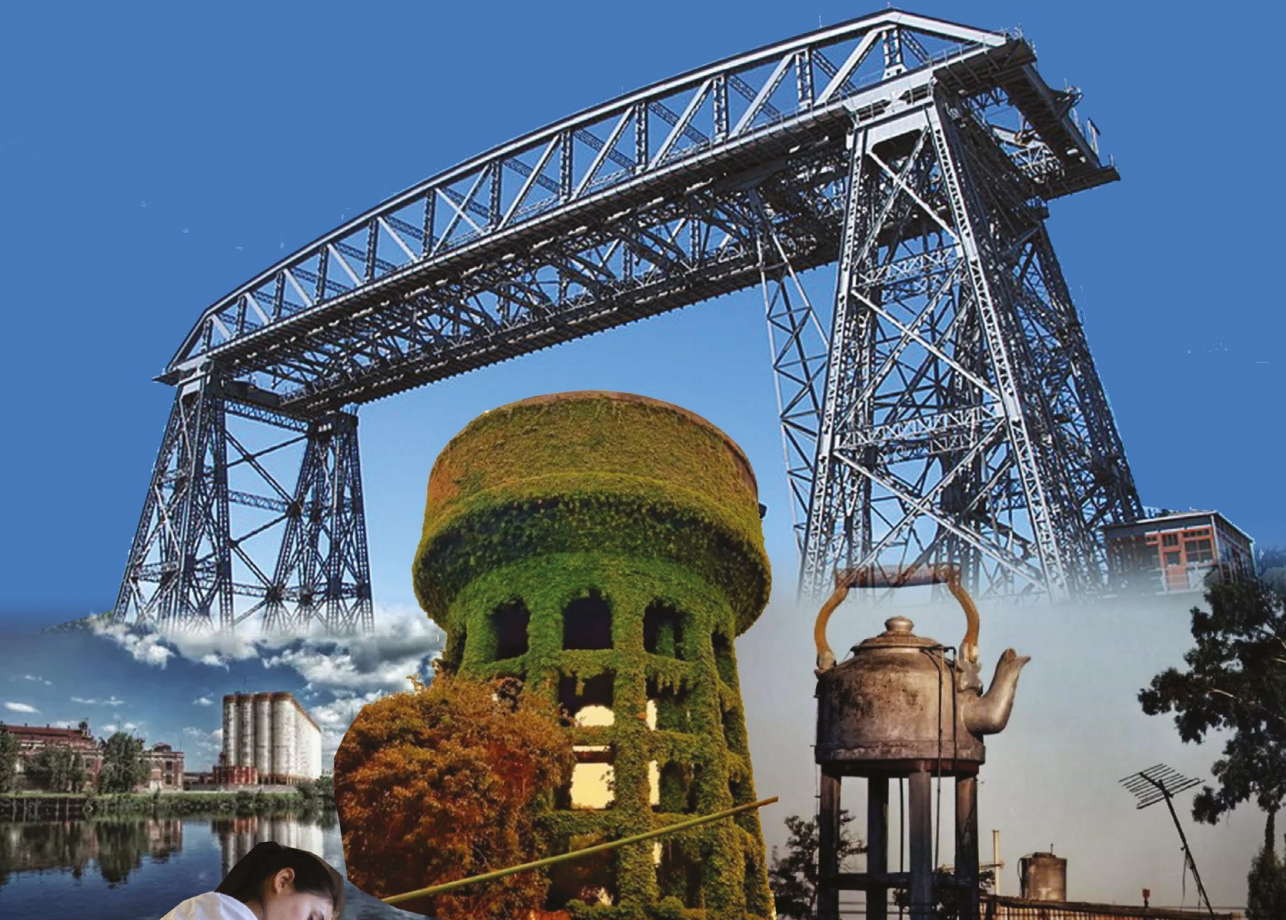


¿En qué conurbano queremos vivir?

Obra colectiva de las universidades del conurbano



AAPC
ASOCIACIÓN ARGENTINA PARA
EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS
Editorial AAPC

Ana Bidiña / Miguel Ángel Blesa / Jorge Fernández Niello / Patricia Gutti / Pablo Jacovkis / Liliana Semorile

¿En qué conurbano queremos vivir?

Obra colectiva de las universidades del conurbano

¿En qué conurbano queremos vivir? : obra colectiva de las universidades del conurbano / Ana Bidiña ... [et al.] ; Editado por Ana Bidiña ... [et al.]; prólogo de Daniel Eduardo Martínez ... [et al.]. 1a ed - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-48617-3-3

1. Sociología Urbana. 2. Medio Ambiente. 3. Política Sanitaria. I. Bidiña, Ana, ed. III. Martínez, Daniel Eduardo, prolog.

CDD 344.046

Ficha de catalogación

¿EN QUÉ CONURBANO QUEREMOS VIVIR?

Obra colectiva de las universidades del conurbano

Editores

Ana Bidiña, Miguel A. Blesa, Jorge Fernández Niello, Patricia Gutti, Pablo Jacovkis y Liliana Semorile

Diseño de tapa: Pamela Sánchez Uriarte

Dirección de Prensa y Comunicación Institucional (UNQ).

Maquetador: Gabriel Martín Gil

Editado en 2023 por



Prohibida su reproducción total o parcial sin citar la fuente

ISBN Nº 978-987-48617-3-3

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

<http://www.aargentinapciencias.org/>

© 2023 ASOCIACIÓN ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

ÍNDICE

¿EN QUÉ CONURBANO QUEREMOS VIVIR?

Obra colectiva de las universidades del conurbano

PRÓLOGOS

Daniel Eduardo Martínez, Rector

Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM) 1

Alfredo Alfonso, Rector

Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) 2

Carlos Greco, Rector

Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) 4

Martín Kaufmann, Rector

Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF) 6

PRÓLOGO DE LOS EDITORES 8

PRIMERA PARTE: Análisis General

Capítulo 1: La Iniciativa ¿En qué conurbano queremos vivir?

(documento fundacional suscrito por ocho universidades del conurbano en 2018) 14

Capítulo 2: Las Universidades y el sistema de ciencia y técnica en el conurbano, después de la pandemia

por **Ana Bidiña** (UNLaM),

Miguel A. Blesa (UNSAM), **Jorge Fernández Niello** (UNSAM),

Patricia Gutti (UNQ), **Pablo Jacovkis** (UNTREF) y

Liliana Semorile (UNQ) 41

SEGUNDA PARTE: El ambiente

Capítulo 3: Dinámica socio-ambiental relacionada con los recursos hídricos de la Cuenca
por **Fernando Luján Acosta, María Victoria Santorsola, Mariana Beccaría, Valeria Weston, Agustina Celia y Claudio Karlem** (UNLaM) . 49

Capítulo 4: Calidad del aire y de las aguas superficiales del Área Metropolitana de Buenos Aires
por **Marina F. Geler, Elsa G. López Loveira y Vera Mignaqui** (UNSAM) .. 75

Capítulo 5: Espacios verdes en el conurbano bonaerense: Restauración ambiental del predio “Batalla de Villamayor” en la Cuenca Matanza-Riachuelo, Municipio de Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina
por **Analía Soledad Nanni, Pamela Krug, Celeste Merino, Sofia Fantoni, Lucila Sandri, Mauro Sanchez, Griselda Polla y Vera Mignaqui** (UNSAM)117

Capítulo 6: Conurbano sostenible, residuos textiles, empleo y vivienda digna
por **Marta Edith Yajnes y Roberto Rafael Busnelli** (UNSAM).....136

TERCERA PARTE: Salud

Capítulo 7: Estudios de resistencia a insecticidas en insectos de importancia sanitaria realizados en el CIPEIN
por **Raúl Alzogaray, Mariano Cáceres, Paula V. Gonzalez, Laura V. Harburguer, M.M. Noel Reynoso, Gonzalo Roca-Acevedo, Pablo L. Santo Orihuela, Emilia A. Seccacini, Ariel C. Toloza, Claudia V. Vassena, Eduardo N. Zerba** (CIPEIN/CITEDEF y UNSAM).....165

Capítulo 8: Telas antivirales para barbijos: una reacción de I+D frente a la pandemia
por **Silvia Goyanes, Roberto J. Candal, Griselda Polla, Ana María Llois, Lucia Famá, Lucas Guz, Belén Parodi, Patricio Carnelli, Alicia Vergara, David Picón, Lucía Quintero Borregales, Edgard Diaz Diaz y Federico Trupp**.....199

Capítulo 9: El impacto de la contaminación ambiental en la salud pública
por **Ángel R. Navarro, Martín H. Costantini y Gerardo D. Castro** (CEITOX/CITEDEF y UNSAM)218

CAPÍTULO 7

Quando fallan los insecticidas¹

**Raúl A. Alzogaray^{1,2*}, Mariano Cáceres¹, Paula V. Gonzalez^{1,2},
Laura V. Harburguer^{1,2}, M.M. Noel Reynoso¹,
Gonzalo Roca-Acevedo^{1,3}, Pablo L. Santo Orihuela^{1,2},
Emilia A. Seccacini⁴, Ariel C. Toloza^{1,3},
Claudia V. Vassena^{1,2} y Eduardo N. Zerba²**

¹ Centro de Investigaciones de Plagas e Insecticidas (UNIDEF-CITEDEF-CONICET-CIPEIN), Villa Martelli, provincia de Buenos Aires, Argentina.

² Universidad Nacional de San Martín, Escuela de Hábitat y Sostenibilidad, San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

³ Universidad CAECE, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

⁴ CIPEIN cuando participó en algunos de los trabajos descriptos en este capítulo. Su filiación actual es Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas (CONICET-UNC), Córdoba, provincia de Córdoba, Argentina.

* ralzogaray@hotmail.com

Palabras clave: *Chinche de cama; cucaracha alemana; mosca doméstica; mosquito; piojo; vinchuca; resistencia a insecticidas.*

Keywords: *Bed-bug; German cockroach; house fly; mosquito; lice; blood-sucking bug; insecticide resistance.*

1. Este trabajo toca un tema que trasciende claramente al conurbano bonaerense. Sin embargo, su importancia para la región es doble: por un lado, el conurbano sufre claramente por los insectos de importancia médica, y por otro lado el trabajo ilustra las importantes capacidades del conurbano para enfrentar no solo problemas locales, sino también de trascendencia nacional e internacional [NdE]

Los insectos de importancia médica afectan a las personas de distintas maneras: chupan sangre, transmiten enfermedades, aplican venenos, pasan toda su vida sobre el cuerpo humano. Aplicarles insecticidas suele ser la forma más sencilla de deshacerse de ellos. Al menos en forma provisoria porque, hasta ahora, nadie los pudo eliminar por completo. Ningún insecticida se puede usar durante mucho tiempo. Por bueno que sea, tarde o temprano, las poblaciones de insectos se vuelven resistentes a sus efectos.

Creado en 1977 en la localidad bonaerense de Villa Martelli (Argentina), el Centro de Investigaciones de Plagas e Insecticidas (CIPEIN) publicó los primeros reportes científicos de resistencia a insecticidas en poblaciones argentinas de piojos de la cabeza humana (1998), cucarachas alemanas (2001), vinchucas (2005), mosquitos del dengue (2008), moscas domésticas (2009) y chinches de cama (2019). El objetivo de este capítulo es describir los resultados más destacados de estas investigaciones.

Durante siglos, las enfermedades transmitidas por insectos tuvieron un impacto profundo sobre las sociedades humanas. El tifus, la peste bubónica y la fiebre amarilla, entre otras, diezmaron poblaciones y desempeñaron un rol decisivo en el desenlace de campañas militares como el sitio de Granada (1489), la Guerra de los Treinta Años (1618-1648), la revolución haitiana (1789-1804) y la invasión de Napoleón a Rusia (1812) (Alzogaray 2021). En tiempos de guerra, los microbios transmitidos por insectos solían matar más gente que las armas (Smallman-Reynor y Cliff 2004). Esa situación empezó a cambiar en el siglo XIX, a medida que se fueron descubriendo los microbios que causan estas enfermedades y la forma en que los insectos los transmiten. Otro gran avance ocurrió a mediados del siglo XX, con el desarrollo de los insecticidas sintéticos.

Antes de la Segunda Guerra Mundial, para controlar insectos solo había disponible un puñado de sustancias minerales y vegetales: azufre, cianuro, sales de arsénico, nicotina y piretro, entre otras. Algunos de estos insecticidas eran tan tóxicos para los insectos como para los humanos; por esta razón, hoy ya no se usan con ese fin.

Después de la Segunda Guerra, llegaron al mercado los insecticidas sintéticos y el control de insectos cambió por completo. El DDT, un insecticida de amplio espectro, fue uno de los principales responsable de ese cambio. Ya en 1943 había hecho una entrada triunfal en el ámbito del control de plagas, cuando su uso permitió detener, por primera vez en la historia, una epidemia de tifus transmitido por piojos (Wheeler 1946).

En las décadas siguientes, el control de plagas se basó en la aplicación de insecticidas clorados, fosforados, carbamatos y piretroides. Casi al mismo tiempo que se empezó a aplicar estas sustancias, se puso de manifiesto que las poblaciones de insectos tenían la capacidad de volverse resistentes a sus efectos.

Desde su creación en 1977, el Centro de Investigaciones de Plagas e Insecticidas (CIPEIN) estudia la biología y la toxicología de insectos de importancia médica. Sus investigaciones estuvieron siempre orientadas al desarrollo de herramientas para controlar a los insectos ocasionando un mínimo impacto sobre las personas y el ambiente. El CIPEIN fue pionero en el patentamiento de productos insecticidas en América Latina (Reynoso y col. 2022). Uno de sus mayores logros es un pote fumígeno que emite humos insecticidas, desarrollado para controlar a las vinchucas que transmiten la enfermedad de Chagas. Según la Organización Mundial

de la Salud, este pote fue uno de los tres factores que más contribuyeron a mejorar la salud mundial en la década de 1990 (Fujisaki y Reich 1998).

El CIPEIN publicó los primeros reportes científicos de resistencia a insecticidas en poblaciones argentinas de piojos de la cabeza humana (1998), cucarachas alemanas (2001), vinchucas (2005), mosquitos del dengue (2008), moscas domésticas (2009) y chinches de cama (2019) (Figura 1). Son todos insectos de importancia médica porque, de una u otra manera, afectan la salud y el bienestar humanos (Alzogaray 2018, Durden y Mullen 2019) (Tabla 1). El objetivo de este capítulo es repasar las investigaciones sobre resistencia a insecticidas llevadas a cabo en el CIPEIN.

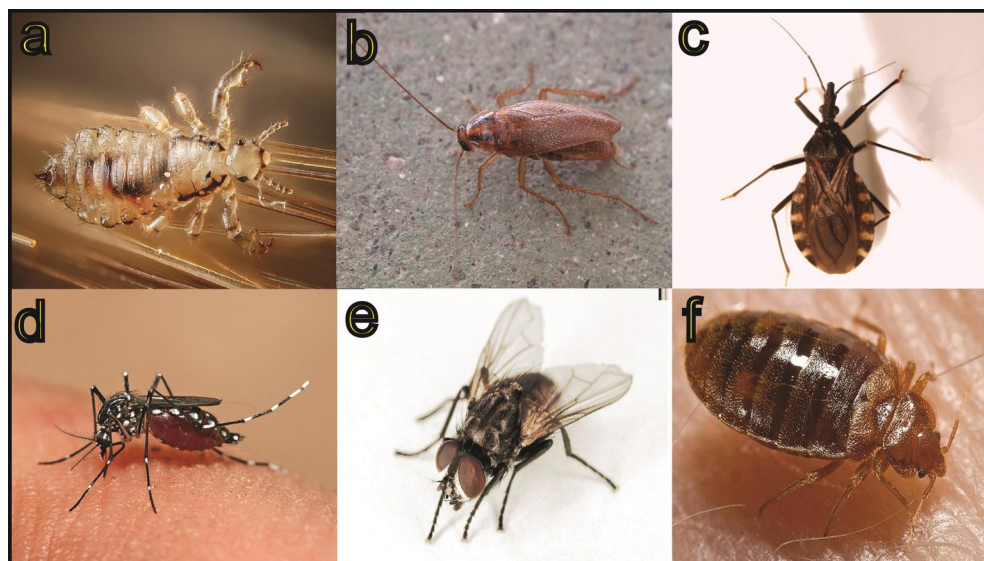


Figura 1. Insectos de importancia médica en los que se reportó resistencia a insecticidas en Argentina. a, Piojo de la cabeza humana; b, cucaracha alemana; c, vinchuca; d, mosquito del dengue; e, mosca doméstica; f, chinche de cama. Las fotos no están en escala. Fuentes: Wikimedia commons (a, b, d-f); fotografía de Ariadna Moretti (c).

Tabla 1. *Insectos de importancia médica estudiados en el CIPEIN.*

Nombre común	Forma en que afectan a las personas ¹
Piojo de la cabeza humana	Su presencia en la cabeza humana es una enfermedad llamada pediculosis. Se alimenta de sangre. Su picadura provoca reacciones alérgicas.
Cucaracha alemana	Transporta sobre su cuerpo microbios que afectan la salud. Provoca reacciones alérgicas. Se alimenta de todo tipo de bienes humanos.
Vinchuca	Se alimenta de sangre. Transmite el microbio que produce la enfermedad de Chagas.
Mosquito del dengue	La hembra se alimenta de sangre. Transmite los virus del dengue, fiebre amarilla, Zika y chikungunya.
Mosca doméstica	Transporta sobre su cuerpo microbios que afectan la salud.
Chinche de cama	Se alimenta de sangre.

Fuente: Durden and Mullen (2019).

¹ Además de lo mencionado en la tabla, la sola presencia de estos insectos perturba el bienestar humano, provocando incomodidad, repulsión y, en algunos casos, entomofobia (miedo irracional a los insectos).

I. Origen de la resistencia a insecticidas

*Resistiré
Para seguir viviendo
Soportaré los golpes y jamás me rendiré
Y aunque los sueños se me rompan en pedazos
Resistiré, resistiré*

(Carlos Toro Montoro y Manuel de la Calva, letra de la canción *Resistiré*)

A veces, los insecticidas fallan. Se aplica un determinado producto que venía dando buenos resultados, pero ahora no funciona. Los insectos siguen ahí como si nada. ¿Qué pasó? Puede haber distintos motivos. Podría ser que, por error, se aplicó menos insecticida que lo recomendado por el fabricante. Quizás, la aplicación se realizó en el momento o el lugar equivocados. Por ejemplo, cuando se intenta matar mosquitos del dengue aplicando insecticidas al mediodía sobre el césped de una plaza, hora y lugar donde es muy improbable encontrarlos. Al preparar un insecticida, hay que tener cuidado con el agua que se usa para diluirlo, porque un alto contenido de sales puede afectar la estabilidad del producto. Estos son errores humanos que se pueden corregir. Otra causa por la cual puede fallar un insecticida, es que la población de insectos a la que está dirigido se haya vuelto resistente a sus efectos.

Se considera que una población de insectos se volvió resistente cuando sobrevive a una dosis de insecticida que antes era letal para la gran mayoría de sus individuos (Tabashnik y col. 2014). Todas las poblaciones contienen una mezcla de insectos susceptibles y resistentes. En ausencia de insecticidas, la cantidad de insectos resistentes suele ser muy baja. Pero al aplicar un insecticida, la cosa cambia. Los insecticidas actúan como agentes de selección: los insectos susceptibles mueren; los resistentes, sobreviven. Si una población de insectos es tratada durante varias generaciones con el mismo insecticida, cada vez habrá menos individuos susceptibles y más resistentes. A partir de cierto momento, en la población habrá tantos insectos resistentes que el insecticida dejará de ser efectivo. La dosis que antes mataba a la mayoría de los insectos, ahora mata a unos pocos. O a ninguno, en el caso extremo en que todos los integrantes de la población sean resistentes.

Cuando un insecticida falla porque los insectos son resistentes, hay que dejar de usarlo. Aplicarlo en dosis mayores o con mayor frecuencia que lo recomendado son errores comunes que solo sirven para empeorar la

situación. Siempre hay que respetar las indicaciones de uso que dan los fabricantes.

La resistencia a insecticidas tiene un origen genético, está determinada por mutaciones que aparecen en forma natural en el ADN de los insectos y se transmiten de una generación a otra. Son mutaciones que modifican el movimiento y la disponibilidad de los insecticidas dentro del cuerpo de los insectos. Entre los mecanismos que confieren resistencia a los insecticidas, se destacan las modificaciones en el esqueleto, el aumento en la actividad de enzimas y los cambios en los sitios de acción (Soderlund y Bloomquist 1990).

- **Modificaciones en el esqueleto:** El cuerpo de los insectos está completamente recubierto por un esqueleto muy delgado, formado por grasas, proteínas y azúcares. Cuando un insecto toca un insecticida, este atraviesa el esqueleto y alcanza el interior del cuerpo. Hay mutaciones que aumentan la impermeabilidad del esqueleto a los insecticidas. En los insectos que poseen alguna de estas mutaciones, los insecticidas ingresan más lentamente que en los insectos susceptibles.
- **Aumento de la actividad de enzimas que cambian la estructura química de los insecticidas:** Son proteínas que fabrica el cuerpo de los insectos, y tienen la función de transformar a los insecticidas en sustancias muy poco tóxicas. Ciertas mutaciones aumentan la actividad de estas enzimas, de manera que los insectos resistentes transforman los insecticidas con mayor eficiencia que los susceptibles.
- **Cambios en los sitios de acción:** Cada insecticida tiene un sitio de acción, es decir, una molécula ubicada dentro del organismo de los insectos, a la cual se unen (Tabla 2). La unión entre un insecticida y su sitio de acción desencadena los efectos tóxicos que lo caracterizan. Hay mutaciones que modifican los sitios de acción de tal manera, que los insecticidas ya no se pueden unir a ellos en forma eficiente. Esto hace que disminuyan sus efectos tóxicos.

Para comprobar si una población de insectos es resistente a un determinado insecticida, hay que hacer pruebas de laboratorio. Una forma relativamente sencilla de cuantificar la resistencia, es calcular el Grado de Resistencia (GR). Para eso, hay que obtener una muestra de insectos de la población que se quiere estudiar y aplicarle el insecticida. Al mismo tiempo, se debe aplicar el insecticida a un grupo de insectos susceptibles

de la misma especie (por lo general, los insectos susceptibles son criados en laboratorio). Con los resultados se calculan valores de Dosis Letal 50% (DL50), un número que indica la dosis de insecticida necesaria para matar al 50% de los insectos de un determinado grupo. Y con esta información, se calcula el GR de la siguiente manera:

$$\text{GR} = \frac{\text{DL50 para los insectos de la muestra}}{\text{DL50 para los insectos de laboratorio (susceptibles)}}$$

Si, por ejemplo, la DL50 para los insectos de la muestra es 75, y la DL50 para los insectos susceptibles es 5, entonces $\text{GR} = 15$. Esto significa que para matar al 50% de los insectos de la muestra se necesita quince veces más insecticida que para matar a los susceptibles. En otras palabras, los insectos de campo son resistentes al insecticida en cuestión. En términos generales, se considera que la resistencia es baja cuando los valores de GR son menores que 10; y alta, cuando superan esa cifra.

II. El piojo de la cabeza humana, *Pediculus humanus capitis*

Sabrás, Sancho, que los españoles y los que se embarcan en Cádiz para ir a las Indias Orientales, una de las señales que tienen para entender que han pasado la línea equinoccial que te he dicho es que a todos los que van en el navío se les mueren los piojos, sin que les quede ninguno...
(Miguel de Cervantes, Don Quijote de La Mancha)

Los piojos de la cabeza han estado asociados con los humanos y sus ancestros desde tiempos muy lejanos. Seguramente, esta relación comenzó en África, donde aparecieron los primeros antepasados de la humanidad. Luego, transportados por los humanos, los piojos se dispersaron por el resto del mundo (Reed y col. 2004). En Brasil, se encontraron momias de 10 000 años de antigüedad que tenían huevos de piojos adheridos a sus cabellos (Araujo y col. 2000).

La presencia de piojos en la cabeza humana es una enfermedad llamada pediculosis. En la mayoría de las personas, no produce síntomas o causa una picazón que aumenta durante las semanas siguientes a que los piojos se instalan en la cabeza. La picazón se debe a que la saliva y los excrementos de los piojos provocan una reacción alérgica. El rascado intenso

lastima la piel, abriendo una vía de ingreso para bacterias que producen infecciones (Mumcuoglu y col. 2021).

La pediculosis es un problema habitual en las escuelas primarias, donde parece ser más frecuente en nenas que en varones (Toloza y col. 2009). Los tratamientos habituales para esta enfermedad son pasar el peine fino para remover los piojos y aplicar productos pediculicidas para matarlos. A partir de la década de 1990, los pediculicidas usados en Argentina contenían principalmente permetrina, deltametrina o d-fenotrina (para estos y los demás insecticidas mencionados en este capítulo, ver Tabla 2). Debido al uso repetido e indiscriminado de estos productos, las poblaciones de piojos se volvieron resistentes a ellos.

Tabla 2. *Insecticidas mencionados en este capítulo.*

Insecticida	Familia química	Modo de acción	Sitio de acción
DDT	Clorados	Afectan el sistema nervioso	Canales de sodio del sistema nervioso.
Deltametrina	Piretroides		Participan en la transmisión de los impulsos eléctricos.
Cipermetrina			El DDT y los piretroides alteran su funcionamiento.
d-Fenotrina			
Permetrina			
Azametifós			Fosforados
Clorpirifós	Controla la generación de impulsos eléctricos.		
DDVP	Los fosforados la inhiben.		
Fenitrotión			
Malatión			
Pirimifós-metil			
Propoxur			
Temefós			
Imidacloprid	Neonicotinoides	Receptores de acetilcolina del sistema nervioso.	
		Participan en la transmisión de los impulsos eléctricos.	
		Los neonicotinoides los bloquean.	
Ciromazina	Triazinas	Interrumpe el crecimiento de los insectos	Desconocido

Fuente: IRAC (2022).

En 1998, el CIPEIN publicó el primer estudio de resistencia a insecticidas en piojos de la cabeza humana de Argentina (Picollo y col. 1998). La resistencia estaba ampliamente distribuida entre niños de escuelas primarias de la ciudad de Buenos Aires, con valores de GR entre 52,8 y 88,7 para permetrina; entre 16,2 y 38,1 para deltametrina; y entre 40,9 y 48,4 para d-fenotrina (Picollo y col. 2000). En 2001, el 92,3% de las escuelas de la ciudad de Buenos Aires visitadas por el CIPEIN tenían piojos resistentes a permetrina, con GR entre 154 y 655 (Vassena y col. 2003). La resistencia se debía, en parte, a un aumento en la actividad de enzimas que transforman a la permetrina en un producto muy poco tóxico (González Audino y col. 2005).

A pesar de la disminución en el mercado de productos con permetrina, entre 2002 y 2009 no se detectaron variaciones en los GR para ese insecticida (Toloza 2010). Esto podría estar indicando que la dinámica de reversión de la resistencia es lenta, y que puede deberse (al menos en parte), a que los encuentros amorosos entre los piojos involucran en su mayoría individuos resistentes.

El sitio de acción de la permetrina son los canales de sodio presentes en las células del sistema nervioso. Estos canales participan en la transmisión de los impulsos nerviosos. Cuando la permetrina se une a ellos, los canales funcionan mal y la actividad del sistema nervioso se altera. En piojos de la cabeza humana de distintas partes del mundo, se identificaron tres mutaciones que modifican los canales de sodio y confieren resistencia a permetrina (Lee y col. 2003). Dos de estas mutaciones se encontraron en piojos resistentes a permetrina de las provincias argentinas de Buenos Aires, Chubut, Neuquén, Río Negro y Tucumán (Toloza y col. 2014) (Figura 2). Las mutaciones estaban presentes en todos los piojos de Tucumán y Río Negro, y entre el 73 y 95% de los piojos de las otras provincias. En total, el 85% de los 154 piojos estudiados tenían mutaciones resistentes. Esto permite concluir que, aun cuando se reduzca considerablemente el uso de permetrina en el control de la pediculosis, los piojos van a continuar teniendo las mutaciones que les confieren niveles considerables de resistencia.

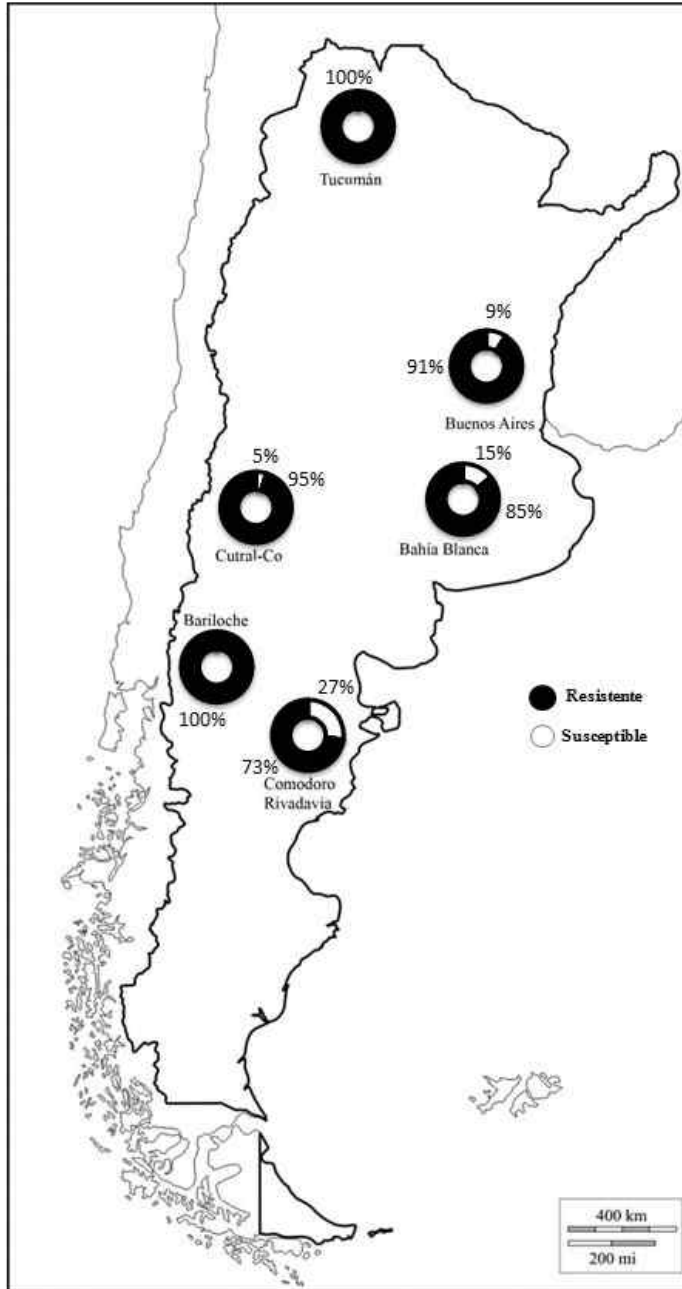


Figura 2. Porcentaje de piojos resistentes a insecticidas en muestras recolectadas en distintos lugares de Argentina.

III. La cucaracha alemana, *Blattella germanica*

Puede ser un mundo muy extraordinario, muy oscuro, el de Circe, porque era este ser que fabricaba bombones con cucarachas y cosas terroríficas. Trabajaba todo el tiempo con cucarachas, además, lo cual era bastante deprimente.

(Graciela Borges, durante una entrevista en el programa televisivo *En foco*)

Según la Organización Mundial de la Salud, la cucaracha alemana es una de las plagas más comunes en las construcciones humanas (WHO 1997). Es un insecto de importancia médica, porque a su paso disemina los microbios que se adhieren a su cuerpo cuando anda entre desperdicios y otras inmundicias (Mpuchane y col. 2006). Además, las partículas que se desprenden de su cuerpo y de sus excrementos producen alergia (Gao 2012). También es un insecto de importancia económica, porque se alimenta de una gran variedad de alimentos y otros bienes humanos (Rust y col. 1995). En Argentina, habita desde la provincia de Jujuy hasta la de Chubut (Crespo y Valverde 2008).

En 2001, el CIPEIN publicó el primer reporte de resistencia a insecticidas en cucarachas alemanas de Argentina (Taiarol y col., 2001). Cucarachas recolectadas en pizzerías de las ciudades de Buenos Aires y Burzaco (provincia de Buenos Aires) eran resistentes a los insecticidas clorpirifós, fenitrotión, deltametrina y cipermetrina.

Años más tarde, se llevó a cabo el Programa de Evaluación de Resistencia a Insecticidas en *Blattella germanica* (PERIB), un proyecto en el que colaboraron la empresa Chemotecnica SA de Argentina y el CIPEIN, con la participación de profesionales del control de plagas. Se tomaron muestras de cucarachas en distintos barrios de la ciudad de Buenos Aires, ocho localidades del Gran Buenos Aires y ciudades de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Entre Ríos. Se recibieron cuarenta y una muestras; cuarenta de ellas eran resistentes a deltametrina, uno de los insecticidas más usados en Argentina para controlar a estas cucarachas. En todos los casos, el GR resultó mayor que 100 (o sea que, para matar al 50% de las cucarachas de las pizzerías, se necesitaba más de cien veces la cantidad de insecticida que mataba a las cucarachas susceptibles). También se identificaron insecticidas que mataban a las cucarachas resistentes y, por lo tanto, podían ser tenidos en cuenta como alternativas para reemplazar a la deltametrina.

Los resultados del PERIB fueron comunicados a los profesionales que recolectaron las muestras. De esa manera, se les proporcionaron evidencias científicas que justificaban la necesidad de reemplazar a la deltametrina por otros insecticidas.

Algunas de las cucarachas recibidas durante el desarrollo del PERIB se criaron en el CIPEIN hasta obtener colonias estables. Las colonias JUBA y VGBA, descendientes de insectos recolectados en la localidad bonaerense de Junín y Villa Gesell, respectivamente, proporcionaron cucarachas que fueron usadas para investigar distintas características de la resistencia.

En un ambiente tratado con insecticida, los insectos resistentes poseen una ventaja que no tienen los susceptibles. Pero en un ambiente sin insecticidas, ser resistente deja de ser una ventaja. La resistencia implica un gasto de los recursos internos del organismo, y esto puede afectar características como la fertilidad o la duración del tiempo de vida. Otros efectos hacen que los insectos resistentes respondan a determinados estímulos sensoriales de manera diferente que los susceptibles. Las cucarachas de la colonia JUBA, por ejemplo, eran menos sensibles a los repelentes sintéticos que las cucarachas susceptibles (Mengoni y Alzogaray 2018). Las de la colonia VGBA, en cambio, tardaban más en reaccionar a la presencia de alimentos (Boné y col. 2022). Por otra parte, se demostró que la resistencia de las cucarachas VGBA se debía a que presentaban una mayor actividad de las enzimas que transforman la deltametrina en un producto muy poco tóxico (Boné y col. 2021).

El PERIB fue un infrecuente ejemplo de colaboración entre profesionales del control de plagas, una empresa fabricante de productos insecticidas y un laboratorio estatal. Los resultados permitieron reconocer un problema de importancia médica y económica, caracterizarlo e identificar posibles soluciones.

IV. La vinchuca, *Triatoma infestans*

*Pasamos la noche en la villa de Luján, pequeña población rodeada por jardines, cuya comarca es la más meridional de todas las cultivadas en la provincia de Mendoza; está situada a cinco leguas al sur de la capital. No pude descansar por haberme visto atacado (no merece un calificativo menor lo que me sucedió) por un numeroso y sanguinario grupo de chinches negras de las pampas, las benchucas...
(Charles Darwin, Diarios de viajes)*

En las viviendas rurales de algunas provincias argentinas vive un insecto desagradable. Durante el día permanece oculto en las grietas de las paredes de barro, en los intersticios de los techos de ramas, en los cajones de los roperos y detrás de los cuadros. Por la noche, abandona esos escondites y sale a buscar sangre de humanos y otros animales. Mientras se alimenta, defeca sobre las personas dormidas y les transmite el microbio que produce la enfermedad de Chagas, una dolencia que dura toda la vida. En Argentina y sus países vecinos, a este insecto lo llaman vinchuca. Su nombre científico es *Triatoma infestans*.

No hay vacuna para prevenir el Chagas, y los pocos remedios efectivos producen graves efectos secundarios. La principal estrategia para interrumpir la transmisión de esta enfermedad es controlar a las vinchucas mediante la aplicación de insecticidas (Zerba 1999).

En 1978, a pedido de la empresa francesa Russell Uclaf, el CIPEIN realizó la primera evaluación del efecto de un insecticida piretroide en vinchucas. Ese insecticida era la deltametrina, y resultó muy efectiva (Casabé y col. 1988). Esto llevó a estudiar los efectos que los insecticidas de esta familia química producen en los insectos que transmiten el Chagas (Alzogaray y Zerba 1993, 1997, 2001a, 2001b, Alzogaray y col. 1997, Alzogaray y col. 1998). Durante más de dos décadas, productos en base a piretroides controlaron a las vinchucas en forma exitosa en Argentina y otros países sudamericanos... hasta que se comenzaron a detectar fallas de control.

En 2005, el CIPEIN publicó el primer informe de resistencia a insecticidas en vinchucas de Argentina (Picollo y col. 2005). Insectos de Catamarca, Mendoza, La Rioja, Salta y San Luis eran resistentes a deltametrina (González Audino y col. 2004). Pero los GR eran bajos (entre 2 y 7,9) y no parecía haber fallas de control. Al poco tiempo, se obtuvieron resultados más preocupantes: vinchucas de varias localidades del norte de Salta presentaban GR entre 51 y 133 para deltametrina y otros piretroides (Picollo y col. 2005, Sfara y col. 2006). Casi al mismo tiempo que se obtenían estos datos, las autoridades del Ministerio de Salud de Argentina informaron que la última campaña de intervención con piretroides en el norte de Salta no había sido efectiva. Pronto se descubrió que no era un fenómeno aislado.

En los años siguientes, se encontraron vinchucas resistentes a piretroides en varias provincias argentinas y en distintos departamentos del sur de Bolivia (Toloza y col. 2008, Germano y col., 2010, 2012, Carvajal y col.

2012, Germano y col. 2013, Roca-Acevedo y col. 2013). Los mecanismos que conferían resistencia a las vinchucas eran la actividad aumentada de enzimas y mutaciones que modificaban los canales de sodio del sistema nervioso, sitio de acción de los piretroides (Santo Orihuela y col. 2008, 2011, 2013, 2017, Fabro y col. 2012).

Una vez que los piretroides empezaron a fallar, hubo que buscar con qué reemplazarlos. Tras estudiar los efectos tóxicos de varios insecticidas, el CIPEIN recomendó aplicar en Salta el fosforado fenitrotión que, además de matar efectivamente las vinchucas resistentes a deltametrina, es poco tóxico para los seres humanos. A pesar de estas características, en Argentina no había ningún producto en base a fenitrotión registrado para controlar vinchucas y ninguna empresa lo desarrolló. Actualmente, el CIPEIN estudia las posibilidades que ofrecen para ese fin los fosforados pirimifós-metilo y azametifós (Reynoso y col. 2020).

V. El mosquito del dengue, *Aedes aegypti*

*Si pensás que sos demasiado pequeño como para marcar la diferencia,
intentá dormir con un mosquito en la habitación.*
(Proverbio africano)

El mosquito *Aedes aegypti* es el principal transmisor de los virus del dengue, fiebre amarilla, Zika y chikungunya, que cada año afectan a millones de personas en todo el mundo. Las hembras depositan los huevos en recipientes donde se acumula el agua de lluvia (tapas de gaseosas, frascos, bebederos para animales y cubiertas de neumáticos, entre otros). De los huevos nacen larvas que viven en el agua. Luego se transforman en adultos, abandonan el agua y vuelan en busca de alimento. Todos los mosquitos pueden sobrevivir ingiriendo el néctar de las flores, pero las hembras también se alimentan de la sangre de los humanos y otros animales. Las hembras que no ingieren sangre, son incapaces de producir huevos.

El control de *A. aegypti* consiste principalmente en eliminar los lugares donde las hembras depositan sus huevos y aplicar insecticidas para matar a las larvas. Cuando ocurre un brote de alguna de las enfermedades que transmite este mosquito, se recomienda aplicar insecticidas para reducir la cantidad de adultos (OMS 2009).

En 1964, Argentina fue declarada libre de *A. aegypti*. Veinte años más tarde, el mosquito regresó y ahora se encuentra en la mayor parte del territorio (Vezzani y Carbajo 2008). A partir de 1997, en el noroeste y noreste del país ocurrieron brotes de dengue casi todos los años. Esto condujo a un aumento en la aplicación de insecticidas. El uso intensivo de fosforados para controlar las larvas de *A. aegypti* generó altos valores de resistencia en casi todos los países del mundo. Para evitar que el problema aumentara, se reemplazó a los fosforados por piretroides (Macoris y col. 2007). Estos insecticidas fueron efectivos hasta que se algunas poblaciones de mosquitos se volvieron resistentes (Vontas y col. 2012, Naqqash y col. 2016).

En 2008, el CIPEIN reportó el primer caso de resistencia a insecticidas en larvas de *A. aegypti* de Argentina (Seccacini y col. 2008, Albrieu Llinas y col. 2009). Larvas provenientes de huevos colectados entre 2004 y 2009 en las ciudades argentinas de Clorinda (Formosa), Puerto Iguazú (Misiones) y Ledesma (Jujuy), presentaron baja resistencia al insecticida temefós (GR = 3) y no se detectaron fallas de control.

En 2013, se informaron fallas de control en Salvador Mazza (Salta). El CIPEIN determinó que los mosquitos de esa localidad eran resistentes a permetrina y deltametrina (Harburguer y col. 2021). La resistencia a deltametrina fue un dato de particular interés, porque este insecticida nunca se había usado en Argentina para controlar *A. aegypti*. También se descubrió que los mosquitos eran susceptibles al insecticida malatión que, entonces, podía constituir una alternativa para reemplazar a la permetrina.

Dos años más tarde, se informó resistencia a deltametrina en *A. aegypti* de la localidad boliviana de Yacuiba, a cinco kilómetros de Salvador Mazza (López Rodríguez 2015). El movimiento de personas y mercancías entre Yacuiba y Salvador Mazza es continuo e intenso, así que no se puede descartar que los mosquitos resistentes a deltametrina detectados en Salvador Mazza hayan ingresado a Argentina desde Bolivia. Los mosquitos de Salta y de Bolivia tienen rasgos genéticos en común, lo cual apoya la posibilidad de que se trata de una sola población que abarca ambos lados de la frontera (Albrieu-Llinas y Gardenal 2011). Esto puede dar una idea de los movimientos del mosquito *Aedes* en la región y explicar la repentina aparición de resistencia a deltametrina en Argentina, a pesar de que este insecticida no se había usado para controlar a estos insectos.

También se encontraron altos valores de resistencia a deltametrina en vinchucas *T. infestans* de Salvador Mazza (ver sección IV). Esto podría ser un indicio de que los insecticidas que se usan para controlar un insecto pueden tener un impacto indirecto sobre otro que habita la misma región. En este caso, la deltametrina aplicada para controlar a la vinchuca podría ser la responsable de la resistencia a ese insecticida encontrada en los mosquitos que conviven con ella.

En 2021, el CIPEIN informó el primer caso de resistencia en *Aedes* adultos de Argentina, los cuales presentaron un GR de 10,3 al insecticida *cis*-permetrina (Harburguer y col. 2021). Estos hallazgos son imprescindibles para tomar decisiones en los programas de control de insectos que transmiten enfermedades en Argentina, y sugieren la necesidad urgente de utilizar nuevos insecticidas en las áreas donde hay resistencia. Se desconoce la extensión geográfica de la resistencia, pero el CIPEIN la está investigando, así como los mecanismos involucrados.

VI. La mosca doméstica, *Musca domestica*

Todo hombre, dondequiera que vaya, está envuelto por una nube de convenciones reconfortantes, que lo acompañan como moscas en un día de verano.
(Bertrand Russell)

La mosca común o mosca doméstica, cuyo nombre científico es *Musca domestica*, es un insecto volador que molesta a las personas y otros animales (Szalanski y col. 2004, Khamesipour y col. 2018). Es una plaga de importancia médica que, al igual que la cucaracha, transporta sobre su cuerpo microbios que producen enfermedades en los humanos (Sasaki y col. 2000). En las granjas avícolas, suele haber grandes cantidades de moscas que provocan estrés en los animales, e incluso en los habitantes de las zonas vecinas. Tienen una alta capacidad reproductiva y su vida es tan corta que transcurren varias generaciones por año. Estas características favorecen el desarrollo de la resistencia a insecticidas.

En 2009, el CIPEIN publicó el primer informe de resistencia a insecticidas en moscas domésticas de Argentina (Roca-Acevedo y col. 2009). Se capturaron moscas en tres granjas avícolas de las localidades de Cardales, Las Heras y Luján (todas en la provincia de Buenos Aires), y se estudió la resistencia a los tres insecticidas comúnmente aplicados. Los valores de

GR para DDVP fueron 50, 62 y 45, respectivamente; los de permetrina, 94, 117 y 65; y los de ciromazina, 30, 11 y 4 (Figura 3).

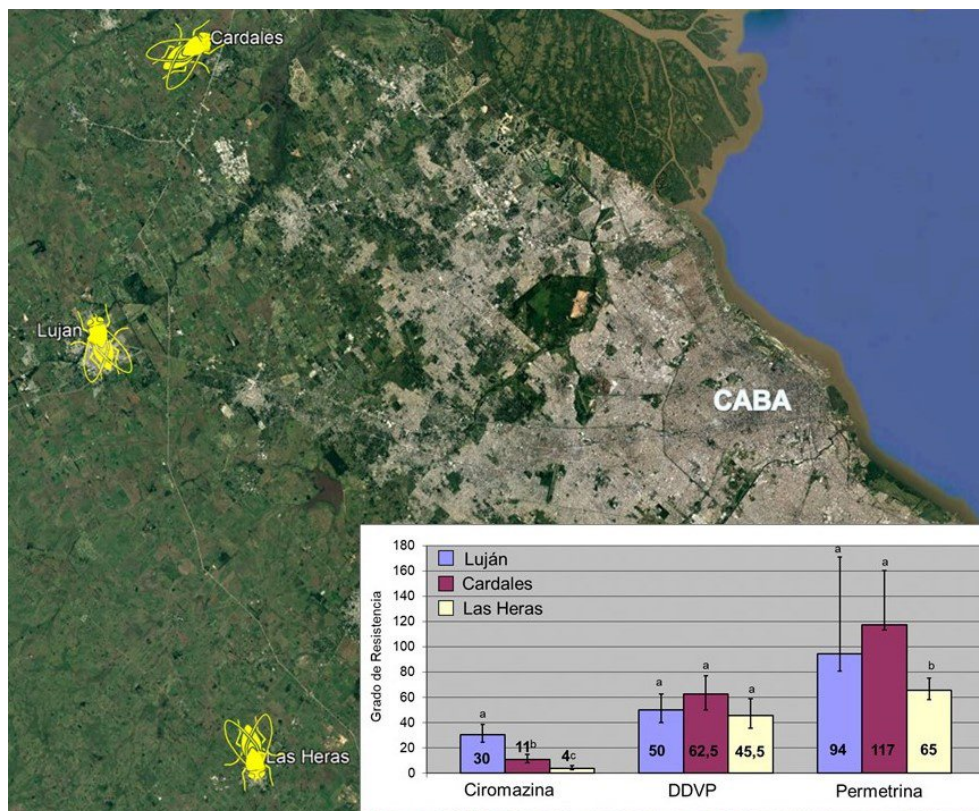


Figura 3. Grados de Resistencia a distintos insecticidas en moscas domésticas recolectadas en tres localidades de la provincia de Buenos Aires. El Grado de Resistencia indica cuántas veces más insecticida se necesita para matar a los insectos resistentes que a los susceptibles. Ciromazina, DDVP y permetrina eran tres insecticidas que se aplicaban habitualmente para controlar a la mosca doméstica cuando se realizó el estudio.

Estos resultados reflejan la historia del uso de insecticidas en las granjas estudiadas, donde los productores, al ver que los productos no controlaban a las moscas, aplicaban dosis mayores que las recomendadas. Es justo lo que no hay que hacer cuando una población de insectos se vuelve resistente a un insecticida. Una vez alcanzados altos valores de resistencia, como los encontrados en estas moscas, revertirla es un proceso que

toma mucho tiempo, porque el destino de las mutaciones resistentes depende de gran cantidad de factores (Kristensen y col. 2000).

Los resultados aquí descriptos indican que los insecticidas no deben utilizarse en forma indiscriminada y sin asesoramiento profesional. Cuando esto ocurre, la resistencia a insecticidas se convierte en un grave problema. Lo mejor es realizar un control integrado, basado en buenas prácticas de manejo, que incluya diferentes estrategias para minimizar la aplicación de insecticidas (Malik y col. 2007). Una de tales estrategias es el control biológico, que consiste en liberar donde hay moscas otros insectos que se alimentan de ellas (Crespo y col. 1998).

VII. La chinche de cama, *Cimex lectularius*

Muchas veces escuchamos el sonido molesto de un mosquito revoloteando por la noche, buscando alimento mientras intentamos dormir, pero... ¿acaso es el único insecto que puede convertirse en una verdadera pesadilla durante una simple noche de descanso o en un viaje de placer? La respuesta es No, si es que compartes el cuarto con chinches de cama.
(MC)

Existen más de cien especies de chinches que se alimentan de la sangre de aves y mamíferos (Usinger 1966). Tres de ellas viven en asociación estrecha con los seres humanos: *Cimex lectularius*, *C. hemipterus* y *Leptocimex boueti* (Henry 2009). Su distribución geográfica es amplia; *C. lectularius* es cosmopolita y prefiere climas templados, *C. hemipterus* se distribuye en regiones tropicales y *L. boueti* se restringe a zonas tropicales de África Occidental (Usinger 1966).

Las chinches de cama son insectos de importancia médica. Durante el día permanecen ocultas en lugares como las costuras de colchones y cortinas, zócalos, muebles y detrás de cuadros. A la noche abandonan esos refugios para alimentarse de la sangre de las personas (Rahlenbeck y col. 2016). Las consecuencias de las picaduras varían desde picazón e irritación hasta lesiones severas (Delaunay y col. 2009). Las heridas que provoca el rascado se pueden infectar; las partículas que se desprenden de sus cuerpos y sus excrementos afectan a las personas con asma. En casos extremos, la continua succión de sangre puede producir anemia en las personas picadas (Pritchard y Hwang 2009). Además, su presencia provoca angustia, insomnio y ansiedad (Berenger y col. 2008).

Originalmente, las chinches se alimentaban de la sangre de murciélagos. Su primer contacto con humanos ocurrió hace unos diez mil años, favorecido por el pasaje de la vida nómada a la social, con el establecimiento permanente en aldeas. La urbanización y la expansión gradual de la civilización y el comercio, permitieron a las chinches colonizar nuevos lugares (Potter 2011). Los viajes de los conquistadores europeos en el siglo XV, y las posteriores olas migratorias, las llevaron al continente americano (Usinger 1966). En Argentina, su presencia se registró por primera vez en los informes realizados en el siglo XVII por expediciones provenientes de Paraguay (Berg 1879). El crecimiento de la población humana, asociado con el bienestar que proporcionó la incorporación de bienes y servicios en los hogares, favoreció su proliferación (Usinger 1966). A partir de 1930, en las grandes ciudades de países desarrollados ocurrieron las primeras epidemias de chinches de cama (Johnson 1941).

Históricamente, la presencia de las chinches fue tratada con remedios caseros y métodos de control centrados en mejorar la higiene del hogar. Debido a la falta de recursos para realizar controles adecuados, las áreas más pobres solían ser las más afectadas (Potter 2011). En la segunda mitad del siglo XX, las aplicaciones de DDT y otros insecticidas redujeron las poblaciones de chinches de cama hasta casi su eliminación. El problema se volvió esporádico y quedó relegado a las zonas pobres (Krueger 2000).

A fines del siglo XX, las poblaciones de chinches de cama empezaron a crecer en todo el mundo (Romero 2011). Esto se debe a múltiples factores: el turismo, el intercambio comercial, la reutilización de muebles, la ausencia de vigilancia y la limitada variedad de insecticidas. Una de las principales causas de su resurgimiento mundial es la resistencia a insecticidas (Potter 2005, Romero y col. 2007, Koganemaru y Miller 2013).

En 2013, una encuesta enviada por el CIPEIN a noventa y tres empresas de control de plagas reveló que las chinches de cama eran un problema generalizado en Argentina, y que su control estaba encontrando dificultades (Vassena 2016). El 83% de las empresas comunicó el hallazgo de chinches de cama durante sus actividades de control (Figura 4). El sector turístico-hotelero era el más afectado, y los insecticidas más usados pertenecían a las familias de los piretroides y los fosforados. La encuesta permitió analizar exhaustivamente la situación en nuestro país, las estrategias de control implementadas y el resultado de los tratamientos (Cáceres 2020). También reveló que, a menudo, no se respetan las recomendaciones de uso que dan los fabricantes de los productos insecticidas.

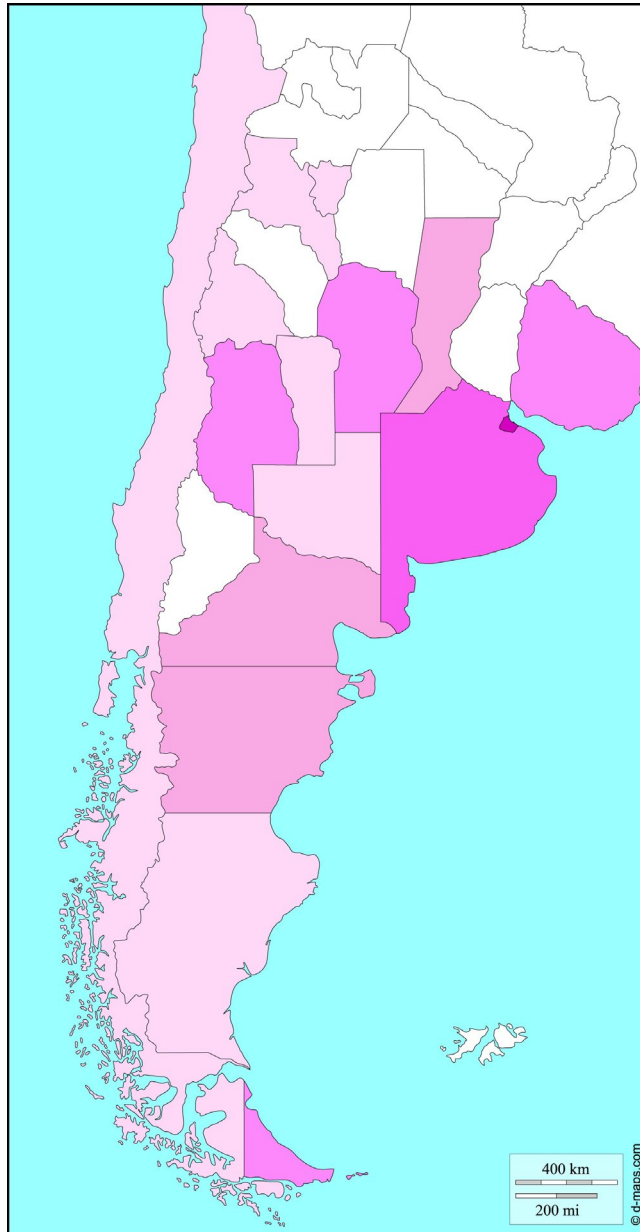


Figura 4. Presencia de chinches de cama en Argentina, según una encuesta realizada a los profesionales del control de plagas. Mayor intensidad de color indica mayor número de observaciones de chinches. En blanco, provincias de las que no se recibió información.

En 2019, el CIPEIN publicó el primer reporte de resistencia a insecticidas en chinches de cama de Argentina (Cáceres y col. 2019). Se habían

tomado muestras de chinches en las localidades de Tigre y Pergamino (provincia de Buenos Aires), y en los barrios de Retiro y Barracas (ciudad de Buenos Aires). Todas las muestras eran resistentes a deltametrina (GR entre 200 y 4000), propoxur (GR entre 160 y 1000), azametifós (GR entre 20 y 800) e imidacloprid (GR entre 24 y 196). En las chinches resistentes, la actividad de las enzimas que transforman a los insecticidas en sustancias poco tóxicas era mayor que en las susceptibles (Cáceres 2020).

Por último, se desarrolló una formulación compuesta por agua, eugenol, etanol y el insecticida imidacloprid (Cáceres y col. 2020). Tuvo una eficacia del 100% en insectos susceptibles y del 85% en los resistentes. Estos resultados plantean un posible camino a seguir para el desarrollo de formulaciones eficaces y con bajo impacto ambiental para el control de chinches de cama.

La resistencia a insecticidas es una característica muy difundida entre las chinches de cama de Argentina. Una forma de enfrentar este problema podría incluir la incorporación de nuevos compuestos y formulaciones de insecticidas que permitan un manejo adecuado de la resistencia y el control efectivo de estos insectos.

VIII. El futuro de la resistencia a insecticidas en insectos que transmiten enfermedades

*Me interesa el futuro porque es el lugar donde voy a pasar
el resto de mi vida.
(Woody Allen)*

Es prácticamente imposible evaluar las múltiples variables involucradas en el futuro del control de los insectos que transmiten enfermedades. Sin duda, la crisis en el desarrollo de nuevos insecticidas para controlar a estos insectos es uno de los condicionantes más importantes para analizar la evolución de los procesos de resistencia a insecticidas.

En los últimos treinta años, se descubrieron muy pocos insecticidas. Los desarrollos de herramientas novedosas para controlar insectos que transmiten enfermedades también fueron escasos. ¿A qué se debe esta falta de respuestas tecnológicas? Unas pocas megaempresas internacionales tienen la capacidad de desarrollar y patentar nuevos insecticidas. Sus objetivos están prioritariamente orientados al mercado agrícola; el

mercado de los insectos de importancia médica no les interesa (Zerba 2021). Las causas que aducen las megaempresas para justificar esta falta de interés son las siguientes:

- El mercado de los productos para controlar insectos de importancia médica es mucho más pequeño que el de los insectos de importancia agrícola y, por lo tanto, de menor interés económico.
- Al ser aplicados en el ámbito humano, los insecticidas para el control de insectos de importancia médica representan para las personas un riesgo toxicológico mayor que los destinados al agro.
- En muchos casos, los productos para controlar insectos de importancia médica son comprados por gobiernos de países del tercer mundo que, a veces, no cumplen en tiempo y forma con los pagos.
- En algunos países, el registro de productos para controlar insectos de importancia médica es independiente del registro agrícola. Esto implica un doble trámite y un doble esfuerzo regulatorio. Argentina es uno de esos países.

Considerando que el desarrollo de nuevos insecticidas está estancado, los pocos productos nuevos que aparecen se insertan con una significativa demora en el mercado de insectos de importancia médica, cuando declina su explotación agrícola y vencen sus patentes. Todo indica que la escasez de insecticidas para insectos de importancia médica es irreversible. Los previsible fenómenos de resistencia, cada vez más acentuados, marcan una tendencia difícil de revertir en el futuro cercano, porque las alternativas para reemplazar los insecticidas a medida que dejan de ser efectivos son pocas.

¿Cuál es la situación en Argentina? El gobierno es responsable de dos programas de control de insectos de importancia médica, cuyos escenarios y estrategias son marcadamente diferentes. Uno de estos programas está destinado a interrumpir la transmisión de la enfermedad de Chagas, que ocurre principalmente en las áreas rurales del norte, en las viviendas donde los humanos conviven con las vinchucas. La forma más práctica de interrumpir la transmisión del Chagas es controlar a las vinchucas mediante la aplicación de insecticidas (Zerba 1999).

El otro programa que depende del Estado, tiene como principal objetivo el mosquito *A. aegypti*. Cuando ocurren brotes y epidemias de las enfer-

medades transmitidas por este insecto, la forma más eficiente de interrumpirlos es controlando al mosquito mediante la aplicación de insecticidas.

En estos dos programas se usan insecticidas de la familia de los piretroides. Como ya se explicó en este capítulo, el uso intensivo y permanente de estos insecticidas condujo inexorablemente al desarrollo de resistencia en vinchucas y mosquitos. Ambos problemas fueron detectados y estudiados por el CIPEIN.

¿Qué hacer frente al problema de la resistencia a insecticidas? Ante la negativa de las megaempresas a desarrollar productos para insectos de importancia médica, queda como alternativa volver a usar viejos productos que fueron dejados de lado cuando los piretroides irrumpieron en el mercado.

La resistencia a piretroides en vinchucas impide interrumpir la transmisión del Chagas en grandes áreas de Argentina y Bolivia (Fronza 2019). Una forma de resolver este problema es reemplazar a los piretroides por insecticidas de otras familias químicas. Esto se podría implementar de dos maneras, que se pueden denominar metafóricamente: “salto al futuro” y “salto al pasado”

El “salto al futuro” consistiría en reemplazar los piretroides por insecticidas con diferentes sitios de acción recientemente desarrollados. Opción que, como ya se mencionó, no les interesa a las megaempresas.

Por sus importantes antecedentes de uso para controlar vinchucas, los fosforados malatión y fenitrotión deberían ser considerados una alternativa para controlar vinchucas resistentes a los piretroides (Zerba 2021). Sería un “salto al pasado” aceptable, dadas las circunstancias sanitarias y teniendo en cuenta que, además de ser muy tóxicos para las vinchucas, son poco tóxicos para los mamíferos y no tienen antecedentes de riesgos toxicológicos que podrían justificar su descalificación (Zerba 1989).

En el futuro inmediato, además de establecer un uso adecuado del control químico, los programas de control deberían profundizar el manejo integrado de insectos que transmiten enfermedades. Un programa de este tipo tendría que contemplar el manejo del medio con la necesaria participación comunitaria, vigilar la presencia de insectos y monitorear la resistencia a los insecticidas en uso. Un enfoque moderno como este,

indudablemente reduciría el desarrollo de resistencia a insecticidas en las poblaciones de insectos que transmiten enfermedades a los humanos.

XIX. Bibliografía

- Albrieu Llinás G., Seccacini E., Gardenal C.N., Licastro S. (2009) "Current resistance status to temephos in *Aedes aegypti* from different regions of Argentina", *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **105**, 113-116.
- Albrieu Llinás G., Gardenal C. N. (2011) "Introduction of different lineages of *Aedes aegypti* in Argentina", *Journal of American Mosquito Control Association* **27**, 429-432.
- Alzogaray R.A. (2021) "Cuando la muerte camina en seis patas (insectos, enfermedades e insecticidas)", *Ciencia e investigación* **71**, 7-25.
- Alzogaray R.A., Fontán A., Zerba E.N. (1997) "Evaluation of hyperactivity produced by pyrethroid treatment on nymph III of *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae)", *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* **35**, 323-333.
- Alzogaray R.A., Picollo M., Zerba E. (1998) "Independent and joint action of *cis*- and *trans*- permethrin on *Triatoma infestans*", *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* **37**, 225-230.
- Alzogaray R.A., Zerba E.N. (1993) "Temperature effect on the insecticidal activity of pyrethroids on *Triatoma infestans*", *Comparative Biochemistry Physiology* **104**, 485-488.
- Alzogaray R.A., Zerba E.N. (1997) "Incoordination, paralysis and recovery after pyrethroids treatment on third instars of *Triatoma infestans*", *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **92**, 431-435.
- Alzogaray R.A., Zerba E.N. (2001a) "Behavioral response of fifth instar nymphs of *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) to pyrethroids", *Acta Tropica* **78**, 51-57.
- Alzogaray R.A., Zerba E.N. (2001b) "Third instar nymphs of *Rhodnius prolixus* exposed to cyanopyrethroids: from hyperactivity to death", *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* **46**, 119-126.

- Alzogaray R.A. (ed.) (2018) *Insectos de importancia sanitaria en Argentina*. Editorial Autores de Argentina, Buenos Aires.
- Araujo A., Ferreira L.F., Guidon N., Maues da Serra Freire N., Reinhard K.J., Dittmar K. (2000) "Ten thousand years of head lice infection", *Parasitology Today* **16**, 269.
- Berenger J. M., Delaunay P., Pagés F. (2008). "Bedbugs (Heteroptera, Cimicidae): biting again", *Médecine Tropicale* **68**,563-567.
- Berg C. (1879). "Hemiptera. Argentina", *Anales de la Sociedad Científica Argentina* **8**, 209-226.
- Boné E., Aráoz B., González-Audino P., Sfara V. (2022) "Feeding behaviour of a pyrethroidresistant strain of the german cockroach *Blattella germanica* (Linnaeus, 1767)", *Neotropical entomology* **51**, 221-229.
- Boné E., Roca Acevedo G., Sterkel M., Ons S., González-Audino P., Sfara V. (2021) "Characterization of the pyrethroid resistance mechanisms in a *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) strain from Buenos Aires (Argentina)", *Bulletin of Entomological Research* **112**, 21-28.
- Cáceres M., Guzmán E., Álvarez Costa A., Ortega F., Rubio R.G., Coviella C., Santo Orihuela P.L., Vassena C.V., Lucia A. (2020) "Surfactantless emulsions containing eugenol for imidacloprid solubilization: physicochemical characterization and toxicity against insecticide-resistant *Cimex lectularius*", *Molecules* **25**, 2290.
- Cáceres M. (2020) "Estudio integral de la resistencia a insecticidas y alternativas para el control de la chinche de cama *Cimex lectularius* L. (Heteroptera: Cimicidae) en Argentina", Tesis. Universidad Nacional de San Martín, 200 p.
- Cáceres M., Santo-Orihuela P.L., Vassena C.V. (2019) "Evaluation of resistance to different insecticides and metabolic detoxification mechanism by use of synergist in the common bed bug (Heteroptera: Cimicidae)", *Journal of Medical Entomology* **56**, 1324-1330.

- Carvajal G., Mougabure-Cueto G., Toloza A.C. (2012) "Toxicity of non-pyrethroid insecticides against *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae)", *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **107**, 675-679.
- Casabé N., Melgar F., Wood E., Zerba E. (1988) "Insecticidal activity of pyrethroids against *Triatoma infestans*", *Insect Science and its Applications* **9**, 233-236.
- Cornwell P.B. (1976) "The cockroach", vol. 2. Associated Business Programmes, London.
- Crespo D.C., Lecuona R.E., Hogsette J.A. (1998) "Biological control : an important component in integrated management of *Musca domestica* (Diptera : Muscidae) in caged-layer poultry houses in Buenos Aires , Argentina", *Biological Control* **24**, 16-24.
- Crespo F.A., Valverde A. (2008) Orden Blattaria. En: Claps L.E., Debandi G., Roig Juñet S. (eds.), *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*, vol. 2, pp 167-179. INSUE-UNT Ediciones, Tucumán.
- Delaunay P., Blanc V., Del Giudice P., Levy-Bencheton A., Chosidow O., Marty P., Brouqui P. (2011) "Bedbugs and Infectious Diseases", *Clinical Infectious Disease* **52**, 200-210.
- Durden G.R., Mullen L.A. (2019) Introduction. In: Mullen L.A., Durden G.R. (eds.) *Medical and Veterinary Entomology*, pp. 1-16. Academic Press, London.
- Fabro J., Sterkel M., Capriotti N., Mougabure-Cueto G., Germano M., Rivera-Pomar R., Ons S. (2012) "Identification of a point mutation associated with pyrethroid resistance in the *para*-type sodium channel of *Triatoma infestans*, a vector of Chagas' disease", *Infection, Genetics and Evolution* **12**, 487-491.
- Fronza G. (2019) "Estudio integral de la resistencia a insecticidas en *Triatoma infestans* (Reduviidae: Triatominae) del Gran Chaco", Tesis. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

- Fujisaki T., Reich M. (1998) *TDRs contribution to the development of the fumigant canister for controlling Chagas disease*. World Health Organization (WHO), Geneva.
- Gao P. (2012) "Sensitization to cockroach allergen: Immune regulation and genetic determinants", *Clinical & Developmental Immunology* 563760.
- Germano M.D., Picollo M.I., Mougabure-Cueto G. (2013) "Microgeographical study of insecticide resistance in *Triatoma infestans* from Argentina", *Acta Tropica* **128**, 561-565.
- Germano M.D., Santo Orihuela P., Roca Acevedo G., Toloza A.C., Vassena C., Picollo M.I., Mougabure Cueto G. (2012) "Scientific evidence of three different insecticide resistant profiles in *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) populations from Argentina and Bolivia", *Journal of Medical Entomology* **49**, 1355-1360.
- Germano M.D., Vassena C.V., Picollo M.I. (2010) "Autosomal inheritance of deltamethrin resistance in field populations of *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae) from Argentina", *Pest Management Science* **66**, 705-708.
- González-Audino P., Vassena C., Barrios S., Zerba E.N., Picollo M.I. (2004) "Role of enhanced detoxication in deltamethrin-resistant *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae)", *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **99**, 335-339.
- González-Audino P., Barrios S., Vassena C., Mougabure-Cueto G., Zerba E., Picollo M.I. (2005) "Increased monooxygenase activity associated with resistance to permethrin in *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from Argentina", *Journal of Medical Entomology* **42**, 342-345.
- Harburguer L., Gonzalez P., Zerba E. (2021) "First report of adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) resistance to pyrethroids in Argentina", *Journal of Medical Entomology* **59**, 372-375.
- Henry T. J. (2009) "Biodiversity of Heteroptera". En: Foottit R.G., Adler P.H. (eds). *Insect Biodiversity: Science and Society*, pp 223-263. Blackwell Publishing, Chichester.

- IRAC - Insecticide Resistance Action Committee (2022) Mode of Action Classification Scheme, version 10.3. Disponible en: <https://irac-online.org/mode-of-action/>
- Johnson C.G. (1941) "The ecology of the bed-bug, *Cimex lectularius* L. in Britain: Report on research, 1935-1940", *The Journal of Hygiene* **41**, 345-461.
- Khamesipour F., Lankarani K.B., Honarvar B., Kwenti T.E. (2018) "A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.)", *BMC Public Health* **18**, 1-15.
- Koganemaru R., Miller D.M. (2013) "The bed bug problem: Past, present, and future control methods", *Pesticide Biochemistry and Physiology* **106**, 177-189.
- Kristensen M., Knorr M., Spencer G., Jespersen J.B. (2000) "Selection and reversion of azamethipos-resistance in a field population of the housefly *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), and the underlying biochemical mechanisms", *Journal of Economic Entomology* **93**, 1788-1795.
- Krueger L. (2000) "Don't get bitten by the resurgence of bed bugs", *Pest Control* **68**, 58-64.
- Lee S. H., Gao J.R., Yoon K.S., Mumcuoglu K.Y., Taplin D., Edman J.D., Takanoo-Lee M., Clark J.M. (2003) "Sodium channel mutations associated with knockdown resistance in the human head louse, *Pediculus capitis* (De Geer)", *Pesticide Biochemistry and Physiology* **75**, 79-91.
- López Rodríguez R.W. (2015) "Estudio de la sensibilidad y/o resistencia a los insecticidas del *Aedes aegypti*, vector del dengue en Bolivia", Tesis. Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Macoris M.L., Andrighetti M.T., Otrera V.C., Carvalho L.R., Caldas Júnior A.L., Brogdon W.G. (2007) "Association of insecticide use and alteration on *Aedes aegypti* susceptibility status", *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **102**, 895-900.

- Malik A., Singh N., Satya S. (2007) "House fly (*Musca domestica*): A review of control strategies for a challenging pest". *Journal of Environmental Science and Health Part B* **42**, 453-469.
- Mengoni S.L., Alzogaray R.A. (2018) "Deltamethrin-resistant *Blattella germanica* is less sensitive to the repellents DEET and IR3535 than non-resistant individuals", *Journal of Economic Entomology* **111**, 836-843.
- Mpuchane S., Allotey J., Matsheka I., Simpanya M., Coetzee S., Jordaan A., Mrema N., Gashe B.A. (2006) "Carriage of micro-organisms by domestic cockroaches and implications on food safety", *International Journal of Tropical Insect Science* **26**, 166-175.
- Mumcuoglu K.Y., Pollack R.J., Reed D.L., Barker S.C., Gordon S., Toloza A.C., Picollo M.I., Taylan-Ozkan A., Chosidow O., Habedank B., Ibarra J., Meinking T.L., Vander Stichele R.H. (2021) "International recommendations for an effective control of head louse infestations", *International Journal of Dermatology* **60**, 272-280.
- Naqqash M.N., Gökçe A., Bakhsh A., Salim M. (2016) "Insecticide resistance and its molecular basis in urban insect pests", *Parasitology Research* **115**, 1363-1373.
- OMS – Organización Mundial de la Salud (2009). *Dengue: guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control: nueva edición*. OMS, Ginebra.
- Picollo M.I., Vassena C.V., Casadio A.A., Massimo J., Zerba E.N. (1998) "Laboratory studies of susceptibility and resistance to insecticides in *Pediculus capitis* (Anoplura: Pediculidae)", *Journal of Medical Entomology* **35**, 814-817.
- Picollo M.I., Vassena C., Santo Orihuela P., Barrios S., Zaidemberg M., Zerba E. (2005) "High resistance to pyrethroid insecticides associated to the ineffectiveness of field treatments in *Triatoma infestans* from the north of Argentina", *Journal of Medical Entomology* **42**, 637-642.
- Picollo, M.I., Vassena C.V., Mougabure-Cueto G.A., Verneti M., Zerba E.N. (2000) "Resistance to insecticides and effect of synergists on per-

methrin toxicity in *Pediculus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from Buenos Aires”, *Journal of Medical Entomology* **37**, 721-725.

Potter M.F. (2005) “A bed bug state of mind: emerging issues in bed bug management”, *Pest Control Technology* **33**, 82-97.

Potter M.F. (2011) “The history of bed bug management—with lessons from the past”, *American Entomologist* **57**, 14-25.

Pritchard M.J., Hwang S.W. (2009) “Cases: Severe anemia from bedbugs”, *Canadian Medical Association Journal* **181**, 287-288.

Rahlenbeck S., Utikal J., Doggett S. (2016) “On the rise worldwide: Bed bugs and cimicosis”, *British Journal of Medical Practitioners* **9**, a921.

Reed D.L., Smith V.S., Hammond S.L., Rogers A.R., Clayton D.H. (2004) “Genetic analysis of lice supports direct contact between modern and archaic humans”, *PLoS Biol* **2**, e340.

Reynoso M.M.N., Alzogaray R.A., Harburguer L.V., Gonzalez P.V., Lucia A., Masuh H.M., Roca Acevedo G., Santo Orihuela P.L., Toloza A.C., Vassena C.V., Zerba E. N. (2022) “Potes fumígenos, ovitrampas y otras herramientas con bajo impacto ambiental para controlar vinchucas y mosquitos”, *Revista de Salud Ambiental* **22**, 61-70.

Reynoso M.M.N., Seccacini E.A., Zerba E. N., Alzogaray R.A., (2020) “Botanical monoterpenes synergize the toxicity of azamethiphos in the vector of Chagas disease, *Triatoma infestans*”, *Tropical Medicine and International Health* **25**, 1480-1485.

Roca-Acevedo G., Picollo M.I., Santo-Orihuela P. (2013) “Expression of insecticide resistance in immature life stages of *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae)”, *Journal of Medical Entomology* **50**, 816-818.

Roca-Acevedo G., Zapater M., Toloza A.C. (2009) “Insecticide resistance of house fly, *Musca domestica* (L.) from Argentina”, *Parasitology Research* **105**, 489-493.

Romero A. (2011) “Moving from the old to the new: insecticide research on bed bugs since the resurgence”, *Insects* **2**, 210-217.

- Romero A., Potter M.F., Potter D.A., Haynes K.F. (2007) "Insecticide resistance in the bed bug: a factor in the pest's sudden resurgence?", *Journal of Medical Entomology* **44**, 175-178.
- Rust M.K., Owens J.M., Reiersen D.A. (1995) *Understanding and controlling the German cockroach*. Oxford University Press, Oxford.
- Santo Orihuela P., Vassena C., Zerba E., Picollo M.I. (2008). "Relative contribution of monooxygenase and esterase to pyrethroid resistance in *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) from Argentina and Bolivia", *Journal of Medical Entomology* **45**, 298-306.
- Santo-Orihuela P., Carvajal G., Picollo M.I., Vassena C. (2013) "Toxicological and biochemical analysis of the susceptibility of sylvatic *Triatoma infestans* from the Andean Valley of Bolivia to organophosphate insecticide", *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **108**, 790-795.
- Santo-Orihuela P., Picollo M.I. (2011) "Contribution of general esterases to pyrethroid resistant *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) from Argentina and Bolivia", *Acta Toxicológica Argentina* **19**, 32-40.
- Santo-Orihuela P., Vassena C., Carvajal G., Clark E., Menacho S., Bozo R. (2017) "Toxicological, enzymatic and molecular assessment of the insecticide susceptibility profile of *Triatoma infestans* populations from rural communities of Santa Cruz, Bolivia", *Journal of Medical Entomology* **54**, 187-195.
- Sasaki T., Kobayashi M., Agui N. (2000) "Epidemiological potential of excretion and regurgitation by *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) in the dissemination of *Escherichia coli* O157: H7 to food", *Journal of Medical Entomology* **37**, 945-949.
- Seccacini E., Lucia A., Zerba E., Licastro S., Masuh H. (2008). "Aedes aegypti (L.): resistance to temephos in Argentina", *Journal of the American Mosquito Control Association* **24**, 608-609.
- Sfara V., Zerba E.N., Alzogaray R.A. (2006) "Toxicity of pyrethroids and repellency of diethyltoluamide in two deltamethrin resistant colonies of *Triatoma infestans* Klug, 1834 (Hemiptera: Reduviidae)", *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **101**, 89-94.

- Smallman-Reynor M.R., Cliff A.D. (2004) "Impact of infectious diseases on war", *Infectious Disease Clinics of North America* **18**, 341-348.
- Soderlund, D.M., Bloomquist J.R. (1990) "Molecular mechanism of insecticide resistans" En: Roush R.T. y Tabashnik B.E (eds). *Pesticide Resistance in Arthropods*. Springer, Boston.
- Szalanski A.L., Owens C.B., McKay T., Steelman C.D. (2004) "Detection of *Campylobacter* and *Escherichia coli* O157:H7 from filth flies by polymerase chain reaction", *Medical and Veterinary Entomology* **18**, 241-246.
- Tabashnik B.E., Sánchez D., Whalon M.E., Hollingworth R.M., Carrière Y. (2014) "Defining terms for proactive management of resistance to Bt crops and pesticides", *Journal of Medical Entomology* **107**, 496-507.
- Taiariol D.R., Vassena C.V., Picollo M.I., Alzogaray R.A., Zerba E.N. (2001) "Resistencia a insecticidas en *Blattella germanica* de Buenos Aires", *Acta Toxicológica Argentina* **9**, 92-95.
- Toloza A.C. (2010) "Bioactividad y toxicidad de componentes de aceites esenciales vegetales, en *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae) resistentes a insecticidas piretroides", Tesis. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Toloza A.C., Ascunze M.S., Reed D., Picollo M.I. (2014) "Geographical distribution of pyrethroid resistance allele frequency in head lice (Phthiraptera: Pediculidae) from Argentina", *Journal of Medical Entomology* **51**, 139-144.
- Toloza A., Vassena C., Gallardo A., González-Audino P., Picollo M.I. (2009) "Epidemiology of pediculosis capitis in elementary schools of Buenos Aires, Argentina", *Parasitology Research* **104**, 1295-1298.
- Toloza A.C., Germano M., Cueto G.M., Vassena C., Zerba E., Picollo M.I. (2008) "Differential patterns of insecticide resistance in eggs and first instars of *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) from Argentina and Bolivia", *Journal of Medical Entomology* **45**, 421-426.

- Usinger R.L. (1966) *Monograph of Cimicidae (Hemiptera, Heteroptera)*. Thomas Say Foundation Series, Entomological Society America, College Park.
- Vassena C.V. (2016) "Resurgencia de la chinche de cama *Cimex lectularius* (Heteroptera: Cimicidae) en Argentina", *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* **75**, 172-176.
- Vassena C.V., Mougabure Cueto G., González Audino P., Alzogaray R.A., Zerba E.N., Picollo M.I. (2003) "Prevalence and levels of permethrin resistance in *Pediculus humanus capitis* De Geer (Anoplura: Pediculidae) from Buenos Aires, Argentina", *Journal of Medical Entomology* **40**, 447- 450.
- Vezzani D., Carbajo A. (2008) "*Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and dengue in Argentina: Current knowledge and future directions", *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **103**, 66-74.
- Vontas J., Kioulos E., Pavlidi N., Morou E., della Torre A., Ranson H. (2012) "Insecticide resistance in the major dengue vectors *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*", *Pesticide Biochemistry and Physiology* **104**, 126-131.
- Wheeler C.M. (1946) "Control of typhus in Italy", *American Journal of Public Health* **36**, 119-129.
- WHO - World Health Organization (1997) "Vector control". WHO, Geneva.
- Zerba E. (1989) "Chemical control of Chagas disease vectors", *Biomedical and Environmental Sciences* **2**, 24-29.
- Zerba E. (1999) "Susceptibility and resistance to insecticides of Chagas disease vectors", *Medicina* **59**, 41-46.
- Zerba E. (2021) "El control de insectos vectores de la enfermedad de Chagas en el Cono Sur de América Latina", *Ciencia e Investigación* **71**, 26-37.