxilado), oleato de potasio o sodio (jabones) y monolaurato de sucrosa (un éster de sucrosa; Lefebvre y Seubert, 1970).

PA-14

PA-14 (α -alquil(C11-C15)- ω -hidroxi polioxietileno; CAS N° 15-8-9) es un surfactante no iónico que fue registrado en EE.UU. en 1974 para asperjar sobre grandes sitios de perchado de tordos (Ramey et al., 1992). Este químico induce la muerte de las aves entre las 5 y las 10 horas posteriores a la aplicación. Su acción, al igual que otros surfactantes, consiste en disminuir la tensión superficial del agua, de tal modo que ésta traspase la barrera de las plumas y moje el cuerpo de las aves, bajándoles la temperatura corporal. Se ha aplicado en forma terrestre o aérea sobre los sitios de perchado de las aves a controlar, en condiciones de temperatura y humedad apropiadas. El PA-14 es irritante reversible de las membranas mucosas y tiene baja toxicidad para aves y mamíferos (DL50 = 2-3 g/kg). El riesgo primario del PA-14 puede ser considerable si especies no-blanco comparten los sitios de perchado con la especie que se quiere controlar. El riesgo secundario de este compuesto es despreciable, según Schafer (1984). Sin embargo, se deben tomar las precauciones correspondientes en sus aplicaciones ya que las LC50¹⁴ de 96 h obtenidas para crustáceos, insectos acuáticos, caracoles, almejas y renacuajos son menores a los 10 mg/l (Marking y Chandier, 1981). Su registro en EE.UU. fue retirado en 1992 debido al costo de la obtención de datos adicionales requeridos por la USEPA.

Laurilsulfato de sodio (SLS)

Luego de que el Servicio de Inspección de Salud Vegetal y Animal de EE.UU. (APHIS) retirara el registro del PA-14, en 2004 se renovó el interés por desarrollar un agente de mojado para manejar poblaciones de tordos y estorninos. El compuesto seleccionado fue el laurilsulfato de sodio o SLS (sodium lauryl sulfate; CAS N° 151-21-3), un surfactante comúnmente usado en productos jabonosos y listado por la USEPA en la sección 25(b) del Acta de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas Federal (FIFRA) como pesticida de riesgo mínimo, exceptuado de los requerimientos de registración de la USEPA.

Las pruebas con SLS han mostrado resultados alentadores. Byrd *et al.* (2009) determinaron la eficacia del SLS como un agente de mojado en condiciones de jaulas al aire libre, flight pens (semicampo) y campo a pequeña escala. También evaluaron la efectividad del equipo diseñado para aplicar SLS en los sitios de perchado. En las jaulas al aire libre, un asperjado de 1 ml de SLS sobre las plumas delanteras y traseras de tordos ala-roja machos a temperatura ambiente de 2 °C resultó en 90% de mortalidad en menos de 60 minutos. En "flight pens", con temperaturas entre -12 y -5 °C, asperjaron 20 l de SLS/3400 l de agua con un sistema de asperjado terrestre en 35 sitios de perchado de tordos ala-roja machos. Obtuvieron 53% de mortalidad en los sitios tratados y 0% de mortalidad en los sitios control, en los que asperjaron sólo agua. En los ensayos a campo a pequeña escala, trataron seis sitios con un sistema de aplicación terrestre con una sola boquilla de asperjado y dos sitios con un sistema con cuatro boquillas de asperjado, obteniendo una mortalidad de 0 a 4.750 y 4.500 a 15.000 tordos y estorninos, respectivamente. Las operaciones de asperjado duraron de 28 minutos a 3,5 horas, aproximadamente. En todos los sitios, la mortalidad ocurrió a los 30 minutos de la aplicación. Los autores concluyen que el SLS es una alternativa segura y efectiva para reducir las poblaciones sobreabundantes de tordos y estorninos en áreas donde las temperaturas nocturnas son lo suficientemente bajas como para producir la hipotermia en las aves.

Insecticidas de alta peligrosidad

Varios insecticidas organoclorados (OC), organofosforados (OP) y carbamatos tienen propiedades avicidas potenciales o probadas. Debido a su peligrosidad, la mayoría de ellos están prohibidos o con usos restringidos en la Argentina y en la mayor parte del mundo. Otros, particularmente organofosforados que han sido probados como avicidas en otros países, ni siquiera cuentan con su registro en nuestro país.

14 Concentración letal 50: concentración de la sustancia en un medio que mata al 50% de los individuos expuestos a ella por un tiempo determinado

Entre los OC, el endrin (1,2,3,4,10,10-hexacloro-6,7-epoxi-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-exo-1,4-exo-5,8-dimetanonaftaleno; CAS N° 72-20-8; figura 35 A) estuvo antiguamente registrado en EE.UU. como avicida para controlar estorninos, gorriones y palomas en estructuras, con un uso restrictivo y limitado a personal calificado. Este químico es un neurotóxico que produce síntomas similares a los de la estricnina. Dado que se acumula en la grasa corporal, puede liberarse en cantidades letales durante períodos de estrés. Es un compuesto amplia y altamente tóxico para todas las especies de aves y mamíferos, tanto por vía oral como dérmica (Schafer, 1984). Debido a su escasísima degradabilidad y su alta toxicidad, tanto aguda como crónica, para todos los vertebrados, el endrin está prohibido en la mayor parte del mundo, incluyendo la Argentina (SENASA, Decreto 2121/90).

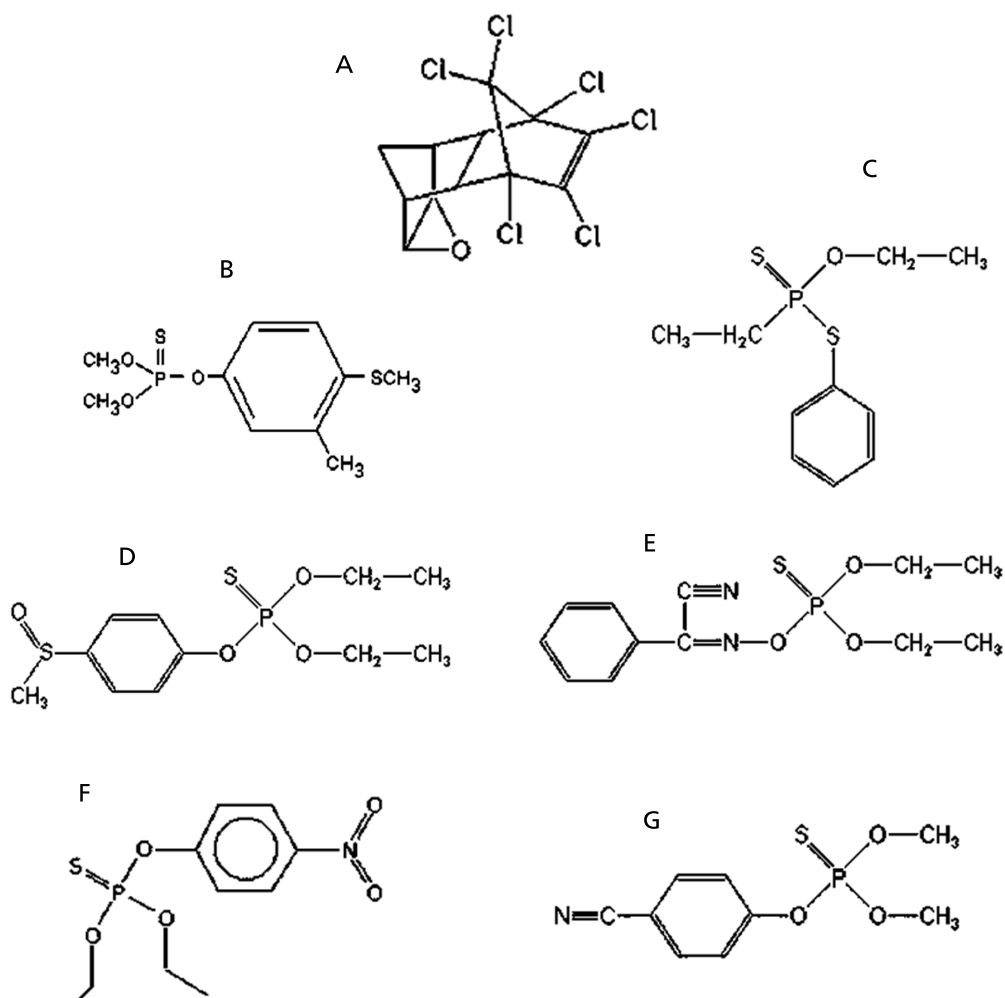


Figura 35. Estructura química del endrin (A), fentiión (B), fonofós (C), fensulfotión (D), foxim (E), paratión (F), cianofós (G).

Otro insecticida que estuvo antiguamente registrado en EE.UU. como avicida es el fentiión (O,O-dimetil O-4-metiltoil-m-tolil fosforotioato; CAS N° 55-38-9; figura 35 B), un organofosforado (OP) que era utilizado para controlar aves en sitios de perchado mediante aplicación aérea y por personal autorizado. Como la mayoría de los OP, se trata de un inhibidor irreversible de la acetilcolinesterasa. Durante su metabolización se produce bioactivación, es decir, uno o más de los metabolitos del fentiión son más tóxicos que el compuesto patrón. Presenta riesgo primario y secundario considerables (Schafer, 1984). En África, el fentiión se ha utilizado desde hace décadas para controlar poblaciones de queleas mediante aplicaciones aéreas en los sitios de nidificación (Jackson y Park, 1973; Pope y Ward, 1972), con impactos ambientales considerables (Bruggers *et al.*, 1989; Thomsett, 1987; Keith *et al.*, 1991 y 1994).

También el insecticida OP fonofós ((RS)-O-etil S-fenil etilfosfonoditioato; CAS N° 944-22-9; figura 35 C) ha sido utilizado como avicida, particularmente en Reino Unido, pero no cuenta con publicaciones disponibles que evalúen su eficacia avicida. En cambio, otros OP como el fensulfotión (O,O-dietil O-4-metilsulfonilfenil fosforotioato; CAS N° 115-90-2; figura 35 D), foxim (O,O-dietil -cianobencilidenoaminoxifosforotioato; CAS N° 14816-18-3; figura 35 E), fentiión, paratiión (O,O-dietil O-4-nitrofenil fosforotioato; CAS N° 56-38-2; figura 35 F) y cianofós (O-4-cianofenil O,O-dimetil fosforotioato; CAS N° 2636-26-2; figura 31 G) se han evaluado comparativamente para determinar su eficacia avicida para queleas en condiciones de cautiverio. En este estudio, de los cinco OP, el fensulfotión fue el compuesto más efectivo, con una concentración óptima estimada en 0,8% (Shumake y Savarie, 1996).

Aunque no se hayan realizado estudios de eficacia avicida, se sabe que muchos otros plaguicidas, tanto corrientemente en uso como prohibidos, pueden ser letales para las aves. Algunos de ellos lo son aún usados según las indicaciones del marbete, otros producen mortalidades de aves como consecuencia de un uso no permitido. Aldicarb, carbofurán, diazinon, malatiión, monocrotofós, paratiión, clorpirifós, metomil, terbufós y fonofós son algunos de los plaguicidas que han estado implicados en muertes de aves silvestres (Mineau *et al.*, 1999, 2005; Elliot *et al.*, 2007), varios de ellos prohibidos o con un uso restringido en nuestro país.

CONSIDERACIONES FINALES

Los compuestos químicos no deben ser los primeros ni únicos medios a considerarse para controlar el daño por aves. Al contrario, el uso de químicos debe incorporarse dentro de un manejo integrado del problema. Dicho manejo debería incluir un diagnóstico de cada situación problemática particular. Información sobre los lugares de perchado, anidación, alimentación, abundancia local y ámbito de desplazamiento de las aves que causan los problemas sería muy conveniente, para luego considerar ejecutar diferentes estrategias a fin de disminuir los daños, entre ellas el uso de compuestos químicos si es necesario (Dyer y Ward, 1977; Zaccagnini y Canavelli, 1998).

En la Argentina, organismos oficiales como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y las reparticiones gubernamentales provinciales relacionadas a la agricultura reciben, por parte de los productores agropecuarios, una fuerte demanda de tecnología que ayude a disminuir los daños que las aves provocan en la producción agropecuaria. En estas circunstancias, varias empresas están interesadas en desarrollar formulaciones repelentes, dado que los repelentes químicos aparecen como parte de la tecnología demanda. Además, su uso parece ser una medida cada vez más considerada por los productores agropecuarios, en parte posiblemente debido a la ilegalidad del control químico letal y a la indisponibilidad de otras técnicas químicas como los contraceptivos.

Entre los biorrepelentes, varios compuestos aparecen como prometedores. Posiblemente, los compuestos biorrepelentes que funcionan tanto para aves como para mamíferos y que combinan efectos aversivos inmediatos y mediatos sean más prometedores. En cuanto a los plaguicidas con propiedades repelentes para aves, se cuenta con algunos compuestos actualmente registrados de los cuales se requerirían más pruebas para extender su uso. Los potenciales impactos negativos en el ambiente, en especies no blanco y en la salud humana deberían considerarse a la hora de realizar el desarrollo y el análisis beneficio:costo de este tipo de compuestos. Cabe destacar que tanto para el caso de los biorrepelentes como para los plaguicidas con propiedades repelentes, aún son necesarios varios ajustes en su uso para asegurar el efecto esperado en las especies a las que se les quiere modificar la conducta. Dichos ajustes implicarían más pruebas con las especies locales, mejoras en la forma de aplicación de los compuestos para que éstos lleguen en cantidad suficiente al blanco teniendo en cuenta el modo de uso (tratamiento de semillas o asperjado), y el logro de formulaciones no fitotóxicas convenientes para circunstancia (sólido soluble, emulsión concentrada, etc.; solventes adecuados y aditivos protectores y/o potenciadores) que aseguren la eficacia y persistencia del compuesto en el cultivo. Finalmente, la disponibilidad y el costo son factores importantes a considerar al momento de invertir en el desarrollo de un compuesto, así como también una clara y robusta relación dosis-respuesta del compuesto de interés.

Otra de las alternativas químicas analizadas aquí, no disponibles actualmente en nuestro país, son los contraceptivos, los cuales han sido poco explorados, probablemente debido a la dificultad de implementarlos en el campo en forma eficaz y segura. Por esto, la mayoría de los trabajos revisados se focalizan en problemas con aves en sitios urbanos y suburbanos, y pocos consideran implementar el control poblacional mediante contracepción en aves que causan daños en cultivos. Es importante tener en cuenta que se trata de una herramienta cuyos efectos (en el caso de lograrse) no se observan inmediatamente y que están dirigidos a la población como un todo. Su desarrollo debería contemplar cuidadosamente los riesgos para otras especies y para la salud humana, dado que se trata de compuestos con efectos a mediano o largo plazo.

La última alternativa química analizada aquí fue el control químico letal. Como se puede ver en esta revisión, la lista de químicos con efecto agudo letal para aves es amplia. Entre ellos, pocos son selectivos para las aves. La forma en que se aplican es crucial para lograr reducir la especie perjudicial sin afectar notoriamente otras especies. Además, es importante tener en cuenta que la cantidad de aves eliminadas mediante un avicida no se traduce necesariamente en una mayor protección de los cultivos (Knittle *et al.*, 1988). Al parecer, la mortalidad por un avicida no se sumaría a la natural sino que favorecería a los individuos sobrevivientes, aumentando su disponibilidad alimenticia y su reproducción (Bucher, 1998). Además, aunque en algunas ocasiones los avicidas producen reducción de los daños ocasionados por las aves en los cultivos a una escala local, el análisis del beneficio:costo resulta a menudo económicamente desfavorable, especialmente cuando se lo considera una herramienta para disminuir poblaciones. Tanto por razones económicas, como por razones éticas y potenciales impactos negativos en la salud humana y en el ambiente, esta herramienta ha tendido a perder protagonismo en el manejo del daño por aves a lo largo de los años en los países en que su uso está permitido. En la Argentina, hasta el momento no se cuenta con avicidas registrados o en proceso de registro. Por lo tanto, la aplicación de productos químicos de alta toxicidad, ya sea mediante cebos tóxicos o pulverización, constituye un uso no registrado de dichos productos, careciendo por ello del respaldo de las compañías que registran y comercializan los mismos, y de una tecnología probada y ajustada a nuestras especies y ambientes, a fin de disminuir los probables efectos indeseados (incluyendo mortalidad de especies secundarias, como otras aves y/o mamíferos).

En conclusión, la complejidad del conflicto entre la producción de cultivos y algunas especies de aves requiere un abordaje integrado, con estrategias técnicamente ajustadas y socialmente aceptables que contribuyan a disminuir los conflictos entre los humanos y la vida silvestre. Con este propósito, es necesario combinar varias alternativas. Entre estas alternativas parece fundamental incluir las prácticas que limiten la cantidad y el tiempo en que el alimento está disponible para las aves, así como las prácticas que impliquen una menor preferencia por ese alimento, teniendo en cuenta que el objetivo del manejo de daño por aves no es eliminar las pérdidas sino reducirlas a un nivel aceptable.

Agradecimientos

Esta publicación ha sido financiada por la Agencia de Ciencia, Tecnología e Innovación de Entre Ríos (ACTIER), en el marco del Proyecto INTA-ACTIER "Evaluación de la potencialidad de sustancias químicas como repelente para aves perjudiciales de los cultivos agrícolas".

BIBLIOGRAFÍA

- ACREE T.E., LAVIN E.H., NISHIDA R., and S. WATANABE 1990. The serendipitous discovery of ortho-amino acetophenone as the "foxy" smelling component of *Labruscana* grapes. *Chem. Eng. News* 9:80.
- ADDY ORDUNA L., CANAVELLI S., BENZAQUIN M. y M.E. ZACCAGNINI 2010a. Repelencia de antranilato de metilo en granos de girasol para paloma mediana (*Zenaida auriculata*). Actualización Técnica Agricultura Sustentable. INTA EEA Paraná. Serie Extensión N° 58:66-70.
- ADDY ORDUNA L., CANAVELLI S., BENZAQUIN M. y M.E. ZACCAGNINI 2010b. Repelencia de antranilato de metilo formulado y terpenos cítricos en semillas de girasol para palomas medianas (*Zenaida auriculata*): resultados preliminares. V Congreso Argentino de Girasol. Buenos Aires, Argentina. p. 357.
- ANDREWS K.J. and D.F. MOTT 1990. An evaluation of perimeter netting to reduce wading bird predation at cat-fish raising facilities. Denver Wildlife Research Center Bird Section Research Report No. 456. p. 12.
- APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service), web en línea. United States Department of Agriculture. www.aphis.usda.gov/wildlife_damage/nwrc/registration/control_products.shtml.
- APHIS –USDA (Animal and Plant Health Inspection Service, United State Department of Agriculture) 2001. DRC 1339 (Starlicide). Tech Note. Wildlife Service, USA.
- APOSTOLOU A. and S.A. PEOPLES 1971. Toxicity of the avicide 2-chloro-4-acetotoluidide in rats: a comparison with its nonacetylated form 3-cholo-p-toluidine. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 18(3):517-521.
- ASKHAM L.R. 1992. Efficacy of methyl anthranillate as a bird repellent on cherries, blueberries y grapes. *Proc. Vert. Pest Conf.* 15:137-141.
- ASKHAM L.R. 2001. Efficacy of aerial and hydrostatic sprayer application of methyl anthranilate in reducing blackbird damage to sweet corn, sunflowers, cherries and table grapes. Annual Meeting WCC-95, Reno, NV, USA.
- ASKHAM L.R. and J.K. FELLMAN 1989. The use of DMA to reduce robin depredation on cherries. *Proc. Great Plains Wildl. Control Workshop* 9:116-119.
- AUBIN T. 1991. Why do distress calls evoke interspecific responses? An experimental study applied to some species of birds. *Behav. Process.* 23:103-111.
- AUGER J., ARNAULT I., DIWO-ALLAIN S., RAVIER M., MOLIA F., and M. PETTITI 2004. Insecticidal and fungicidal potential of Alliumsubstances as biofumigants. *Agroindustria* 3:5-8.
- AVERY M.L. 1984. Relative importance of taste and vision in reducing bird damage to crops with methiocarb, a chemical repellent. *Agric. Ecosys. Environ.* 11(4):299-308.
- AVERY M.L. 1989. Experimental evaluation of partial repellent treatment for reducing bird damage to crops. *J. Appl. Ecol.* 26:433-439.
- AVERY M.L. 1992. Evaluation of methyl anthranilate as a bird repellent in fruit crops. *Vert. Pest Conf. Proc.* 15:130-133.
- AVERY M.L. 1997. Repellents: integrating sensory modalities. *In* Mason J.R. Repellents in wildlife management. Colorado State University. Colorado, USA. p. 11-17
- AVERY M.L. 2003. Avian repellents. *In* Plimmer J.R., Gammon D.W. and Ragsdale N.N. Encyclopedia of Agrochemicals. Volume 1. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, USA. p. 1-8.
- AVERY M.L. and D.G. DECKER 1991. Repellency of fungicidal rice seed treatments to red-winged blackbirds. *J. Wildl. Manage.* 55:327-334.
- AVERY M.L. and D.G. DECKER 1992. Repellency of cinnamic acid esters to captive red-winged blackbirds. *J. Wild. Manage.* 56(4):800-805.
- AVERY M.L. and D.G. DECKER 1994. Field tests of a cooper-based fungicide as a bird repellent rice seed treatment. *Proc. Vert. Pest Conf.* 16:250-254.

- AVERY M.L. and J.L. CUMMINGS 2003. Chemical repellents for reducing crop damage by blackbirds. In Linz G.M. Proceedings of the management of North American blackbirds symposium. Wildl. Soc. Ann. Conf. 9:41-48.
- AVERY M.L. and J.R. MASON 1997. Feeding responses of red-winged blackbirds to multisensory repellents. Crop Prot. 16(2):159-164.
- AVERY M.L. and R.E. MATTENSON 1995. Effectiveness of dimethyl anthranilate and eyespots for reducing feed consumption by starlings. Proc. East. Wildl. Damage Control Conf. 6:128-133.
- AVERY M.L., CUMMINGS J.L., DECKER D.G., JOHNSON J.W., WISE J.C., and J.I. HOWARD 1993a. Field and aviary evaluation of low level application rates of methiocarb for reducing bird damage to blueberries. Crop Prot. 12:95-100.
- AVERY M.L., DECKER D.G., and D.L. FISCHER 1994. Cage and flight pen evaluation of avian repellency and hazard associated with imidacloprid-treated rice seed. Crop Prot. 13(7):535-540.
- AVERY M.L., DECKER D.G., and J.S. HUMPHREY 1998b. Development of seed treatments to control blackbirds. Proc. Vert. Pest Conf. 18:354-358.
- AVERY M.L., DECKER D.G., FISCHER D.L. and T.R. STAFFORD 1993b. Responses of captive blackbirds to a new insecticidal seed treatment. J. Wildl. Manage. 57(3):652-656.
- AVERY M.L., DECKER D.G., HUMPHREY J.S. and C.C. LAUKERT 1996b. Mint plant derivatives as blackbird feeding deterrents. Crop Prot. 15(5):461-464.
- AVERY M.L., DECKER D.G., HUMPHREY J.S., ARONOV E., LINScombe S.D., and M.O. WAY 1995a. Methyl anthranilate as a rice seed treatment to deter bird. J. Wildl. Manage. 59(1):50-56.
- AVERY M.L., FISCHER D.L., and T.M. PRIMUS 1997c. Assessing the hazard to granivorous birds feeding on chemically treated seeds. Pest. Sci. 49:362-366.
- AVERY M.L., HUMPHREY J.S. and D.G. DECKER 1997a. Repellency of methyl anthranilate to captive great egrets (poster abstract). Proc. East. Wildl. Damage Manage. Conf. 8:203.
- AVERY M.L., HUMPHREY J.S. and D.G. DECKER 1997b. Feeding deterrence of anthraquinone, anthracene and anthrone to rice-eating birds. J Wildl. Manage. 61(4):1359-1365.
- AVERY M.L., HUMPHREY J.S. and E.A. TILLMAN 2002. Responses of blackbirds to aerial application of Flight Control bird repellent to ratoon rice in Cameron Parish, Louisiana. In Hill J.E. and Hardy B. Second temperate rice conference. Proceedings of the Second Temperate Rice Conference, 13-17 June 1999, Sacramento, California, USA.
- AVERY M.L., HUMPHREY J.S., PRIMUS T.M., DECKER D.G. and A.P. MCGRANE 1998a. Anthraquinone protects rice seed from birds. Crop Prot. 17(3):225-230.
- AVERY M.L., KEACHER K.L. and E.A. TILLMAN 2006. Development of Nicarbazin bait for managing rock pigeon populations. In Timm R.M. and JM O'Brien. Proc. Vert. Pest Conf. 22:116-120.
- AVERY M.L., KEACHER K.L. and E.A. TILLMAN 2008. Nicarbazin bait reduces reproduction by pigeons (*Columba livia*). Wildl. Res. 35:80-85.
- AVERY M.L., NELMS C.O. and J.R. MASON 1989. Preliminary evaluation of a granular trimethacarb formulation for deterring grazing by American coots. Proc. East. Wildl. Damage Control Conf. 4:53-60.
- AVERY M.L., NOL P. and J.S. HUMPHREY 1994. Responses of three species of captive fruit-eating birds to Phosmet-treated food. Pest.Sci. 41:49-53.
- AVERY M.L., PAVELKA M.A., BERGMAN D.L., DECKER D.G., KNITTLE C.E. and G.M. LINZ 1995b. Aversive conditioning to reduce raven predation on California Least tern eggs. Colonial Waterbirds 18(2):131-138.
- AVERY M.L., PRIMUS T., DEFRANCESCO J., CUMMINGS J.L., DECKER D.G., HUMPHREY J.S., DAVIS J.E. and R. DEACON 1996a. Field evaluation of methyl anthranilate for deterring birds eating blueberries. J. Wildl. Manage. 60(4):929-934.

- AVERY M.L., TILLMAN E.A. and C.C. LAUKERT 2001. Evaluation of chemical repellents for reducing crop damage by Dickcissels in Venezuela. *Int. J. Pest Manage.* 47:311-314.
- AVERY M.L., TILLMAN E.A., HUMPHREY J.S., CUMMINGS J.L., YORK D.L. and J.E. DAVIS Jr. 2000a. Evaluation of overspraying as an alternative to seed treatment for application of Flight Control bird repellent to newly planted rice. *Crop Prot.* 19:225-230.
- AVERY M.L., WERNER S.J., CUMMINGS J.L., HUMPHREY J.S., MILLESON M.P., CARLSON J.C., PRIMUS T.M. and M.J. GOODALL 2005. Caffeine for reducing bird damage to newly seeded rice. *Crop Prot.* 24:651-657.
- AVERY M.L., WHISSON D.A. and D.B. MARCUM 2000b. Responses of blackbirds to mature wild rice treated with Flight Control bird repellent. *Proc. Vert. Pest Conf.* 19:26-30.
- AVERY M.L., YODER C.L. and E.A. TILLMAN 2007. DiazaCon inhibits reproduction in invasive monk parakeet populations. *J. Wildl. Manage.* 72(6):1449-1452.
- BAYER CROPSCIENCE, web en línea. <http://cropscience.bayer.com.uy/soluciones-bayer/p229-draza>.
- BEAUCHAMP G.K. 1995. Chemical signals and repellency: problems and prognosis. *In* Mason, J.R. Repellents in wildlife management proceedings of a symposium. National Wildlife Reserch Center. Fort Collins, Colorado, USA. p.1-10.
- BELANT J.L., SEAMAN T.W., TYSON L.A. and S.K. ICKES 1996. Repellency of methyl anthranilate to pre-exposed and naive Canada Geese. *J. Wildl. Manage.* 60(4):923-928.
- BELANT J.R., GABREY S.W., DOLBEER R.A. and T.W. SEAMANS 1995. Methyl anthranilate formulations repel gulls and mallards from water. *Crop Prot.* 14:171-175.
- BESSER J.F., BRADY D.J., BURST T.L. and T.P. FUNDERBERG 1984. 4-Aminopyridine baits on baiting lanes protect sunflower fields from blackbirds. *Agric. Ecosys. Environ.* 11(4):281-290.
- BESSER J.F. and J.L. GUARINO 1976. Protection of ripening sunflowers from blackbird damage by baiting with Avitrol FC Corn Chops-99S. *Proc. Bird Control Seminar* 7:200-203.
- BISHOP J., MCKAY H., PARROTT D. and J. ALLAN 2003. Review of international research literatura regarding the effectiveness of auditory bird scaring teniques and potencial alternatives. Informe de Laboratorio Central de Ciencia de la DEFRA, UK. p. 24- 25.
- BLANTON K.M., CONSTANTIN B.U. and G.L. WILLIAMS 1991. Efficacy and methodology of urban pigeon control with DRC-1339. *Proc. East. Wildl. Damage Control Conf.* 5:58-62.
- BOLLENGIER R.M. Jr. 1963. Effects of wetting agent on starlings. Unpublished memorandum report. Branch of Predator and Rodent Control. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Amherst, Massachusetts, USA. p. 4.
- BOLLENGIER R.M. Jr. 1964. Cage and field tests of wetting agents for starling control. Unpublished memorandum report. Branch of Predator and Rodent Control. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Amherst, Massachusetts, USA. p. 16.
- BOLLENGIER R.M., GUARINO J.L. and C.P. STONE 1973. Aerially applied methiocarb spray for protecting wild lowbush blueberries from birds. *Proc. Bird Control Semin* 6:216-220.
- BOMFORD M. and P.H. O`BRIEN 1990. Sonic deterrent in animal damage control: a review of device tests effectiveness. *Wild. Soc. Bull.* 18:411-422.
- BRUGGERS R.L. 1976. Protecting ripening sorghum with methiocarb from bird damage in Senegal. *Bowling Green Bird Control Seminar* 7:267-274.
- BRUGGERS R.L. 1979. Summary of methiocarb trials against pest birds in Senegal. Summary of methiocarb trials against pest birds in Senegal. *Proc. Bird Control Semin.* 8:172-184. Bowling Green, Ohio.
- BRUGGERS R.L., JAEGER M.M., KEITH J.O., HEGDAL P.L., BOURASSA J.B., LATIGO A.A. and J.N. GILLIS 1989. Impact of fenthion on nontarget birds during quelea control in Kenya. *Wildl. Soc. Bull.* 17:149-160.

- BRUGGERS R.L., SULTANA P., BROOKS J.E., FIEDLER L.A., RIMPEL M., MANIKOWISKI S., SHIVANARAYAN N., SANTHAIAH N. and I. OKUNO 1984. Preliminary investigations of the effectiveness of thime-thacarb as a bird repellent in developing countries. *Proc. Vert. Pest Conf.* 11:192-203.
- BUCHER E.H. 1998b. Criterios básicos para el Manejo Integrado de Aves Plaga. *In: Rodríguez E.N. y M.E. Zaccagnini. Manual de Capacitación sobre Manejo Integrado de Aves Perjudiciales a la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Proyecto "Control Integrado de Aves Plaga". Uruguay-Argentina. p. 73-83.*
- BUCHSBAUM R., VALEILA I. and T. SWAIN 1984. The role of phenolic compounds and other plant constituents in feeding by Canada geese in a coastal marsh. *Oecologia* 63:343-349.
- BULLARD R.W., BRUGGERS R.L., KILBURN S.R. and L.A. FIELDLER 1983. Sensory-cue enhancement of the bird repellency of methiocarb. *Crop Prot.* 2(4):387-398.
- BYNUM K.S., EISEMANN J.D., WEAVER G.C., YODER C.A., FAGERSTONE K.A. and L.A. MILLER 2007. Nicarbazin OvoControl G bait reduces hatchability of eggs laid by resident Canada geese in Oregon. *J. Wildl. Manage.* 71(1):137-143.
- BYRD R.W., CUMMINGS J.L., TUPPER S.K. and J.D. EISEMANN 2009. Evaluation of sodium lauryl sulfate as a blackbird wetting agent. *In Boulanger J.R. Proc. Wildl. Damage Manage. Conf.* 13:191-196.
- CALVI C., BESSER J., DEGRAZIO J.W. and D.F. MOTT 1976. Protecting Uruguayan crops from bird damage with methiocarb and 4-aminopyridine. *Bowling Green Bird Control Seminar No. 7:255-258.*
- CAMPBELL D.L. and R.W. BULLARD 1972. A preference-testing system for evaluating repellents for black-tailed deer. *Proc. Vert. Pest Conf.* 5:56-63.
- CANAVELLI S.B. 2009. Recomendaciones de manejo para disminuir los daños por palomas medianas en cultivos agrícolas. INTA, EEA Paraná. 7 p. <http://inta.gob.ar/documentos/recomendaciones-de-manejo-para-disminuir-los-danos-por-palomas-medianas-en-cultivos-agricolas>.
- CARDELLINA J.H. 1988. Natural products in the search for new agrochemicals. *In Cutler H. G. Chapter 20. Biologically active natural products: potential use in agriculture. American Chemical Society. Washington D.C., USA. p. 305-315.*
- CASAFE, 2009. Guía de productos fitosanitarios. Tomo 1: Generalidades/Insecticidas. 14ª edición. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Buenos Aires, Argentina. p. 675-685.
- CAUPELL J.N., SHWIFF S.A. and M.T. SLATER 2010. Using a cost-effectiveness model to determine the applicability of OvoControl G to manage nuisance Canada Geese. *J. Wildl. Manage.* 74(4):843-848.
- CHENG S.S., HUANG C.G., CHEN W.J., KUO Y.H. and S.T. CHANG 2008. Larvicidal activity of tectoquinone isolated from red heartwood-type *Cryptomeria japonica* against two mosquito species. *Biore-source Technology* 99:3617-3622.
- CLARK D.O. 1976. An overview of depredating bird damage control in California. *Proc. Bird Control Seminar* 7:21-27.
- CLARK L. 1996. Trigeminal repellents do not promote conditioned odor avoidance in European Starlings. *Wilson Bull.* 108(1):36-52.
- CLARK L. 1998a. Review of bird repellents. *Proc. Vert. Pest Conf.* 18: 330-337.
- CLARK L. 1998b. Physiological, ecological and evolutionary bases for the avoidance of chemical irritants by birds. *Current Ornithology* 14:1-37.
- CLARK L. and E.V. ARONOV 1999. Human food flavor additives as bird repellents: I. Conjugated aromatic compounds. *Pestic. Sci.* 55(9):903-908.
- CLARK L. and J.R. MASON 1995. Interaction between sensory and postingestional repellents in starlings: methyl anthranilate and sucrose. *Ecol. Appl.* 3(2):262-270.
- CLARK L. and P.S. SHAH 1993. Chemical bird repellents: posible use in cyanide ponds. *J. Wildl. Manage.* 57:657-664.

- CLARK L., BRYANT B. and L. MEZINE 2000. Bird aversive properties of methyl anthranilate, yucca, Xanthoxylum and their mixtures. *J. Chem Ecol.* 26(5):1219-1234.
- CLARK L., SHAH P.S. and J.R. MASON 1991. Chemical repellency in birds: relationship between chemical structure and avoidance response. *J Exp Zool* 260(3):310-322.
- COMINI L.R., NÚÑEZ-MONTOYA S.C., ARGÜELLO G.A. and J.L. CABRERA 2006. Determinación del coeficiente de partición (log P) para derivados antraquinónicos aislados de *Heterophyllaea pustulata* Hook. f. (Rubiáceas). *Acta Farm. Bonaerense* 25(2):252-255.
- CONOVER M.R. 1982. Behavioral techniques to reduce bird damage to blueberries: methiocarb and a hawk-kite predator model. *Wildl. Soc. Bull.* 10:211-216.
- CONOVER M.R. 1984. Comparative effectiveness of Avitrol, exploders, and hawk-kites in reducing blackbirds damage to corn. *J. Wildl. Manage.* 48:109-116.
- CONOVER M.R. 1985. Using conditioned food aversion to protect blueberries from birds: comparison of two carbamate repellents. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 13:383-386.
- COTTERIL J.V., NADIAN A.K. and D.P. COWAN 2004. Improving the persistence of a formulation of the avian repellent cinnamamide, for the protection of autumn-sown oilseed rape. *Pest Manage. Sci.* 60(10):1019-1024.
- CROCKER D.R. 1990. Pest secondary compounds. A basis for new avian repellents. *Proc. Vert. Pest Conf.* 14: 339-342. CROCKER D.R. and K. REID 1993. Repellency of cinnamic acid derivatives to rooks and chaffinches. *Wildl. Soc. Bull.* 21:456-460.
- CROCKER D.R. and S.M. PERRY 1990. Plant chemistry and bird repellents. *Ibis* 132:300-308.
- CUCKLER A.C., MALANGA C.M., BASSO A.J. and R.C. O'NEILL 1955. Antiparasitic activity of substituted carbanilide complexes. *Science* 122:244-245.
- CUMMINGS J.L., AVERY M.L., MATHRE O., WILSON E.A., YORK D.L., ENGEMAN R.M., POCHOP P.A. and J.E. DAVIS Jr. 2002b. Field evaluation of Flight Control to reduce blackbird damage to newly planted rice. *Wild. Soc. Bull.* 30(3):816-820.
- CUMMINGS J.L., AVERY M.L., POCHOP P.A., DAVIS J.E. JR., DECKER D.G., KRUPA H.W. and J.W. JOHNSON 1995b. Evaluation of a methyl anthranilate formulation for reducing bird damage to blueberries. *Crop Prot.* 14 (3):257-259.
- CUMMINGS J.L., CLARK L., POCHOP P.A. and J.E. DAVIS JR. 1998. Laboratory evaluation of a methyl anthranilate bead formulation on mallard feeding behavior. *J. Wildl. Manage.* 62:581-584.
- CUMMINGS J.L., GLAHN J.F., WILSON E.A. and J.E. DAVIS Jr. 2002. Potential hazards of DRC-1339 treated rice to non-target birds when used at roost staging areas in Louisiana to reduce local populations of depredating blackbirds. *International Biodeterioration & Biodegradation* 49:185-188.
- CUMMINGS J.L., KNITTLE C.E. and J.L. GUARINO 1986. Evaluating a pop-up scarecrow coupled with a propane exploder for reducing blackbird damage to ripening sunflower. *Proc. Vert. Pest Conf.* 12:286-291.
- CUMMINGS J.L., MASON J.R., OTIS D.L. and J.F. HEISTERBERG 1991. Evaluation of dimethyl and methyl anthranilate as a Canada goose repellent on grass. *Wildl. Soc. Bull.* 19:184-190.
- CUMMINGS J.L., MASON J.R., OTIS D.L., DAVIS JR. J.E. and T.J. OHASHI 1994a. Evaluation of methiocarb, ziram and methyl anthranilate as bird repellents applied to dendrobium orchids. *Wild. Soc. Bull.* 22:633-638.
- CUMMINGS J.L., OTIS D.L. and J.E. DAVIS 1992. Dimethyl and methyl anthranilate and methiocarb deter feeding in captive Canada geese and mallards. *J. Wildl. Manage.* 56:349-355.
- CUMMINGS J.L., POCHOP P.A., DAVIS Jr J.E. and H.W. KRUPA 1995a. Evaluation of Rejex-It AG-36 as a Canada goose grazing repellent. *J. Wildl. Manage.* 59:47-50.

- CUMMINGS J.L., POCHOP P.A., ENGEMAN R.M., DAVIS J.E. Jr. and T.M. PRIMUS 2002a. Evaluation of Flight Control to reduce blackbird damage to newly planted rice in Louisiana. *Intern. Biodeter. Biodegr.* 49:169-173.
- CUMMINGS J.L., POCHOP P.A., GARRISON M.V., FURCOLOW C.A. and J.E. DAVIS Jr. 1994b. Laboratory studies with compound DRC-1339 on feral pigeons. *Proc. Vert. Pest Conf.* 16:265-274.
- CUMMINGS J.L., SCHAFER E.W. Jr. and D.J. CUNNINGHAM 1990. An evaluation of DRC-2698 treated baits for reducing blackbird populations associated with sunflower damage. In Davis L.R. and R.E. Marsh. *Proc. Vert. Pest Conf.* 14:357-360.
- CUMMINGS J.L., YORK D.L., PRIMUS T.M., ENGEMAN R.M. and R.E. MAULDIN 2006. Effectiveness of Flight Control to reduce damage to lettuce seedlings from horned larks. *Proc. Vert. Pest Conf.* 22:225-227.
- CUMMINGS J.L., YORK D.L., SHIVELY K.J., PIPAS P.A., STAHL R.S. and J.E. DAVIS 2003. Dietary toxicity test for 2% DRC-1339-treated brown rice on nontarget avian species. In Linz G.M. *Management of North American blackbirds.* National Wildlife Research Center. Fort Collins, Colorado, USA. p. 79-84.
- CUSTER T.W., CUSTER C.M., DUMMER I.M., LINZ G.M., SILEO L., STAHL R.S. and J.J. JOHNSTON 2003. Nontarget bird exposure to DRC-1339 during fall in North Dakota and spring in South Dakota. *In* Linz G.M. *Management of North American blackbirds.* National Wildlife Research Center. Fort Collins, Colorado, USA. p. 64-70.
- DAY T.D., MATTHEWS L.R. and J.R. WAAS 2003. Repellents to deter New Zealand's North Island robin *Petroica australis longipes* from pest control baits. *Biol. Conserv.* 114:309-316.
- DE GRAZIO J.W. 1978. World bird damage problems. *Proceedings of 8th Vertebrate Pest Conference.* University of Nebraska, Lincoln, 8:9-24.
- DEL VILLAR-GONZÁLEZ D., VILLANUEVA-JIMÉNEZ J.A. y C. MARTÍNEZ-BECERRI 2006. Repelencia alimenticia de extractos de éter etílico de nim (*Azadirachta indica*) en arroz palay, para el control de tordo ojirrojo (*Molothrus aeneus*). *Agrociencia* 40:197-203.
- DHINDSA M.S., SANDHU P.S., SAINI H.K. and H.S. TOOR 1991. House crow damage to sprouting sunflower. *Trop. Pest Manage.* 37:179-181.
- DOLBEER R.A. 1990. Ornithology and integrated pest management: Red-winged Blackbirds *Agelaius phoeniceus* and corn. *Ibis* 132:309-322.
- DOLBEER R.A., AVERY M. and M.E. TOBIN 1994. Assessment of field hazards to birds from methiocarb applications to fruit crops. *Pestic. Sci.* 40:147-161.
- DOLBEER R.A., BELANT J.L. and L. CLARK 1993. Methyl anthranilate formulations to repel birds from water at airports and food at landfills. *Great Plains Wildl. Damage Control Workshop Proc.* 11:42-53.
- DOLBEER R.A., SEAMANS T.W., BLACKWELL B.F. and J.L. BELANT 1998. Anthraquinone formulation (Flight Control trademark) shows promise as avian feeding repellent. *J. Wildl. Manage.* 62(4):1558-1564.
- DOUVILLE DE FRANSSU P., GRAMET P., GROLLEAU G. and A. SUCH 1988. Aerial treatments against starling roosts in France with chloro-para-toluidine (CPT): Results of eight years of experiments. *Proc. Vert. Pest Conf.* 13:273-276.
- DUDDERAR G.R., and J.W. NELSON Jr. 1970. Experimental control techniques using avicide 3 chloro-Ptoluidine. *Proc. Bird Control Semin.* 5:124-127.
- DUNCAN R.R. 1980. Methiocarb as a bird repellent on ripening grain sorghum. *Can. J. Plant Sci.* 60:1129-1133.
- DYER M.I. and P. WARD 1977. Management of pest situations. *In* J. Pinowski and S. Kendeigh. *Granivorous birds in Ecosystems.* International Biological Programme. Cambridge University Press. United Kingdom. p. 267-300.
- ELMAHDI E.M., BULLARD R.W. and W.B. JACKSON 1985. Calcium carbonate enhancement of methiocarb repellency for quelea. *Trop. Pest Manage.* 31(1):67-72.

- ENGEMAN R.M., PETERLA J. and B. CONSTANTIN 2002. Methyl anthranilate aerosol for dispersing birds from the flight lines at Homestead Air Reserve Station. *International Biodeter. & Biodegr.* 49:175-178.
- EPPLÉ G., NIBLICK H., LEWIS S., NOLTE D.L., CAMPBELL D.L. and J.R. MASON 1996. Pine needle oil causes avoidance behaviors in pocket gopher *Geomys bursarius*. *J. Chem. Ecol.* 22(5):1013-1025.
- ERICKSON W.A., JAEGER M.M. and BRUGGERS R.L. 1980. The development of methiocarb for protecting sorghum from birds in Ethiopia. *Eth. J. of Agr. Sci.* 2(3):91-100.
- EXTOXNET (Extension Toxicology Network), web en línea. Información sobre perfiles de pesticidas (Pesticide Information Profiles). Imidacloprid. <http://extoxnet.orst.edu/pips/imidaclo.htm>.
- FAGERSTONE K.A., MILLER L.A., BYNUM K.S., EISEMANN J.D. and C. YODER 2006. When, where and for what wildlife species will contraception be a useful management approach? *Proc. Vert. Pest Conf.* 22:45-54.
- FAGERSTONE K.A., MILLER L.A., EISEMANN J.D., O'HARE J.R. and J.P. GIONFRIDDO 2008. Registration of wildlife contraceptives in the United States of America, with OvoControl and GonaCon immunocontraceptive vaccines as examples. *Wildlife Research* 35: 586-592.
- FAGERSTONE K.A., MILLER L.A., KILLIAN G. and C.A. YODER 2010. Review of issues concerning the use of reproductive inhibitors, with particular emphasis on resolving human-wildlife conflicts in North America. *Integr. Zool.* 1:15-30.
- FELSENSTEIN W.C., SMITH R.P. and R.E. GOSSELIN 1974. Toxicological studies on the avicide 3-chloro-4-methylaniline. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 28:110-125.
- FRINGER R.C. and P. GRANETT 1970. The effects of Ornitrol on wild populations of red-winged blackbirds and grackles. *Proc. Bird Control Seminar* 5: 163-176.
- GAOH A.T. 1999. Potential of selected natural products as repellents against vertebrate pests of crops. Thesis of Master of Science. McGill University. Montreal, Canada.
- GARNER K.M. 1966. Field test of the wetting agent technique for starling-blackbird roost control. Unpublished report. Division of Wildlife Services. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Nashville, Tennessee, USA. p. 4.
- GILL E.L., FEARE C.J., COWAN D.P., FOX S.M., BISHOP J.D., LANGTON S.D., WATKINS R.W. and J.E. GURNEY 1998b. Cinnamamide modifies foraging behaviors of free-living birds. *J. Wild. Manage.* 62(3):872-884.
- GILL E.L., SERRA M.B., CANAVELLI S.B., FEARE C.J., ZACCAGNINI M.E., NADIAN A.K., HEFFERNAN M.L. and R.W. WATKINS 1994. Cinnamamide prevents captive Chestnut capped Blackbirds (*Agelaius ruficapillus*) from eating rice. *International Journal of Pest Management* 40 (2):195-198.
- GILL E.L., WATKINS R.W., COWAN D.P., BISHOP J.D. and E. GURNEY 1998a. Cinnamamide, an avian repellent, reduces woodpigeon damage to oilseed rape. *Pestic. Sci.* 52(2):165-188.
- GILL E.L., WATKINS R.W., GURNEY J.E., BISHOP J.D., FEARE C.J., SCANLON, C.B. and D.P. Cowan 1997. Cinnamamide: a non-lethal chemical repellent for birds and mammals. *In* Mason J.R. *Repellents in Wildlife Management Symposium*. National Wildlife Research Center, Fort Collins, USA. p. 43-52.
- GILL E.L., WHITEROW A. and D.P. COWAN 2000. A comparative assessment of potential conditioned taste aversion agents for vertebrate management. *Applied Animal Behaviour Science* 67:229-240.
- GLAHN J.F. and M.L. AVERY 2001. Estimation of red-winged blackbird mortality from toxic bait application. *In* Johnston J.J. *Pesticides and wildlife*. American Chemical Society Symposium Series 771. American Chemical Society. Washington, USA. p. 109-118.
- GLAHN J.F., MASON J.R. and D.R. WOOD 1989. Dimethyl anthranilate as a bird repellent in livestock feed. *Wildl. Soc. Bull.* 17:313-320.
- GLENDENNING J.I. 1994. Is the bitter rejection response always adaptive? *Physiology & Behavior* 56(6): 1217-1227.

- GÓMEZ-CASTELLANOS J.R., PRIETO J.M. and M. HEINRICH 2009. Red Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*) – A global ethnopharmacological commodity? *J. Ethnopharm.* 121:1-13.
- GONCAGUL G. and E. AYAZ 2010. Antimicrobial effect of garlic (*Allium sativum*). *Recent Pat. Antiinfect Drug Discov.* 5(1):91-93.
- GREIG-SMITH P.W. and C.M. ROWNEY 1987. Effects of colour on the aversions of starlings and house sparrows to five chemical repellents. *Crop Prot.* 6(6):402-409.
- GREIG-SMITH P.W. and M.F. WILSON 1985. Influences of seed size, nutrient composition and phenolic content on the preferences of bullfinches feeding in ash trees. *Oikos* 44:47-54.
- GUARINO J.L. 1972. Methiocarb, a chemical repellent: a review of its effectiveness on crops. *Proc. Vert. Pest Conf.* 5:108-111.
- GUSTAD O.C. 1969. Bird control work-Tergitol 15-S-9. Unpublished memorandum report. Division of Wildlife Services. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Albuquerque, New Mexico. p. 2.
- HASLAM E. and T.H. LILLEY 1986. Interactions of natural phenols with macromolecules. *In* Cody V., Middleton E. & Hanborne J.B. *Plant Flavonoids in Biology and Medicine*. Alan Liss. New York, USA. p. 53-65.
- HEISTERBERG J.F., CUMMINGS J.L., LINZ G.M., KNITTLE C.E., SEAMANS T.W. and P.P. WORONECKI 1990. Field trial of a cpt-avicide aerial spray. *In* Davis L.R. and R.E. Marsh. *Proc. Vert. Pest Conf.* 14:350-356.
- HELLMAN E.W., YOCUM G.L. and R.J. ROBEL 1989. Preliminary evaluation of dimethyl anthranilate as a bird repellent on grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 40(2):140-142.
- HILE A.G. 2004. Avoidance of plant secondary compounds by European starlings: citronellyls. *Crop Prot.* 23(10):973-978.
- HILE A.G. and M.G. TORDOFF 2005. Influence of the number of repellent-treated and untreated food or water containers on intake by the European starling. *Appetite* 45:81-85.
- HILE A.G., SHAN Z., ZHANG S.Z. and E. BLOCK 2004. Aversion of European Starlings (*Sturnus vulgaris*) to garlic oil treated granules: garlic oil as an avian repellent. Garlic oil analysis by nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J. Agric. Food Chem* 52:2192-2196.
- HO S.H., KOH L., MA Y., HUANG Y. and K.Y. SIM 1996. The oil of garlic, *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae), as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Postharvest Biology and Technology* 9:41-48.
- HOLM B.A., JOHNSON R.J., JENSEN D.D. and W.W. STROUP 1988. Responses of deer mice to methiocarb and thiram seed treatments. *J. Wildl. Manage.* 52(3):497-502.
- HOMAN H.J., LINZ G.M., S. BECKERMAN S., DUFFINEY A. G. and T.D. HALSTEAD 2010. European starling preferences for bait substrates used in DRC-1339 applications. *Human-Wildlife Interactions* 4:25-31.
- HOMAN H.J., STAHL R.S., JOHNSTON J.J. and G.M. LINZ. 2005. Estimating DRC-1339 mortality using bioenergetics: a case study of European starlings. *Proc. Wildl. Damage Manage. Conf.* 11:202-208.
- HUGHES B.G. and L.D. LAWSON 1991. Antimicrobial effects of *Allium sativum* L. (garlic), *Allium ampeloprasum* L. (elephant garlic), and *Allium cepa* L. (onion), garlic compounds and commercial garlic supplement products. *Phytotherapy Research* 5:154-158.
- INGRAM C.R., MITCHELL R.T. and A.R. STICKLEY Jr. 1973. Hopper box treatment of corn seed with methiocarb for protecting sprouts from birds. *Proc. Bird Control Seminar, Bowling Green State Univ., Bowling Green, Ohio* 6:206-215.
- JACKSON J.J. and P.O. PARK 1973. The effects of fenthion on a nesting population of *Quelea* during experimental control by aerial spraying. *Proc. Bird Control Conf.* 6:53-73.
- JAKUBAS W.J., SHA P.S., MASON J.R. and D.M. NORMAN 1992. Avian repellency of coniferyl and cinnamyl derivatives. *Ecol. Appl.* 2(2):147-156.

- JOHNSTON J. J., BRITTON W.M., MACDONALD A., PRIMUS T.M., GOODALL M.J., YODER C.A., MILLER L.A. and K.A. FAGERSTONE 2001. Quantification of plasma and egg 4,4 -dinitrocarbanilide (DNC) residues for the efficient development of a nicarbazin- based contraceptive for pest waterfowl. *Pest Manage. Sci.* 58:197-202.
- JONES J.E., HUGHES B.L., SOLIS J., CASTALDO D.J. and J.E. TOLER 1990b. Effect of nicarbazin on brown-egg layer-breeders. *Appl. Agric. Res.* 5:149-152.
- JONES J.E., SOLIS J., HUGHES B.L., CASTALDO D.J. and J.E. TOLER 1990a. Production and egg quality responses of White Leghorn layers to anticoccidial agents. *Poult. Sci.* 69:378-387.
- JORDT S.E. and D. JULIUS 2002. Molecular Basis for Species-Specific Sensitivity to "Hot" Chili Peppers. *Cell* 108:421-430.
- KANDEL H., JOHNSON B., DEPLAZES C., LINZ G. and M. SANTER 2009. Sunflower treated with Avipel (anthraquinone) bird repellent. 31st National Sunflower Association Sunflower Research Forum <http://www.sunflowernsa.com>.
- KARE M.R. 1961. Bird repellent. United States Patent Office, patent 2,967,128.
- KEITH J.O., NGONDI J.G., BRUGGERS R.L., KIMBAL B.A. and C.C.H. ELLIOTT 1994. Environmental effects on wetlands of Queletox applied to ploceid roosts in Kenya. *Environ. Toxicol. Chem.* 13:333-341.
- KEITH J.O., NGONDI J.G., BRUGGERS R.L., KIMBALL B.A. and C.C. ELLIOTT 1991. Fenthion contamination and effects on wetland roosts treated for bird control in Kenya. FAO Crop Protection Project KEN/85/009. Final Report. Denver Wildlife Research Center. Denver, Colorado, USA.
- KENNEDY T.F. and J. CONNERY 2008. An investigation of seed treatments for the control of crow damage to newly-sown wheat. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 47:79-91.
- KLEIN H.G. 1957. Evaluation of some promising pen-tested repellents in field tests with treated corn. *New York Fed. Aid Project W-77-R*.
- KNITTLE C.E., CUMMINGS J.L., LINZ G.M. and J.F. BESSER 1988. An evaluation of modified 4-aminopyridine baits for protecting sunflower from blackbird damage. *Proc. Vert. Pest Conf.* 13:248-253.
- LACOMBE D. and J.M. BERGERON 1986. Effects of the chemosterilant Ornitrol on the nesting success of red-winged blackbirds. *Journal of Applied Ecology* 23:773-779.
- LAMBERT M.S., MASSEI G., YODER C.A. and D.P. COWAN 2010. An Evaluation of Diazacon as a Potential Contraceptive in Non-Native Rose-Ringed Parakeets. *J. Wildl. Manage.* 74(3):573-581.
- LEE H.K., LEE H.S. and Y.J. AHN 1999. Antignawing factor derived from *Cinnamomum cassia* bark against mice. *J. Chem. Ecol.* 25(5):1131-1140.
- LEFEBVRE P.W. 1961. Blackbirds in southeastern Virginia: nesting productivity, depredations, and damage control methods. M.S. Thesis. Virginia Polytechnic Institute. Blacksburg, Virginia. USA. p. 73.
- LEFEBVRE P.W. and J.L. SEUBERT. Surfactants as blackbird stressing agents. *Proc. Vert. Pest Conf.* 4:156-161.
- LEFEBVRE P.W., HOLLER N.R., MATTESON R.E., SCHAFFER E.W. and D.J. CUNNINGHAM 1979. Developmental status of N-(3-cloro-4-methylphenyl)acetamide as a candidate blackbird/starling roost toxicant. *Proc. Bird Control Semin.* 8:65-70.
- LINZ G.M. and D.L. BERGMAN 1996. DRC-1339 avicide fails to protect ripening sunflowers. *Crop Prot.* 15:307-310.
- LINZ G.M., HOMAN H.J., GAUKLER S.M., PENRY L.B. and W.J. BLEIER 2007b. European starlings: a review of an invasive species with far-reaching impacts. *In* Witmer G.W, Pitt W.C., and K.A. Fagerstone. *Managing invasive vertebrate species: proceedings of an international symposium.* National Wildlife Research Center. Fort Collins, Colorado, USA. p. 378-386.
- LINZ G.M., HOMAN H.J., HAGY H.M., RAETZMAN J.M., PENRY L.B. and W.J. BLEIER 2008. A grower's guide for planting wildlife conservation sunflower plots. 30th National Sunflower Association Sunflower Research Forum. Fargo, North Dakota, USA.

- LINZ G.M., HOMAN J., PENRY L.B., PRIMUS T.M. and M.J. GOODALL 2007a. Evaluation of caffeine and garlic oil as bird repellents. National Sunflower Association Sunflower Research Forum (www.sunflowernsa.com/research/research-workshop/documents/Linz_et_al_Caffeine_07.pdf). 31K.
- LINZ G.M., HOMAN J., SLOWIK A.A. and L.B. PENRY 2006a. Comparison of Lorsban-4E y caffeine aerially sprayed on sunflower plot for bird repellency. Sunflower Research Forum Papers (http://www.sunflowernsa.com/research/research-workshop/documents/Linz_Lorsban_06.pdf). 75 K.
- LINZ G.M., HOMAN J., SLOWIK A.A. and L.B. PENRY 2006b. Evaluation of registered pesticides as repellents for reducing blackbird (Icteridae) damage to sunflower. *Crop Prot* 25:842-847.
- LINZ G.M., KENYON M.J., HOMAN H.J. and W.J. BLEIER 2002. Avian use of rice-baited corn stubble in east-central South Dakota. *International Biodeterioration & Biodegradation* 49:179-184.
- LINZ G.M., SCHAAF D.A., MASTRANGELO P., HOMAN H.J., PENRY L.B. and W.J. BLEIER 2004a. Wildlife conservation sunflower plots as a dual-purpose wildlife management strategy. *Proc. Vertebr. Pest Conf.* 21:291-294.
- LINZ G.M., SLOWIK A.A., PENRY L.B. and H.J. HOMAN 2004b. Evaluation of registered sunflower insecticides as candidate blackbird repellents. National Sunflower Association Research Forum, Fargo, North Dakota. National Sunflower Association, <http://www.sunflowernsa.com/research/research-workshop/documents/134.PDF>.
- LISS C.A. 1997. The public is attracted by the use of repellents. *In* Mason J.R. *Repellents in Wildlife Management*. Colorado State University Press, Denver, Colorado, USA. p. 429-433.
- MARKING L.L. and J.H. CHANDLER Jr. 1981. Toxicity of Six Bird Control Chemicals to Aquatic Organisms. *Bull. Environm. Contarn. Toxicol.* 26:705-716.
- MASON J.R. 1990. Evaluation of d-pulegone as an avian repellent. *J. Wildl. Manage.* 54:130-135.
- MASON J.R. 1997. Overview of control: why they work and how they function. *Repellents. Wildlife Damage Management*. Western Forestry an Conservation Association, Portland, OR.
- MASON J.R. and D.N. MATTHEW 1996. Evaluation of neem as a bird repellent chemical. *Int. J. Pest Manage.* 42(1): 47-49.
- MASON J.R. and G. EPPLE 1998. Evaluation of bird repellent additives to a simulated pesticide carrier formation. *Crop Prot.* 17(8):657-659.
- MASON J.R. and G. LINZ 1997. Repellency of garlic extract to European starlings. *Crop Prot.* 16(2):107-108.
- MASON J.R. and L. CLARK 1992. Nonlethal repellents: the development of cost-effective, practical solutions to agricultural and industrial problems. *Proc. Vert. Pest Conf.* 15:115-129.
- MASON J.R. and L. CLARK 1995a. Evaluation of methyl anthranilate and activated charcoal as snow goose grazing deterrents. *Crop Prot.* 14(6):467-469.
- MASON J.R. and L. CLARK 1995b. Capsaicin detection in trained European starlings: the importance of olfaction and trigeminal chemoreception. *Wilson Bulletin* 107:165-169.
- MASON J.R. and L. CLARK 1996. Grazing repellency of methyl anthranilate to snow geese is enhanced by a visual clue. *Crop Prot.* 15(1):97-100.
- MASON J.R. and L. CLARK 1997. Avian repellents: options, modes of action, and economic considerations. *In* J.R. Mason. *Repellents in wildlife management*. *Repellents Conference 1995*, Denver. USDA, National Wildlife Research Center, Fort Collins, Colorado, USA. p. 371-391.
- MASON J.R. and T. PRIMUS 1996. Response of European starlings to menthone derivatives: evidence for stereochemical differences in repellency. *Crop Prot.* 15(8):723-726.
- MASON J.R., ADAMS M.A. and L. CLARK 1989. Anthranilate repellency to starlings: chemical correlates and sensory perceptions. *J. Wildl. Manage.* 53:55-65.
- MASON J.R., ARTZ A.H. and R.F. REIDINGER Jr. 1983. Evaluation of dimethyl anthranilate as a nontoxic starling repellent for feedlot sittings. *Proc. East. Wildl. Damage Control. Conf.* 1:259-263.

- MASON J.R., AVERY M.L., GLAHN J.F., OTIS D.L., MATTESON R.E. and C.O. NELMS 1991a. Evaluation of methyl anthranilate and starch-plated dimethyl anthranilate as bird repellent feed additives. *J. Wildl. Manage.* 55:182-187.
- MASON J.R., BEAN N.J., SHAH P.S., and L. CLARK 1991c. Taxon-specific differences in responsiveness to capsaicin and several analogues: correlates between chemical structure and behavioral aversiveness. *J. Chem. Ecol.* 17(12):2539-2551.
- MASON J.R., CLARK L. and P.S. SHAH 1991b. Ortho-aminoacetophenone repellency to birds: similarities to methyl anthranilate. *J. Wildl. Manage.* 55(2):334-340.
- MASON J.R., GLAHN J.F., DOLBEER R.A. and R.F. REIDINGER 1985. Field evaluation of dimethyl anthranilate as a bird repellent livestock feed additive. *J. Wildl. Manage.* 49:636-642.
- MASON, J. R. 1995. Evaluation of white plastic flags as visual repellents for snow geese on coastal salt marshes. *Intern. J. Pest Manage.* 41:19-21.
- MATHENY R.W. 1980. Federally registered pesticides for vertebrate pest control. *Proc. Vert. Pest Conf.* 9:63-73.
- MAULDIN R.E. and L.A. MILLER 2007. Wildlife contraception: targeting the oocyte. *In* Witmer G.W., Pitt W.C. and K.A. Fagerstone. *Managing Vertebrate Invasive Species: Proceedings of an International Symposium.* National Wildlife Research Center. Fort Collins, USA. p. 434-444.
- McKAY H.V. and D. PARROTT 2002. Mute swan grazing on winter crops: evaluation of three grazing deterrents on oilseed rape. *Int. J. Pest Manage.* 48(3):189-194.
- MILUNAS M.C., RHOADS A.F. and J.R. MASON 1994. Effectiveness of odor repellents for protecting ornamental shrubs from browsing by white-tailed deer. *Crop Prot.* 13:393-397.
- MINEAU P., DOWNES C.M., KIRK D.A., BAYNE E. and M. CSIZY 2005. Patterns of bird species abundance in relation to granular insecticide use in the Canadian prairies. *Ecoscience* 12:267-278.
- MINEAU P., FLETCHER M.R., GLAZER L.C., THOMAS N.J., BRASSARD C., WILSON L.K., ELLIOTT J.E., LYON L.A., HENNY C.J., BOLLINGER T. and S.L. PORTER 1999. Poisoning of raptors with organophosphorous and carbamates pesticides with emphasis on Canada, U.S. and U.K. *J. Raptor Res.* 3(1):1-37.
- MITCHELL C.J., HAYES R.O. and T.B. HUGHES Jr. 1979. Effects of the chemosterilant Ornitrol on House Sparrow reproduction. *Am. Midl. Nat.* 101(2):443-446.
- NATHANSON J.A. 1984. Caffeine and related methylxanthines: possible naturally occurring pesticides. *Science* 226:184-187.
- NELMS C.O. and M.L. AVERY 1997. Reducing bird repellent application rates by the addition of sensory stimuli. *Int. J. Pest Manage.* 43(3):187-190.
- NICHOLLS M.K., LOVE O.P. and D.M. BIRD 2000. An evaluation of methyl anthranilate, aminoacetophenone, and unfamiliar coloration as feeding repellents to American Kestrels. *J. Raptor Res.* 34(4):311-318.
- NOLTE D.L. 1998a. Efficacy of selected repellents to deter deer browsing on conifer seedlings. *Int. Biodet. Biodegr.* 42:101-107.
- NOLTE D.L. 1998b. Wildlife considerations when planning plant projects. *In* Rose R. and D.L. Hasse. *Native Plants: Propagation and Planting.* Oregon State University. Corvallis, Oregon, USA. p. 118-123.
- NOLTE D.L. and J.P. BARNETT 2000. A repellent to reduce mouse damage to longleaf pine seed. *Int. Biodet. Biodegr.* 45:69-174.
- NOLTE D.L., CAMPBELL D.L. and J.R. MASON 1994. Potential repellents to reduce damage by herbivores. *Proc. Vert. Pest Conf.* 16:228-232.
- NOLTE D.L., MASON J.R. and L. CLARK. 1993. Nonlethal rodent repellent: differences in chemical structure and efficacy from nonlethal bird repellents. *J. Chem. Ecol.* 19:2019-2027.
- NORMAN D.M., MASON J.R. and L. CLARK 1992. Capsaicin effects on consumption of food by Cedar Waxwings and House Finches. *Wilson Bull.* 104:549-551.

- NÚÑEZ-MONTOYA S.C., AGNESE A.M. and J.L. CABRERA 2006. Anthraquinone derivatives from *Heterophyllaea pustulata*. J. Nat. Prod. 69:801-803.
- NÚÑEZ-MONTOYA S.C., AGNESE A.M., PÉREZ C., TIRABOSCHI I.N. and J.L. CABRERA 2003. Pharmacological and toxicological activity of *Heterophyllaea pustulata* anthraquinone extracts. Phytomedicine 10:569-574.
- PARK I.K. and S.C. SHIN 2005. Fumigant activity of plant essential oils and components from Garlic (*Allium sativum*) and Clove Bud (*Eugenia caryophyllata*) oils against the Japanese Termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe). J. Agric. Food Chem. 53:4388-4392.
- PARSHAD V.R., SAINI M.S. and S. JINDAL 1993. Repellent action of two fungicides against the house rat *Rattus rattus* and Indian mole rat *Bandicota bengalensis*. Int. Biodet. Biodegr. 31(1):77-82.
- PEOPLES S.A., BARGER A., CRABB A.C. and R.G. SCHWAB 1976. A progress report on a new avicide: 2-chloro-4-acetotoluidine [sic] (CAT). In Jackson W.B. Proc. Bird Control Seminar 7:245-246.
- PESCADOR M. and S. PERIS 2005. Mid-term effects of exposure to fungicide-treated seeds in feral rock pigeons (*Columba livia*). Spanish J. Agric. Res. 3(3):304-309.
- PETERSON J.W. 1962a. A new approach to starling control. Unpublished memorandum report. Branch of Predator and Rodent Control. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Amherst, Massachusetts, USA. p. 4.
- PETERSON J.W. 1962b. A new approach to starling control. Supplement. Unpublished memorandum report. Branch of Predator and Rodent Control. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Amherst, Massachusetts, USA. p. 2.
- PINOWSKI J. and S.C. KENDEIGH 1977. Granivorous birds in ecosystems. Cambridge University Press, UK.
- POPE G.G. and P. WARD 1972. The effects of small applications of an organophosphorus poison, Fenthion, on the weaver bird *Quelea quelea*. Pestic. Sci. 3:197-205.
- PORTER R.E.R. 1995. A preliminary evaluation of three food flavoring compounds as bird repellents. National Wildlife Research Center Repellents Conference. Paper 28. <http://digitalcommons.unl.edu/nwrcrepellants/28>.
- RAMEY C.A., SCHAFFER E.W. Jr., FAGERSTONE K.A. and S.D. PALMATEER 1992. Back to the future for APHIS's vertebrate pesticides. In Borrecco J.E. and R. E. Marsh. Proc. Vert. Pest Conf. 15:17-21.
- REIDINGER R.F. Jr. 1995. Recent studies on flavor aversion learning in wildlife damage management. In Mason J.R. Repellents in Wildlife Management: Proceeding. Colorado State University, Fort Collins, CO, USA. p. 101-120.
- RIZVI S.W.A., PERVEZ A. and S.M. AHMED 2002. Evaluation of methiocarb 50%-WP as a taste repellent against the House Sparrow (*Passer domesticus* L.). Turk J. Zool. 26:131-135.
- RODRÍGUEZ E. 2000. Manejo del pájaro negro (*Agelaius ruficapillus*) en el cultivo de arroz. Serie FPTA-INIA N° 05. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Montevideo, Uruguay. p. 51.
- RODRÍGUEZ E. y G. TISCORNIA 2002. Evaluación de alternativas de control de la cotorra (*Myiopsitta monachus*). Serie FPTA-INIA N° 08. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Montevideo, Uruguay. p. 48.
- RODRÍGUEZ E.N., BRUGGERS R.L., BULLARD F.W. and R. COOK 1995. An integrated strategy to decrease eared dove damage in sunflower crops. In Mason J.R. Repellents in wildlife management: Proc. Symposium National Wildlife Research Center. Fort Collins, Colorado, USA. p. 409-421.
- ROYALL W.C. Jr. and E.R. FERGUSON 1962. Controlling bird and mammal damage in direct seeding loblolly pine in east Texas. J. Forestry 60(1):37-39.
- SACHS B.A. and L. WOLFMAN 1965. 20,25-Diazacholesterol dihydrochloride inhibition of cholesterol biosynthesis in hyperlipemic subjects. Arch. Int. Med. 116:366-372.
- SAYRE R. and L. CLARK 2001a. Effect of primary and secondary repellents on European starlings: an initial assessment. J. Wildl. Manage. 65(3):461-469.

- SAYRE R. and L. CLARK 2001b. Comparison of primary and secondary repellents for aversive conditioning of European starlings. In Johnston J.J. Pesticides and wildlife. American Chemical Society Symposium Series 771. American Chemical Society. Washington, USA. p. 324-344.
- SCHAFFER E.W. and R.B. Brunton 1971. Chemicals as bird repellents: two promising agents. *J. Wildl. Manage.* 35:569-572.
- SCHAFFER E.W. Jr. 1981. Bird control chemicals-nature, modes of action, and toxicity. *In* Hanson A.A. Handbook Series in Agriculture. Vol. III. CRC Press. West Palm Beach, Florida, USA. p.129-139.
- SCHAFFER E.W. Jr. 1984. Potential primary and secondary hazards of avicides. *Proc. Vert. Pest Conf.* 11:217-222.
- SCHAFFER E.W. Jr. and M.L. ESCHEN 1984. Toxicity and repellency of trimethacarb to eleven species of wild and domestic birds and mammals. *Denver Wildl. Res. Cen. Bird Damage Res. Rep.* 332. p. 9.
- SCHAFFER E.W. Jr. and M.L. ESCHEN 1986. Laboratory efficacy studies with strychnine baits on pigeons. *In* Salmon T.P. *Proc. Vert. Pest Conf.* 20:275-280.
- SCHAFFER E.W. Jr. and W.A. BOWLES Jr. 2004. Toxicity, Repellency of Phytotoxicity of 979 Chemicals to Birds, Mammals and Plants. Research Report No. 04-01. National Wildlife Research Center. Fort Collins, Colorado. 118 p.
- SCHAFFER E.W., BOWLES W.A. and J. HURLBUT 1983. The acute oral toxicity, repellency, and hazard potential of 998 chemicals to one or more species of wild and domestic birds. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 12:355-382.
- SCHAFFER E.W., WEST R.R. and D. J. CUNNINGHAM 1969. New starling toxicant: DRC-1347. *Pest Control* 37(9):22-30.
- SCHUDER I., PORT G. and J. BENNISON 2003. Barriers, repellents and antifeedants for slug and snail control. *Crop Prot.* 22:1033-1038.
- SECOY D.M. and A.E. SMITH 1983. Use of plants in control of agricultural and domestic pests. *Econ. Bot.* 37(1):28-57.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria), publicación en línea. <http://www.senasa.gov.ar/Archivos/File/File4292-anexo-1.pdf>.
- SENASA, 2010. Listado de productos registrados. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Argentina. 311 kb.
- SHIROTA Y., SANADA M. and S. MASAKI 1983. Eyespotted balloons as a device to scare Gray Starling. *Appl. Entomol. Zool.* 18: 545-549.
- SHUMAKE S.A. and P.J. SAVARIE 1996. Nest material as a delivery method for avicides: preliminary tests with African Weaver Finches. *In* Timm R.M. and A.C. Crabb. *Proc. Vert. Pest Conf.* 17:113-118.
- SHUMAKE S.A., GADDIS S.E. and E.W. SCHAFFER Jr. 1976. Behavioral response of quelea to metiocarb (Mcsuro). *Proc. Bird Control Semin.* 7:250-254.
- SIGMA-ALDRICH®, web en línea. Catálogo de productos químicos. Compuestos carbonilos. Ésteres. <http://www.sigmaaldrich.com/chemistry/chemistry-products.html?TablePage=16320271>.
- SMITH R.N. 1967. Use of a wetting agent as a bird control tool. Unpublished memorandum report. Division of Wildlife Services. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Columbus, Ohio, USA. p. 5.
- SNYDER D.B. 1961. Strychnine as a potential control for red-winged blackbirds. *J. Wildl. Manage.* 25:96-99.
- SOMERS J.D., GILBERT F.F., JOYNER D.E., BROOKS R.J. and R.G. GARTSHORE 1981. Use of 4-Aminopyridine in cornfields under high foraging stress. *J. Wildl. Manage.* 45:702-709.
- STAHL R.S., JOHNSTON J.J. and G.M. LINZ 2008b. Estimating the efficacy of DRC-1339-treated rice bait in blackbird staging areas in North Dakota using a bioenergetics simulation. 30th National Sunflower Association Sunflower Research Forum online www.sunflowernsa.com/research/research-workshop/documents/Stahl_DRC1339_08.pdf.

- STAHL R.S., WERNER S.J., CUMMINGS J.L. and J.J. JOHNSTON 2008a. Computer simulations of baiting efficacy for raven management using DRC-1339 egg baits. *In* Timm R.M. and M. B. Madon. Proc. Vert. Pest Conf. 23:94-97.
- STEVENS G.R. and L. CLARK 1998. Bird repellents: development of avian-specific tear gases for resolution of human-wildlife conflicts. *Int. Biodet. Biodegr.* 42:153-160.
- STEVENS G.R., CLARK L. and R.A. WEBER 1998. The use of aerosol repellents as an avian deterrent strategy. Proc. Vert. Pest Conf. 18:74-76.
- STICKLEY A.R. and J.L. GUARINO 1972. A repellent for protecting corn seed from blackbirds and crows. *J. Wildl. Manage.* 36(1):150-152.
- STICKLEY A.R. Jr. and C.R. INGRAM 1976. Methiocarb as a bird repellent for mature sweet corn. Proc. Bird Control Seminar, Bowling Green State Univ., Bowling Green, Ohio 7:228-238.
- STICKLEY A.R. JR., MITCHELL R.T., SEUBERT J.L., INGRAM C.R. and M.I. DYER 1976. Large-scale evaluation of blackbird frightening agent 4-aminopyridine in corn. *J. Wild. Manage.* 40(1):126-131.
- SUN M., SAKAKIBARA H., ASHIDA H., DANNO G.I., and K. KANAZAWA 2000. Cytochrome P450A1-inhibitory action of antimutagenic anthraquinones in medicinal plants and the structure activity relationship. *Biosci. Biothechnol. Biochem.* 64:1373-1378.
- SWIHART R.K. 1990. Quebracho, thiram, and meticarb reduce consumption of Apple twigs by meadow voles. *Wildl. Soc. Bull.* 18:162-166.
- SZOLCSÁNYI J., SANN H. and F.K. PIERAU 1986. Nociception in pigeons is not impaired by capsaicin. *Pain* 27:247-260.
- THOMSETT S. 1987. Raptor deaths as a result of poisoning quelea in Kenya. *Gabar* 2:33-38.
- TOBIN M.E. and R.A. DOLBEER 1987. Status of Mesurol as a bird repellent for cherries and other fruit crops. Proc. East. Wildl. Damage Control Conf. 3:149-158.
- TOBIN M.E. and R.W. DEHAVEN 1984. Repellency of methiocarb-treated grapes to three species of birds. *Agric. Ecosys. Environ.* 11(4):291-297.
- USEPA-Anthraquinone Fact Sheet, web en línea. Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. Hoja de seguridad de la antraquinona. http://www.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-122701_01-Dec-98.pdf.
- USEPA-Federal Register Notices, http://www.epa.gov/oppbppd1/biopesticides/ingredients_keep/fr_notices/frnotices_mam-bird-repel.htm.
- WAGER-PAGÉ S.A. and J.R. MASON 1996a. Ortho-aminoacetophenona, a non-lethal repellent: the effect of volatile cues vs. direct contact on avoidance behavior by rodents and birds. *Pestic. Sci.* 46:55-60.
- WAGER-PAGÉ S.A. and J.R. MASON 1996b. Exposure to volatile d-pulegone alters feeding behavior in European starlings. *J. Wild. Manage.* 60(4):917-922.
- WAGER-PAGÉ S.A. and J.R. MASON 1996c. D-pulegone: a feeding deterrent to deer mice (*Peromyscus maniculatus*) and prairie voles (*Microtus ochrogaster*). *Chemoecology* 7:146-149.
- WAGER-PAGÉ S.A., EPPLE G. and J.R. MASON 1997. Variation in avoidance of siberian pine needle oil by rodent and avian species. *J. Wildl. Manage.* 61(1):235-241.
- WANG J. and V. DE LUCA 2005. The biosynthesis and regulation of biosynthesis of Concord grape fruit esters, including 'foxy' methylanthranilate. *The Plant Journal* 44:606-619.
- WATKINS J. 1968. Use of strychnine treated grain for industrial pigeon control. Proc. Bird Control Semin. 7:94-100.
- WATKINS R.W., GILL E.L. and J.D. BISHOP 1995. Evaluation of cinnamamide as an avian repellent: Determination of a dose-response curve. *Pestic. Sci.* 44:335-340.
- WEINBERG B.A. and B.K. BEALER 2001. *The World of Caffeine*. Ed. Routledge. New York, USA. 394p.
- WERNER S., LINZ G., TUPPER S.K. and J. CARLSON 2010. Laboratory efficacy of chemical repellents for reducing blackbird damage in rice and sunflower crops. *J. Wildl. Manage.* 74 DOI: 10.2193/2009-287.

- WERNER S.J., CARLSON J.C., TUPPER S.K., SANTER M.M. and G.M. LINZ 2009. Threshold concentrations of an anthraquinone-based repellent for Canada geese, red-winged blackbirds, and ring-necked pheasants. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 121:190-196.
- WERNER S.J., CUMMINGS J.L., PIPAS P.A., TUPPER S.K. and R.W. BYRDS 2007b. Registered pesticides and citrus terpenes as blackbird repellents for rice. *J. Wildl. Manage.* 72(8):1863-1868.
- WERNER S.J., CUMMINGS J.L., TUPPER S.K., GOLDANE D.A. and D. BEIGHLEY 2007c. Blackbird repellency of selected registered pesticides. *J. Wildl. Manage.* 72 (4):1007-1011.
- WERNER S.J., CUMMINGS J.L., TUPPER S.K., HURLEY J.C., STAHL R.S. and T.M. PRIMUS 2007a. Caffeine formulation for avian repellency. *J. Wild. Manage.* 71(5):1676-1681.
- WERNER S.J., HOMAN H.J., AVERY M.L., LINZ G.M., TILLMAN E.A., SLOWICK A.A., BYRD R.J., PRIMUS T.M., and M.J. GOODALL 2005. Evaluation of Bird Shield as a blackbird repellent in ripening rice and sunflower fields. *Wildl. Soc. Bull.* 33:251-257.
- WETZEL R.S. 1967. Bird control—wetting agent test. Unpublished report. Division of Wildlife Services. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Lansing, Michigan, USA. p. 4.
- WHO (World Health Organization), 2005. Safety of pyrethroids for public health use. Report no. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2005.10. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
- WINTERS R.O. 1968. Use of a wetting agent as a bird control tool. Unpublished memorandum report. Division of Wildlife Services. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Columbus, Ohio, USA. p. 6.
- WORONECKI P.P., DOLBEER R.A. and R.A. STEHN 1981. Response of blackbirds to Mesurol and Sevin applications on sweet corn. *J. Wildl. Manage.* 45:693-701.
- WORONECKI P.P., DOLBEER R.A., INGRAM C.R., and A.R. STICKLEY 1979. 4-Aminopyridine effectiveness reevaluated for reducing blackbird damage to corn. *J. Wildl. Manage.* 43(1):184-191.
- YODER C.A. and L.A. MILLER 2006. Avian contraceptive tools: one size does not fit all. *Proc. Vert. Pest Conf.* 22:110-115.
- YODER C.A. and L.A. MILLER 2010. Effect of GonaContm vaccine on black-tailed prairie dogs: immune response and health effects. *Vaccine* 29:233-239.
- YODER C.A., ANDELT W.F., MILLER L.A., JOHNSTON J.J. and M.J. GOODALL 2004. Effectiveness of twenty, twenty-five diazacholesterol, avian gonadotropin releasing hormone, and chicken rivoiflabin carrier protein for inhibiting reproduction in Coturnix quail. *Poult. Sci.* 83:234-244.
- YODER C.A., AVERY M.L., KEACHER K.L. and E.A. TILLMAN 2007. Use of DiazaCon™ as a reproductive inhibitor for monk parakeets (*Myopsitta monachus*). *Wildlife Research* 34:8-13.
- YODER C.A., BYNUM K. and L.A. MILLER 2005b. Development of DiazaCon™ as an avian contraceptive. In Nolte D.L. and K.A. Fagerstone. *Proc. Wildl. Damage Manage. Conf.* 11:190-201.
- YODER C.A., GRAHAM J.K. and L.A. MILLER 2006a. Molecular effects of nicarbazin on avian reproduction. *Poult. Sci.* 85:1285-1293.
- YODER C.A., GRAHAM J.K., MILLER L.A., BYNUM K.S., JOHNSTON J.J. and M.J. GOODALL 2006c. Effect of method of delivering Nicarbazin to mallards on plasma 4,4'-dinitrocarbanilide levels and reproduction. *Poult. Sci.* 85:1442-1448.
- YODER C.A., GRAHAM J.K., MILLER L.A., BYNUM K.S., JOHNSTON J.J. and M.J. GOODALL 2006b. Evaluation of nicarbazin as a potential waterfowl contraceptive using mallard as a model. *Poult. Sci.* 85:1275-1284.
- YODER C.A., MILLER L.A. and K.S. BYNUM 2005a. Comparison of nicarbazin absorption in chickens, mallards, and Canada geese. *Poult. Sci.* 84:1491-1494.
- YORK D.L., CUMMINGS J.L., ENGEMAN R.M. and J.E. DAVIS Jr. 2000. Evaluation of Flight Control™ and Mesurol® as repellents to reduce horned lark (*Eremophila alpestris*) damage to lettuce seedlings. *Crop Prot.* 19:201-203.

YOUNG W.R. and Z.D. CANDIA 1960. Studies with chemical seed treatments as bird repellents for the protection of germinating maize in the Mexican tropics. *FAO Plant Protection Bull.* 8(4):38-42.

ZACCAGNINI M.E. y S.B. CANAVELLI 1998. El Manejo Integrado de Plagas (MIP): su aplicación a la resolución de problemas con aves perjudiciales a la agricultura. p. 21-34. *En* RODRIGUEZ E.N. y M.E. ZACCAGNINI (Eds). 1998. *Manual de Capacitación sobre Manejo Integrado de Aves Perjudiciales a la Agricultura*. Proyecto FAO "Control Integrado de Aves Plaga". Uruguay-Argentina. 171 p.



EDICIONES INTA

Grupo de Comunicaciones de la Estación Experimental Agropecuaria Paraná:
Rosa Ana Milocco, Marcela Espósito, Aldo Puig y Oscar Ledesma.
600 ejemplares. Septiembre de 2010

El uso de compuestos químicos es una alternativa comúnmente considerada para manejar el daño ocasionado por algunas especies de aves denominadas perjudiciales para la agricultura. A nivel mundial, se han realizado muchas experiencias a diferentes escalas para identificar los químicos que, real o potencialmente, contribuyen a disminuir los problemas ocasionados por especies de aves generalmente sobreabundantes. En esta obra intentamos recopilar y resumir gran parte de los trabajos realizados sobre químicos utilizados como repelentes, contraceptivos y avicidas a nivel mundial. Con este trabajo pretendemos presentar el "estado del arte" de estas herramientas y contribuir con información en español que ayude en la toma de decisiones a los diferentes actores (profesionales de la agronomía, investigadores, empresas, productores, etc.) involucrados en esta temática.

Laura Addy Orduna



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA
Centro Regional Entre Ríos

Estación Experimental Agropecuaria Paraná
Ruta Provincial Nº 11, km 12,5 - 3101 Oro Verde - Dpto. Paraná (Entre Ríos)
Tel.-Fax 0343 4975200 www.inta.gov.ar/parana