

Capacidad de detección de los caninos para localizar chinches de la cama y huevos de chinches viables

MARGIE PFIESTER,¹ PHILIP G. KOEHLER, y ROBERTO M. PEREIRA

Department of Entomology, Building 970 Natural Area Drive, University of Florida, Gainesville, FL 32611-0620
J. Econ. Entomol. 101(4): 1389-1396 (2008)

RESUMEN La chinche de cama, *Cimex lectularius* L., al igual que otras especies de chinches, es difícil de localizar visualmente, ya que es críptica. Los perros detectores son útiles para localizar chinches de la cama, ya que utilizan el olfato en lugar de la visión. Los perros fueron entrenados para detectar chinches de la cama (tanto adultos machos como hembras) y huevos de chinches viables (cinco, recogida 5-6 días después de la alimentación) mediante el uso de un alimento modificado y el sistema de recompensa verbal. Su eficacia se ha probado con chinches y huevos viables de chinches colocados en contenedores ventilados de cloruro de polivinilo. Los perros fueron capaces de discriminar chinches *Camponotus floridanus* Buckley, *Blattella germanica* (L.), y *Reticulitermes flavipes* (Kollar), con una tasa de indicio positivo de 97,5% (indicación correcta de que las chinches están presentes) y 0% de falsos positivos (indicación incorrecta de que las chinches están presentes). Los perros también fueron capaces de discriminar chinches vivas y huevos viables de chinches muertas, pieles fundidas y heces, con una tasa del 95% de indicio positivo y un 3% de tasa de falso positivo en las heces de chinches. En un experimento controlado en habitaciones de hotel, los perros tuvieron un 98% de precisión en la localización de chinches de cama vivas. A preparado de pseudoesencia a partir de la extracción de pentano de las chinches fue reconocida por perros entrenados como olor de chinches (100% indicación). La pseudoesencia podría ser utilizada para facilitar la formación del perro detector y programas de garantía de calidad. Bien entrenados, los perros pueden ser utilizados con eficacia para localizar chinches de cama vivas y huevos de chinches viables.

KEY WORDS *Cimex lectularius*, pseudoesencia, perro, *Camponotus floridanus*, *Blattella germanica*

La evidencia arqueológica muestra que el hematófago obligado chinche de la cama, *Cimex lectularius* L., ha perturbado el sueño de los seres humanos por lo menos durante los últimos 3.500 años (Panagiotakopulu y Buckland, 1999). La disminución del número de chinches en los países desarrollados después del final de la Segunda Guerra Mundial fue causada por múltiples factores, tales como diseños de casas nuevas, mejoras en la limpieza de los aparatos, y el uso generalizado de insecticidas sintéticos como el DDT (Kruger 2000, Gangloff-Kaufman y Schultz, 2003). A finales de 1990 se detectó el resurgimiento de las chinches en el mundo desarrollado, y las llamadas a los profesionales de control de plagas por las infestaciones de chinches han aumentado hasta un 4.500% en Australia (Doggett y Russell 2007).

Las chinches se esconden en grietas y hendiduras durante el día donde permanecen sin ser vistas; salen durante la noche para alimentarse (Usinger 1966). La variedad de los albergues de las chinches hace difícil la detección visual (Cooper y Harlan 2004). Su naturaleza críptica hace

particularmente difícil de descubrir infestaciones pequeñas, tempranas (Pinto et al. 2007). Debido a que muchos operadores de control de plagas no aplican insecticidas si no pueden localizar visualmente la plaga, las inspecciones son esenciales, pero pueden llevar mucho tiempo (St. Aubin 1981). Además, muchas personas han retrasado reacciones a las picaduras de chinches de cama o incluso no han tenido ninguna reacción (Sansom et al., 1992), por lo que es difícil correlacionar las reacciones con un marco de tiempo específico en el que una persona podría haber sido expuesta a una infestación. Las dificultades para confirmar las infestaciones de chinches causan que las infestaciones más tempranas pasen desapercibidas hasta que las poblaciones son abrumadoras (Pinto et al. 2007). Es más probable que tenga éxito el control de plagas temprano, y estas infestaciones son menos propensas a propagarse y son más baratas de controlar (Doggett 2007). Por lo tanto, sería valioso un método que complementa la localización visual de las chinches en la detección de chinches de cama vivas, especialmente para infestaciones pequeñas y tempranas.

Los perros se basan en el olfato en lugar de la visión y han sido utilizados para detectar una variedad de materiales, tales como los gases que carecen de olor para los humanos (Johnson 1977), hurones de patas negras (Reindl-Thompson et al. 2006), serpientes arbóreas pardas (Engeman et al. 1998), explosivos e incluso personas desaparecidas (Ashton y Eayrs 1970).

También hay relatos de perros entrenados para localizar insectos, como las polillas gitanas (Wallner y Ellis 1976), pupas y larvas del gusano barrenador (Welch, 1990) y termitas (Brooks et al. 2003). Actualmente están siendo utilizados perros para detección de chinches de cama por lo menos en los Estados Unidos y Australia (Cooper 2007, Doggett 2007). La calidad de la detección de las chinches por perros depende de la eficiencia de su formación y el entrenamiento del perro (Cooper 2007). Es esencial una alta precisión para los perros de chinches, porque la gente quiere eliminarlas, no sólo una reducción de la población (Pinto et al. 2007).

Para que los caninos de detección de chinches logren un alto nivel de precisión, deben ser capaces de diferenciar las chinches de otras plagas crípticas y los factores ambientales que se encuentran comúnmente en la misma ubicación, tales como hormigas, cucarachas, termitas y moho. Además, deben ser capaces de diferenciar chinches vivas y huevos viables a partir de los desechos de chinches (heces, pieles de muda y chinches de cama muertos), ya que la presencia de restos de chinches no necesariamente indica una infestación viva (Pinto et al. 2007). Por lo tanto, los caninos de detección de chinches suelen ser entrenados usando olores objetivo (insectos vivos y huevos viables de chinches) que están separados de los olores no objetivos (por ejemplo, otras plagas domésticas generales y restos de chinches). Sin embargo, como las chinches defecan y se despojan de sus pieles dentro de los aparatos de entrenamiento, los olores no-objetivo (desechos) deben ser removidos o los perros de forma inadvertida son entrenados para responder a ellos (USCS 1979). Por ejemplo, un perro que se formó en termitas y desechos de madera tenían una tasa de falsa indicación positiva de casi 75%, lo que significa que el perro indica la presencia de termitas sólo cuando había madera dañada por termitas presente (Brooks et al. 2003). Para simplificar el entrenamiento, se desarrolló una pseudoesencia de termita para entrenadores y manejadores de caninos de detección de termitas, lo que reduce la posibilidad de entrenar perros para olores no-objetivo (Brooks 2001).

El objetivo de nuestro estudio fue determinar la capacidad de los perros para detectar chinches vivas cuando fueron entrenados con chinches adultas. El primer objetivo fue determinar si los perros entrenados son capaces de diferenciar chinches de otras plagas domésticas generales, como las hormigas carpinteras de la Florida, *Camponotus floridanus* Buckley, las cucarachas alemanas *Blattella germanica* (L.) y las termitas subterráneas orientales, *Reticulitermes flavipes* (Kollar). En segundo lugar, quisimos determinar si los perros podrían ser entrenados para discriminar chinches vivas y huevos viables de otros materiales de chinches, como los depósitos de heces, pieles de mudas y chinches muertas.

También queríamos comprobar que, en un experimento controlado, los perros entrenados pueden localizar chinches ocultas en habitaciones de hotel. Por último, queríamos probar diferentes extracciones de solvente para ver si los perros entrenados podían reconocer una pseudoesencia como chinches vivas.

Materiales y métodos

Chinches. La cepa Harlan (Harold Harlan, Armed Forces Pest Consejo de Administración, Departamento de Defensa de EE.UU., Washington, DC) de la chinche de cama se crió en el Departamento de Entomología y Nematología de la Universidad de Florida (Gainesville, FL). Los insectos se mantuvieron en frascos de vidrio de crianza de 240-ml (Ball Colección Elite, Jarden Home Brands, Muncie, IN) con un círculo de papel de filtro de 90 mm (Whatman no. 1, Whatman, Clifton, NJ) en la parte inferior del recipiente de cría. Los albergues fueron hechos de rectángulos de papel manila (90 60 mm) plegados en forma de abanico y colocados en el interior de cada frasco.

Las chinches se separaron con fórceps de punta de pluma y se colocaron en frascos de crianza de acuerdo a la etapa de la vida (200 chinches en cada frasco). Cuando los adultos ponían huevos, estos eran colocados en nuevos frascos de crianza semanalmente. Esto se hizo colocando el frasco de cría en hielo para adormecer a los adultos y mediante la transferencia del papel de filtro con los huevos unidos a un nuevo frasco de cría. Se añadió un nuevo papel al frasco que contenía a los adultos. Para impedir la fuga de los insectos, se colocó tela organdí sobre la boca del recipiente de cría y se aseguró mediante una tapa de rosca. Las chinches se mantuvieron a 23-24 C con una humedad relativa del 50% y un fotoperiodo de 12:12 (L: O) h. Las chinches se alimentaron a engullir, una vez a la semana en pollos (animales de la Comisión de Atención Institucional y el empleo [IACUC] protocolo E876). Atamos las patas de los pollos y los encapuchamos y afeitamos las plumas a los lados de las pechugas para exponer la piel. Los frascos de cría de chinches de la cama se colocaron boca abajo sobre la piel afeitada y las chinches se alimentaron a través de la tela de organdí. Las chinches fueron cosechadas con un pincel de pelo de camelos 2 h antes de trabajar con los perros.

Plagas generales de los hogares. La cepa de cucarachas alemanas de Orlando fue criada en grandes frascos de cristal conteniendo albergues de cartón. La comida seca (23% de proteína cruda; Lab Diet 5001 dieta de roedores, PMI Nutrition International, Inc., Brentwood, MO) y el agua se proporcionaron *ad libitum*. Las cucarachas se mantuvieron a 23-24°C con una humedad relativa de 50% y un fotoperiodo de 12:12 (L: D) h. Las termitas subterráneas orientales se obtuvieron de una colonia individual (Gainesville, FL). Se les dio cartón húmedo y se mantuvo a 23°C con una humedad relativa de 55% y un fotoperiodo de 12:12 (L: D).

Las hormigas carpinteras de Florida fueron criadas en el laboratorio del USDA-ARS en Gainesville, FL, a una temperatura de 26-28°C. Fueron alimentadas con grillos cinco días a la semana, huevos duros una vez a la semana, y agua con 10% de azúcar y agua *ad libitum*. Todas las plagas domésticas generales fueron manejadas con fórceps de punta de pluma para evitar daños a los insectos.

Experimento de campo con viales con olores de plagas generales de los hogares, desechos de chinches y hotel. Se dobló papel de filtro (90 40 mm) de una manera similar a un abanico y se colocó en un vial con tapa de plástico (18,5 ml, Thornton Plastic Co., Salt Lake City, UT). Se cortó en la tapa un agujero (15 mm de diámetro). Sobre la abertura del vial se colocó tela organdí (60 60 mm) y se mantuvo en su lugar con su tapa. Se prepararon varios viales y dentro se colocaron cinco individuos de cualquiera chinches de cama vivas (sexos mezclados), hormigas carpinteras, termitas, cucarachas, huevos viables de chinches, chinches adultas muertas o mudas de chinches. Para el experimento de campo del hotel, se prepararon seis viales de olor conteniendo uno, cinco, o 10 chinches adultas sólo machos o sólo hembras. Los viales también se prepararon con papel de filtro tomado de los frascos de crianza que contenían heces de chinches de cama de diferentes edades. Se prepararon viales de control con sólo papel filtro dentro de ellos. Todos los viales de olor se utilizaron dentro de 2 h de la preparación.

Extractos de pseudoesencia y viales de olor. Cincuenta chinches adultas vivas, de sexo mezclado, se colocaron en cada uno de los cuatro viales de vidrio (15 ml, Fisher Científico, Pittsburgh, PA). Se añadieron a los viales diez mililitros de pentano o bien metanol, acetona, o agua. Los viales con insectos y solvente fueron agitados durante 10 min. Se extrajeron los disolventes con pipeta y se colocaron en diferentes viales de vidrio limpios. Los viales con las extracciones de disolvente se sellaron hasta su uso más tarde el mismo día.

Se prepararon viales con tapón de resorte con papel de filtro y tela de organdí como en la plaga doméstica general y los experimentos de restos de chinches. Quince minutos antes del experimento, se colocó 1 ml del extracto (equivalente a cinco chinches) sobre el papel de filtro en el interior de los viales. Se usó como un control un vial de SNAP-CAP que contiene sólo el papel de filtro. Se determinó previamente que los perros no indicaban en pentano, metanol, acetona o agua.

Estaciones de detección de esencia. Una estación de detección de olor consistía en un tubo de cloruro de polivinilo capsulado (PVC) (50 mm de diámetro por 150 mm de altura) fijado sobre una placa de plástico reciclado (17 por 48 por 4 cm). Perforamos un agujero (30 mm de diámetro) en el centro de la tapa de PVC para permitir que escape el olor de la estación. Después los viales de olor se colocaron dentro del tubo de PVC y en la parte superior de la placa de plástico, 10 cm de la boca del tubo de PVC .

Caninos. Se usaron siete perros en los siguientes experimentos (IACUC protocolo E732). El perro A era una hembra beagle castrada de 10 años de edad. El perro B era una hembra castrada crestada china de 4 años. El perro C era una hembra beagle mezcla esterilizada de 2 años. El perro D fue una hembra beagle mezcla esterilizada de 2 años. El perro E era un macho castrado Jack Russell terrier de 1 año de edad. El perro F era una hembra castrada beagle de un 1 año. El perro G fue un beagle macho castrado de 2 años.

Método de entrenamiento canino. Se prepararon viales de olor conteniendo chinches vivas

de cama y huevos viables de chinches como se ha descrito anteriormente, y se colocaron en estaciones de detección de olor. Los perros fueron entrenados para rayar en una estación de detección de olor conteniendo chinches de cama vivos o huevos viables por un alimento modificado y método de recompensa verbal (Brooks et al. 2003). Durante el entrenamiento, se colocaron en las estaciones viales conteniendo sustancias odoríferas de distracción (por ejemplo, comida para perros, olor humano, cucarachas alemanas y mudas vacías de chinches) para asegurar que los caninos estaban alertando sólo al olor de las chinches de cama vivas o huevos viables. Una vez que el olor de chinches de cama se asoció con la recompensa, los caninos fueron alimentados sólo después de que indicaban el olor de las chinches vivas o huevos viables. Todos los perros pasaron por 90 d de la formación inicial antes de ser utilizadas en los experimentos. Después de completar la formación inicial, los perros fueron mantenidos por alimentación dos veces al día sólo después de localizar el foco de olor. Para garantizar un rendimiento óptimo, los perros individuales nunca fueron trabajados en cualquier experimento de 40 min / d (Brooks et al. 2003).

Experimento general de plagas de hogares. se utilizaron cinco estaciones de detección de olor en este experimento, cada uno conteniendo un vial de detección de aroma con chinches vivas, cucarachas, termitas, hormigas, o un vial de control. Los viales se colocan dentro de las estaciones de detección de olor.

Se escribieron los contenidos del vial de detección de fragancias en la tapa de PVC con tinta invisible que sólo puede ser vista usando una luz UV, para evitar que el adiestrador de perros sepa que insectos se encontraban en la estación. Se marcaron todas las estaciones con tinta invisible para evitar que los perros detectaran la presencia de tinta. Las cinco estaciones se colocaron en una línea de 1 m de distancia unas de otras. El adiestrador de perros caminaba el perro abajo de la línea, lo que permite al perro olfatear cada estación. Si el perro se perdió una estación, el manejador le permitió dar vuelta y caminar alrededor de ella más allá de la estación de nuevo. Si el perro no indicó en ninguna estación, se le permitió caminar por la línea de estaciones por segunda vez. El orden de las estaciones se escogió al azar para cada repetición. En total se evaluaron cuatro perros (A, B, C, y D) utilizando un controlador con 20 repeticiones cada uno. Los datos fueron tomados en un período de 10 meses.

Cuando los perros fueron evaluados, se registró uno de tres resultados en función del rendimiento del perro: una indicación positiva, una indicación falsa positiva, o nada. Si el controlador interpreta una indicación por el perro en una estación, el guía verificó con el evaluador para determinar si las chinches estaban presentes. Si era así, la indicación se calificó como una señal positiva, y el perro fue recompensado. Si las chinches de cama no estaban presentes, la indicación se calificó como un falso positivo, y el perro no fue recompensado. Si el controlador no interpretó una indicación por el perro en cualquier estación, se registró como ninguna indicación.

Experimento con desechos de chinches. Se utilizaron seis estaciones de detección de olor en este experimento, cada uno conteniendo un frasco de perfume con cinco esencias de detección de mudas de chinches, chinches muertas, excrementos de chinches de la cama, huevos viables (recogidos 5-6 días después de la alimentación de los adultos), adultos vivos, chinches de sexo mezclados, o un frasco de control. El etiquetado, la posición y la aleatorización de las

estaciones se completaron como se ha descrito anteriormente en el experimento general de plagas de hogar. Los procedimientos de evaluación y calificación de perro también fueron como se describió anteriormente, excepto los perros que fueron recompensados por indicios positivos sobre chinches vivas y huevos viables. Se evaluaron tres perros (A, B, y D) utilizando un controlador con 20 repeticiones cada uno. Los datos fueron tomados en un período de 10 meses.

Experimento de campo en habitaciones de hotel. Se utilizaron seis frascos de perfume en este experimento, conteniendo cada uno cinco o 10 chinches adultas sólo hembras o sólo machos. Se utilizaron dos habitaciones del hotel con camas doble queen-size, una habitación sólo con frascos con esencia de chinches hembra, y la otra sólo con los viales de olor de chinches machos. Ambas habitaciones del hotel eran idénticas en tamaño y tenían muebles similares con el mismo patrón de disposición (Fig. 1). Para cada repetición, los viales de olor fueron ocultados al azar en cualquiera de las 17 ubicaciones posibles en cada habitación, las cuatro esquinas de la cama uno, las dos esquinas de la mesa de noche, las cuatro esquinas de la cama dos, las dos esquinas del sillón, la silla de escritorio, las dos esquinas interiores del cajón de la cómoda uno o las dos esquinas interiores del cajón de la cómoda dos. Todos los viales se ocultaron a la vista del perro y el guía canino. Los viales de esencia escondidos en la cama se colocaron entre el colchón y el somier a 5 cm del borde. En la mesilla de noche, los viales de olor se colocaron en las esquinas interiores delanteras de la cara abierta. Los viales de esencia escondidos en el sillón se colocaron debajo del cojín a 5 cm del borde.

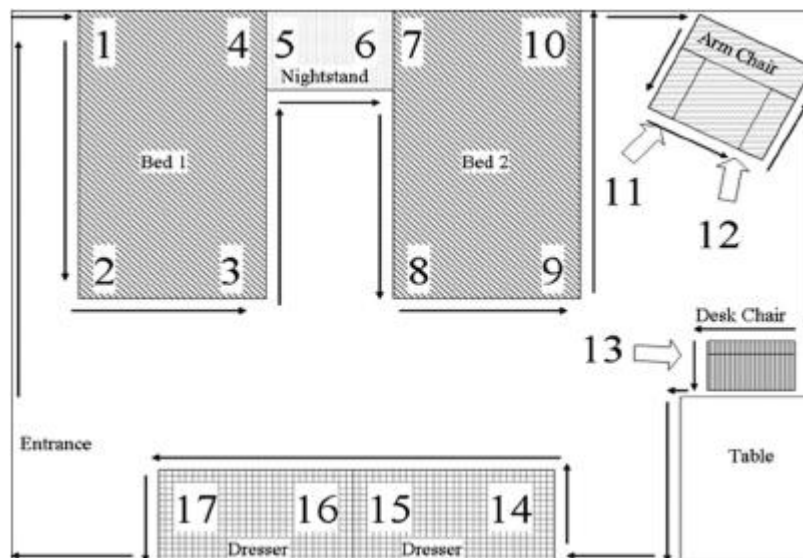


Fig. 1. Distribución de los muebles en las habitaciones de hotel, lugares de escondite de las chinches y el camino recorrido para buscar en los cuartos.

En la silla del escritorio, los viales de olor fueron colocados en la ranura donde se unen el respaldo y el asiento. Los cuatro cajones se abrieron ligeramente para permitir que los perros accedieran a la pista. Debido a esto, los viales de olor sólo se colocaron en la parte inferior de dos cajones de modo que el controlador no sería capaz de verlos. Los perros se acercaron a través de las habitaciones siguiendo el mismo camino para cada repetición. El equipo de perros - controlador superaron las posibles ubicaciones de las chinches escondidas en el orden indicado en el párrafo anterior. A los perros se les permitió dos pases en la habitación si era necesario. Los viales de esencia fueron trasladados al azar a nuevas ubicaciones entre cada pasada. Dejamos transcurrir quince minutos entre ambas para permitir que se disipara el

aroma en las ubicaciones anteriores y para permitir que el aroma se acumulara en las nuevas ubicaciones. Se evaluaron tres perros (A, B, y G) utilizando un controlador con seis repeticiones cada uno. Los datos se tomaron durante un período de 1 semana.

Experimento con extractos de pseudoesencia. En este experimento se utilizaron cinco estaciones de detección de olor, conteniendo un frasco de esencia de detección ya sea pentano, acetona, metanol, o extractos de agua, o un frasco de control. El etiquetado, la posición, y la aleatorización de las estaciones se completaron como se ha descrito anteriormente. También se realizaron los procedimientos de evaluación y puntuación de perros como se describió anteriormente, excepto que los perros fueron recompensados por indicación en cualquiera de las estaciones de detección de olor, excepto el control. Se añadió un adicional de 1 ml de cada extracto al vial de detección de olor adecuado antes de evaluar un nuevo equipo controlador – perro. Se evaluaron tres perros (D, E y F) usando un controlador con 20 repeticiones cada uno, y los datos fueron tomados durante un período de 1 semana.

Análisis estadístico. Se calculó el porcentaje de indicaciones positivas o falsos positivos para cada aroma basado en 20 repeticiones con cada perro, excepto para el experimento de habitación de hotel, que tenía seis repeticiones con cada perro. Los datos fueron entonces transformados al arcoseno raíz cuadrada y se analizaron por análisis de varianza de dos factores (ANOVA), con efectos principales como los perros y los olores en los viales de detección de olor. Las medias se separaron con Student-Newman Keuls (P 0,05; SAS Institute, 2003).

Resultados

Experimento general de plagas de hogares. ANOVA de dos factores determinó que la esencia de plagas domésticas en las estaciones de detección de olor, afectó significativamente las respuestas de los perros (F 3211, df 4, 3, 8, 380, p 0,0001). No hubo diferencias significativas entre los cuatro perros (F 2,11, df 4, 3, 8, 380; P 0,098). Hubo una interacción significativa entre los olores de plagas domésticas y los perros analizados (F 2,11; gl 4, 3, 8, 380, p 0,0156), debido a que un perro era menos preciso en la búsqueda de chinches de la cama cuando los insectos están presentes. Los perros entrenados para localizar el olor de las chinches vivas y huevos viables de chinches fueron capaces de distinguir chinches vivas de cama de las plagas domésticas, incluyendo las hormigas carpinteras, cucarachas y termitas (Tabla 1). Cuando las chinches vivas de la cama estaban presentes en las estaciones de detección de olor, los perros promediaron 98% de precisión en su localización. No se observaron falsos positivos de cualquiera de los perros; ningún perro indicó en cualquier estación de detección de olor que no contenía chinches de cama. Con los perros A, B, y D, no hubo falsos positivos, no hubo señales perdidas, y encontraron chinches cada vez que estaban presentes. Las indicaciones positivas para perros A, B, y D fueron significativamente mayores que las indicaciones positivas para el perro C, así como los falsos positivos para todos los perros (F 1897,47; df 7, 392; P 0,0001). No hubo falsos positivos tampoco para el perro C, pero no pudo detectar las chinches de cama dos veces durante 20 repeticiones.

Experimento con restos de chinches. El ANOVA de dos factores determinó que la esencia de los restos de chinches en estaciones de detección de olor afectó significativamente las respuestas de los perros (F 677; df 5, 2, 10, 342, p 0,0001). No hubo diferencias significativas entre los tres perros (F 0,53; df 5, 2, 10, 342, P 0,59), y no hubo una interacción significativa

entre los olores de restos de chinches y los perros analizados (F 0,53; df 5, 2, 10, 342, P 0,87). Los perros entrenados para localizar el olor de las chinches vivas y huevos viables de chinches fueron capaces de distinguir las chinches vivas y huevos viables de otros residuos de chinches, incluyendo las heces de chinches, chinches muertas y mudas secas (Tabla 2). Los perros fueron significativamente más exactos en la localización de chinches vivas de lo que eran en la localización de huevos viables de chinches (F 267; df 5, 174, p 0,0001), pero su tasa media de indicación positiva de huevos viables de chinches siguió siendo elevado con un 90%. Los perros tenían un promedio de tasa de falsos positivos del 3% en las heces de chinches, sin falsos positivos en cualquier otro aroma. Los tres perros localizaron las chinches vivas cada vez que estaban presentes, dándoles una indicación positiva perfecta sobre chinches vivas. Cada uno de los tres perros perdió indicar los huevos viables dos veces de cada 20 repeticiones.

Tabla 1. Porcentaje de indicación (% SE) por perros en estaciones de detección de esencias conteniendo plagas generales de hogares vivas y chinches de cama vivas.

Perro	% indicación										Indicación			
	Chinches		Hormigas		Cucarachas		Termitas		Blanco		positivo a		Positivo b o falso +	
A	100	0a	0	0c	0	0c	0	0c	0	0c	100	0x	0	0z
B	100	0a	0	0c	0	0c	0	0c	0	0c	100	0x	0	0z
C	90	6.88b	0	0c	0	0c	0	0c	0	0c	90	6.88y	0	0z
D	100	0a	0	0c	0	0c	0	0c	0	0c	100	0x	0	0z
Media	97.5	1.76m	0	0n	0	0n	0	0n	0	0n				

Los promedios en un bloque de tratamiento seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P 0,05; Student-Newman-Keuls, SAS Institute, 2003).

- Indicaciones positivas son indicaciones de perros en olor de chinches.
- Indicaciones falsas positivas son indicaciones de perros en cualquier otro aroma que no sean chinches.

La tasa general de indicación positiva fue la misma para cada perro en el 95%, que fue significativamente mayor que las tasas de falsos positivos (F 657; df 5, 354; P 0,0001). Cuando no estaban presentes las chinches vivas y los huevos viables, no hubo diferencias significativas de tasa de falsos positivos, aunque el perro A tuvo dos falsos positivos en las heces de chinches.

Experimento en habitaciones de hotel. La ANOVA de dos factores determinó que la fuente del olor (si los viales contenían chinches macho o hembra con densidades de uno, cinco, o 10) no afectó significativamente las respuestas de los perros (F 1,0, df 5, 2, 10, 36; P 0,4317). No hubo diferencias significativas entre los tres perros (F 1,0, df 5, 2, 10, 36; P 0,3779). La interacción entre los perros y los viales olor tampoco fue significativa (F 1,0, df 5, 2, 10, 36; P 0,4618). Los perros entrenados para localizar el olor de las chinches vivas y huevos viables de chinches eran capaces de cambiar la capacidad de estaciones experimentales de detección de olor a la situación más realista de habitaciones de hotel, con un promedio de precisión de 98% (Tabla 3). Los perros A y B fueron 100% exactos en la localización de chinches vivas, mientras que el perro G fue exacto en 94,4%. El perro G perdió una indicación de seis viales olor posibles de cada seis repeticiones, no indicó una vez en el vial que contenía cinco chinches hembra. No hubo falsos positivos para alguno de los perros; ninguno indicó que las chinches no estaban presentes en ninguna parte.

Experimento con extractos de pseudoesencia. ANOVA de dos factores determinó que el extracto en la estación de detección de olor afectó significativamente las respuestas de los perros (F 3571; df 4, 2, 8, 285; P 0,0001), pero de nuevo no hubo diferencias significativas entre los tres perros (F 1,0; df 4, 2, 8, 285; P 0,369). No hubo una interacción significativa entre los perros probados y los extractos (F 1, df 4, 2, 8, 285, p 0,436). Los perros entrenados para localizar el olor de las chinches vivas y huevos viables de chinches siempre indicaron en las estacione del extracto de pentano (Tabla 4), pero sólo promediaron 2% en el metanol y no indicaron sobre la acetona, el agua o el blanco de detección de olor. Todos los perros promediaron 100% de indicación en el extracto de pentano, que fue significativamente mayor que todos los demás extractos. El perro B tuvo una tasa de indicación de 5% en el extracto de metanol. La pseudoesencia de pentano que usamos se almacenó en un refrigerador a una temperatura de 3,3 ° C. Tres meses más tarde, los perros todavía indicaban en ella, así que siempre que se almacene adecuadamente la pseudoesencia tiene por lo menos un tiempo de conservación de tres meses.

Tabla 2. Porcentaje de indicación (% SE) por perros en estaciones de detección de esencias conteniendo materiales de chinches, chinches vivas comunes y huevos viables de chinches.

Perro	% indicación												Indicación			
	Chinches vivas		Chinches viables										positivo a		positivo b o falso positivo	
A	100	0	90	6.88	10	6.88	0	0	0	0	0	0	95	3.49a	2.5	1.76b
B	100	0	90	6.88	0	0c	0	0	0	0	0	0	95	3.49a	0	0b
D	100	0	90	6.88	0	0c	0	0	0	0	0	0	95	3.49a	0	0b
Media	100	0x	90	6.88y	3.33	2.34z	0	0z	0	0z	0	0z				

Los promedios en un bloque de tratamiento seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P 0,05; Student-Newman-Keuls, SAS Institute, 2003).

- Indicaciones positivas son indicaciones de perros en olor de chinches.
- Indicaciones falsas positivas son indicaciones de perros en cualquier otro aroma que no sean chinches vivas o huevos viables de chinches.

Tabla 3. Capacidad de los perros para localizar un número variable de chinches vivas machos y hembras en habitaciones de hotel.

Perro	% indicación (media SE)													
	Nº chinches hembras						Nº chinches machos						Positivo a	
	1		5		10		1		5		10			
A	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
B	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
G	100	0	66.7	33.33	100	0	100	0	100	0	100	0	94.4	5.56
Media	100	0	88.9	11.11	100	0	100	0	100	0	100	0		

Los promedios en un bloque de tratamiento seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P 0,05; Student-Newman-Keuls, SAS Institute, 2003).

- Indicaciones positivas son indicaciones de perros en olor de chinches.
- No se encontraron indicaciones positivas falsas.

Discusión

Se han utilizado perros detectores entrenados para localizar chinches vivos de cama y huevos viables de chinches como una herramienta para los operarios de control de plagas. Sin embargo, para que sean eficaces los perros deben ser capaces de localizar el olor objetivo con precisión. Los perros entrenados para localizar chinches de cama vivas y huevos viables tenían una precisión del 97%, que es similar a los estudios anteriores sobre los perros detectores de insectos. Un pointer alemán entrenado para detectar el gusano barrenador tuvo una precisión del 99,7% (Welch, 1990). Wallner y Ellis (1976) fueron capaces de formar a tres pastores alemanes para detectar masas de huevos de polilla gitana con una precisión del 95%. Seis perros que fueron entrenados para localizar termitas vivas tenían una precisión global del 96% (Brooks et al 2003). Del mismo modo, nuestros perros fueron capaces de discriminar los chinches de otras plagas domésticas generales que se pueden encontrar en los mismos lugares, como las cucarachas alemanas, hormigas carpinteras de la Florida y las termitas subterráneas del este. Los perros también fueron capaces de diferenciar los materiales de una infestación activa (chinches de la cama vivas y huevos de chinches viables) de los materiales de una infestación posiblemente inactiva (chinches muertas, mudas fundidas y heces de chinches). En una situación más realista, los perros también fueron capaces de localizar chinches de cama vivas escondidas en habitaciones de hotel. Se logró el nivel mínimo aceptable propuesto por Brooks *et al.* (2003) de un tipo de indicación positiva del 90% y una tasa de falsos positivos del 10% por los caninos de detección que probamos.

A pesar de que una alta tasa indicación positiva es una expectativa realista para los perros de detección, pocos estudios demostraron que algunos perros tenían una tasa de indicación positiva menor que el estándar mínimo aceptable propuesto (Brooks et al. 2003). Tres perros que fueron entrenados para identificar compuestos de sabor del agua del estanque (2-metil-lisoborneol y geosmina) tenían una precisión global del 77% (Shelby et al. 2004). Los perros entrenados para localizar serpientes arbóreas pardas ocultas en un cargamento a Guam tuvo una precisión del 70% (Engeman et al. 1998). Las menores tasas positivas de indicación podría ser el resultado de una variedad de diferentes factores, tales como el método de entrenamiento de perros, aparatos de entrenamiento utilizado, formación de mantenimiento, y la longitud de tiempo de búsqueda.

Los factores ambientales tales como la temperatura del flujo de aire, la mala interpretación de controlador y la accesibilidad del olor también podría haber afectado la precisión de los perros (Moulton 1972, Wallner y Ellis 1976, Ashton y Eayrs 1970, Welch 1990). En nuestro estudio, los perros tenían una alta tasa de indicación positiva porque hemos controlado tantas de estas influencias como fue posible. El método de formación que se utilizó fue modificado a partir de Brooks *et al.* (2003). La formación se mantuvo dos veces al día y la duración del tiempo de búsqueda se limita a 40 min o menos. El flujo de aire fue mínimo y la temperatura era constante debido al entorno de prueba de interior y se utilizó un controlador en todos los experimentos. Si se utilizan los métodos de formación propuesto por Brooks et al. (2003), si la formación se mantiene regularmente y si los factores ambientales y humanos son controlados,

es posible que los perros tengan una tasa de indicación positiva igual o superior a la propuesta de estándar mínimo aceptable.

A veces los perros no indicaban que el olor objetivo estaba presente, sino que no mostraban indicación. En nuestro estudio, todos los perros tuvieron un 10% sin indicación de huevos viables de chinches. Los perros entrenados para responder a un olor determinado reaccionaron sólo si el olor de destino cumple o sobrepasa un umbral de concentración (Moulton 1972, Settles 2005).

La relativamente alta tasa de no indicación de nuestros perros en huevos viables de chinches de cama puede ser debido a la baja concentración del olor determinado, aunque la tasa de 90% de indicación positiva en los huevos de chinches viables estaba dentro de las normas mínimas aceptables. Sin embargo, la respuesta de los perros también debe ser interpretada por el controlador. Ninguna indicación puede ser causada por mala lectura del comportamiento por el adiestrador de perros, haciendo hincapié en la importancia de un controlador con experiencia.

Una alta tasa de falsos positivos puede ser causada por entrenamiento defectuoso o mala interpretación por el manejador. Brooks *et al.* (2003) informaron sobre un perro con un 75% de tasa de falso positivo en la madera dañada por las termitas, cuando los insectos objetivo, termitas, no estaban presentes. Ese perro fue entrenado en especial para termitas y la madera dañada por termitas, cuando el único olor objetivo eran termitas. Sin embargo, los perros entrenados en termitas sólo tenían una tasa positiva falsa considerablemente menor. En nuestro estudio, creemos que los falsos positivos registrados para el perro A en las heces de chinches puede haber ocurrido debido a la defecación de chinches en los viales de detección de olor. Las heces fueron retiradas cada 2 ó 3 semanas de los viales de detección de olor, que fueron utilizados para el entrenamiento diario para A. Por lo tanto, el perro estaba siendo entrenado tanto en los olores objetivos como en los que no. Las heces fueron controladas diariamente y retiradas antes del entrenamiento del resto de los perros.

El entrenamiento de un perro solo en los olores de destino puede ser difícil, especialmente si el manejo de los insectos es difícil, como con las chinches vivas. La creación de una pseudoesencia de chinches puede hacer que el entrenamiento de detección de los perros sea más fácil. Una pseudoesencia puede eliminar la necesidad de que los entrenadores de perros manejen chinches de cama al tiempo que garantiza que los perros sólo están siendo entrenados en el olor objetivo. Los perros no indicaban en el extracto de acetona o agua. Un perro indicó una vez en el extracto de metanol. El pentano parece el candidato más posible para crear una pseudoesencia porque todos los perros indicaban 100% sobre el extracto de pentano. Parece que el pentano tiene la capacidad de contener el foco de olor de las chinches de cama debido a que los perros indicaban en el extracto de pentano tanto con chinches vivas como con huevos de chinches viables.

La pseudoesencia de pentano se puede utilizar de muchas maneras diferentes. Puede ser utilizada para entrenar a los perros, en sustitución de las chinches vivas que son difíciles de majenar para muchas personas. Además, los programas de control de calidad son necesarios y requieren generalmente evaluar si los perros entrenados siguen trabajando correctamente (Doggett 2007). La existencia de una pseudoesencia sería ideal en esta situación. La

pseudoesencia permitiría una técnica para la garantía de calidad que se podría utilizar en cualquier edificio, sin la posibilidad de la creación accidental de infestaciones.

La detección de chinches por perros puede ser una herramienta valiosa para la industria. Pueden ayudar en la detección de infestaciones tempranas y establecidas. Desde el punto de vista económico, la localización de estas plagas puede reducir el número de posibles demandas de los clientes (Doggett 2007). En lugar de que los gerentes de hoteles sepan de una infestación porque un cliente fue picado, pueden buscar las infestaciones y tratarlos antes que los clientes se vean afectados. Además, debido a que los caninos de detección de chinches pueden ser entrenados sólo para localizar chinches vivas de cama y huevos viables, los perros pueden volver a comprobar las habitaciones tratadas previamente para confirmar si el tratamiento fue exitoso.

Nuestro estudio ha demostrado que los perros pueden ser entrenados para localizar con precisión chinches vivas y huevos viables de chinches a una tasa de indicación positiva de 90% y una tasa de falsos positivos del 10%, según lo propuesto por Brooks *et al.* (2003). Los perros pueden diferenciar las chinches vivas de otras plagas domésticas generales, como las cucarachas alemanas orientales, las termitas subterráneas y las hormigas carpinteras de la Florida. Los perros también pueden discriminar chinches vivas y huevos viables de chinches de otros restos de chinches, como mudas secas, heces y chinches de cama muertas.

El experimento de habitación de hotel mostró que los perros pueden localizar tan poco como una sola chinche de la cama en una habitación de hotel. La producción de una pseudoesencia haría más fácil entrenar perros sólo en olor deseado, posiblemente incrementando la exactitud de los perros. Los perros pueden ser entrenados para localizar insectos crípticos que resultan difíciles de detectar visualmente mientras que los perros sean entrenados en una manera similar al método que utilizamos, se mantenga un entrenamiento regular, se utilice un controlador con experiencia y los olores no-objetivo se separen de olores determinados. La capacidad de los perros bien entrenados para localizar con precisión los insectos crípticos tiene muchas posibilidades; los perros podrían ser utilizados para localizar y monitorear las poblaciones de muchos insectos importantes, como las abejas de miel africanizadas o el barrenador esmeralda del fresno, *Agrilus planipennis* Fairmaire.