

VISIÓN INFRARROJA EN INSECTOS

LIZBETH R. GONZALEZ

Docente

INTRODUCCIÓN

Nuestros ojos son detectores que han ido evolucionando para detectar ondas de luz visible. La luz visible es uno de los pocos tipos de radiación que puede penetrar nuestra atmósfera y que es posible detectar desde la superficie de la Tierra.

La radiación infrarroja se encuentra comprendida entre el espectro visible y las microondas. Las ondas infrarrojas tienen longitudes de onda más largas que la luz visible, pero más cortas que las microondas; sus frecuencias son menores que las frecuencias de la luz visible y mayores que las frecuencias de las microondas. El término *infrarrojo cercano* se refiere a la parte del espectro infrarrojo que se encuentra más próxima a la luz visible; el término *infrarrojo lejano* denomina la sección más cercana a la región de las microondas.

La fuente primaria de la radiación infrarroja es el calor o radiación térmica. Cualquier objeto que tenga una temperatura superior al cero absoluto ($-273,15^{\circ}\text{C}$, o 0 grados Kelvin), irradia ondas en la banda infrarroja. Incluso los objetos que consideramos muy fríos -por ejemplo, un trozo de hielo-, emiten en el infrarrojo. Cuando un objeto no es suficientemente caliente para irradiar ondas en el espectro visible, emite la mayoría de su energía como ondas infrarrojas. Por ejemplo, es posible que un trozo de carbón encendido no emita luz visible, pero que sí emita la radiación infrarroja que sentimos como calor. Mientras más caliente se encuentre un objeto, tanta más radiación infrarroja emitirá.

Hoy en día, la tecnología infrarroja tiene muchas aplicaciones interesantes y útiles. En el campo de la astronomía infrarroja se están realizando nuevos y fascinantes descubrimientos sobre el universo. En medicina, la radiación infrarroja es una herramienta de diagnóstico muy útil. Las cámaras fotográficas infrarrojas son utilizadas en actividades policiales y de seguridad, así como en aplicaciones militares y de lucha contra incendios. Las imágenes infrarrojas se emplean para detectar pérdidas de calor en edificios y probar sistemas electrónicos. Los satélites infrarrojos monitorean el clima terrestre, estudian modelos de vegetación, llevan a cabo en estudios geológicos y miden las temperaturas oceánicas.

Hay especies de escarabajos como *Melanophila acuminata*, que evolutivamente han desarrollado una especial sensibilidad a la radiación infrarroja de una longitud de onda entre 2,2 y 4 m. que les permite aviso de incendios forestales en una distancia de hasta 50 kilómetros. Se trasladan a los bosques destruidos por el fuego, a copular y depositar sus huevos en la corteza de los árboles quemados que no tienen enemigos naturales que se pueden encontrar (Schmitz 2004).

La detección de la radiación se realiza por dos órganos hoyo que se encuentran en la parte inferior del escarabajo. Cada una de ella está formada de unos 70 sensilla que están respectivamente, inervadas por una sensilia mecano receptora.

Durante años, Schmitz (2004) y compañeros entomólogos han especulado que el escarabajo *Melanophila acuminata*, utiliza sensores de pelos modificados para recoger las señales que indican que el calor es intenso.

DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS SENSORES INFRARROJOS DE *MELANOPHILA ACUMINATA*.

Una descripción de la estructura de los sensores de la radiación infrarroja (IR) de *Melanophila acuminata* (De Geer), y del papel de las alas durante el vuelo mecánicamente, es la modulación de los IR apoya un modelo de la percepción IR thermopneumático. El modelo de que por impulso de infrarrojos, que corresponden a longitudes de onda emitidas, entra en un local cerrado, hermético, cavidad de paredes gruesas en cada uno de los sensores a través de una guía de onda y epicuticular en la parte apical es absorbida por una delgada, endocutícula compuestas de laminillas de quitina. La lámina se calienta y, a su vez se expande y comprime el aire basal cuticular que desplaza la tapa de cuerpo tubular del sensor, desencadenando un impulso dendrítico y emitiendo un potencial de acción en la neurona. Este proceso es posible debido a la absorción por la lámina de quitina. Las longitudes de onda de los rayos infrarrojos emitidos, como resultado extraordinario en la longitud de onda de infrarrojos de discriminación, la energía radiante de sensibilidad y de respuesta rápida de tiempo. Estas propiedades distinguen el sensor de temperatura de los sensores de los insectos, a veces erróneamente designado como sensores infrarrojos, que responden lentamente a la banda ancha de longitud de onda de radiación.

EL ÓRGANO INFRARROJO EN *MELANOPHILA ACUMINATA*

La fotomecánica de las sensillas infrarrojas (IR) de los escarabajos de *Melanophila*, son sensores biológicos miniaturizados para la radiación de infrarrojos con un componente de micro fluidos cerrados dentro de un ámbito poco cuticular. Las sensillas infrarrojas del escarabajo *Melanophila* han evolucionado desde cerdas mecano sensitivas (pelos mecanorreceptores) y todavía están inervadas por células sensoriales mecano receptoras. Cada sensilia IR puede ser considerada como una rápida transductora de radiación de infrarrojos en un micro evento.



Figura 1. *Melanophila acuminata*
(Coleóptera: Buprestidae)

Los órganos infrarrojos de *Melanophila acuminata* consisten de 50-100 sensilla situados en la parte inferior de un hoyo al lado de la coxa de las patas mesotorácicas, que no desarrollan exocutícula. Cada sensilia va acompañada de una glándula de cera cuticular y tiene una lente de tipo esférica (12-15 micras de diámetro) con su abombamiento en el

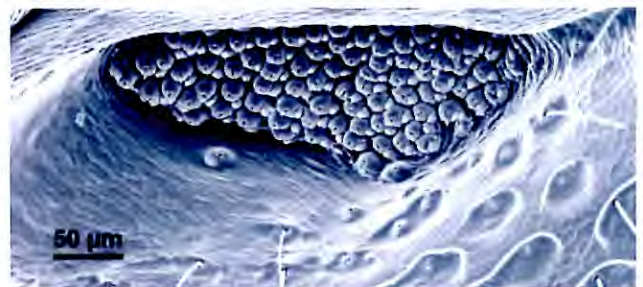


Figura 2. Por debajo de las alas, escarabajos *Melanophila* poseen un órgano de infrarrojos en cada lado del tórax. IR. Este órgano único contiene alrededor de 70 receptores de infrarrojos (llamado sensilla IR), que se encuentran en la parte inferior de un pequeño hoyo de alrededor de 0,3 x 0,15 mm.

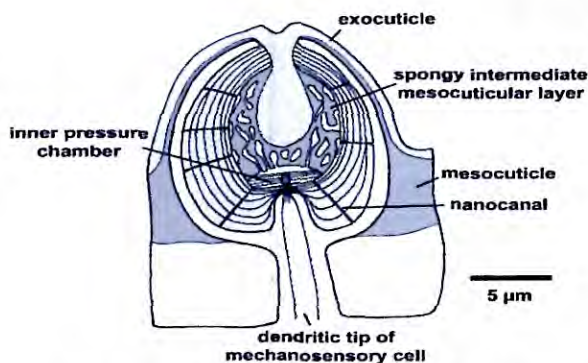


Figura 3. Esquema de una sensilia de *Melanophila acuminata*

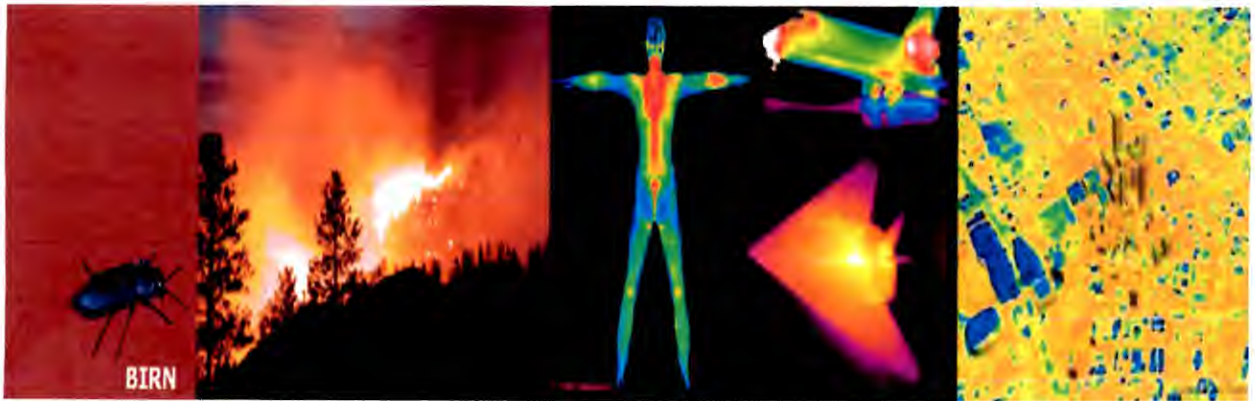


Figura 4. Muestra al escarabajo *Melanophila acuminata* como utiliza sus sensores infrarrojos

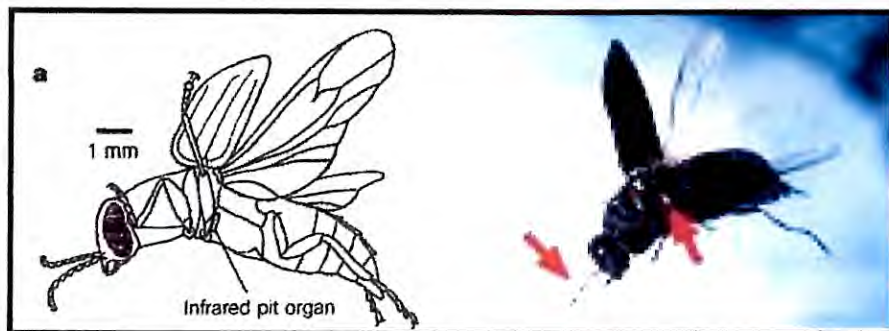


Figura 5a. Diagrama de *Melanophila* (longitud del cuerpo 10 mm) presentando los lugares en donde se encuentran los sensores IR.

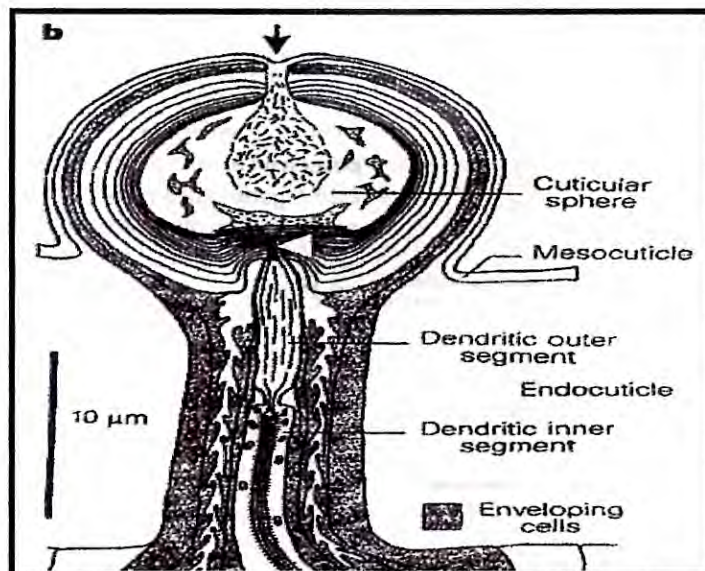


Figura 5b. La cavidad de los órganos infrarrojos está situada junto a la coxa, en el centro de las patas, y se encuentran completamente expuestos durante el vuelo. Sensilia de infrarrojos..

hemisferio superior por encima de la superficie, cubierto sólo por una fina cutícula de aproximadamente 1 micra distal de los dos procesos que envuelven las células rodean toda la esférula con la excepción de un pequeño tallo apical que conecta la esférula a la cutícula exterior (Vondran, 1995).

La radiación de infrarrojos es absorbida principalmente por la cutícula de la pequeña esfera y el fluido (agua) en el interior de la capa intermedia esponjoso. Debido al calentamiento y la expansión térmica del fluido, especialmente un aumento de la presión en el interior de la cámara de presión interior se genera. Esto se traduce en una ligera deformación de la membrana de la punta de una célula dendrítica mecano sensitiva, que induce la apertura del tramo activado de los canales de iones. (fig.3).

DETECCIÓN DE INCENDIOS DE BOSQUES FORESTALES POR (IR)

Entre otras adaptaciones, la capacidad de detectar por infrarrojos distantes de los bosques, confiere una ventaja evolutiva en escarabajos *Melanophila* por lo que les permite llegar y aprovechar los recursos (árboles recién muertos) antes de sus competidores. *Melanophila acuminata* (De Geer) es el más común de los 11 conocidos de especies de *Melanophila*, que por distantes forestal o de otras fuentes de calor como el petróleo, el cemento plantas, (Evans, 1966). Estos escarabajos sensoriales poseen una fosa contigua al margen lateral mesocoxal de cada cavidad.

Evans (1966) demostró que estos escarabajos pueden detectar, utilizando fuentes de infrarrojos vinculados a receptores situados en el mesotórax cerca de la cavidad coxal y orientarse hacia la fuente de calor, lo que indica que los sensores infrarrojos son, en efecto, los receptores, ha estimulado la investigación para obtener más información acerca de ellos, en particular en relación a los mecanismos de recepción IR y de la transducción de estímulos.

En adultos *Melanophyla acuminata*, las células secretoras se han convertido, y la epidermis es apenas perceptible bajo el microscopio de luz.

Por lo tanto, un nuevo enfoque para comprender el funcionamiento del sensor IR es necesaria y, tal como se resume en la fig. 3, se basa en:

- 1) una descripción de su estructura.

- 2) sobre el mecanismo de un ala y de la Modulación de la señal de infrarrojos necesaria para respuestas fásicas, y
- 3) el desarrollo de un modelo de thermopneumatico.

Cuando la especie *Melanophila acuminata* De Geer es estimulada con la radiación infrarroja, las respuestas se obtuvieron en el rango de 2,0 a 6,0 m. La mayor sensibilidad se consideró, sin embargo, en los 2,5 a 4,0 m gama de energía a un nivel de $6,0 \times 10^{-5}$ vatios por cm^2 . Los órganos que detectan la radiación infrarroja se encuentran en el mesotórax junto a la coxal.

Mediante el examen de las características físicas de la radiación infrarroja, ha sido posible calcular las distancias a partir de la cual los incendios forestales de diferentes tamaños pueden ser detectados con *M. acuminata*. Por ejemplo, la radiación procedente de un incendio en 50 acres de terreno montañoso puede ser detectada por este insecto a 5 Km., pero el mismo tamaño de fuego en terreno llano sólo puede ser detectado a partir de 1 km. Las implicaciones ecológicas de los hábitos de este insecto son también discutidos (Evans, 1966).

Los escarabajos del género *Melanophila*: *Buprestidae* enfocan los incendios forestales a grandes longitudes, desde distancias de hasta 50 kilómetros, debido a que sus larvas sólo pueden desarrollarse en maderas recién quemada. Experimentos de comportamiento indican que la *Melanophila* no utiliza el órgano olfativo o auditivo para detectar señales de los incendios forestales (Israelowitz, 2007).

La sensibilidad espectral de la fosa del órgano del escarabajo *Melanophila acuminata* (Coleóptera: Buprestidae) fue medido usando un láser infrarrojo sintonizable ultrarrápido, como fuente y norma de las técnicas electrofisiológicas. El hoyo de órganos puede ser clasificado como un detector de banda ancha como los escarabajos respondiendo a todas las longitudes de onda de excitación de infrarrojos de 2 a 6 micras. Hubo una disminución en la respuesta y el umbral de latencia y un aumento en la magnitud de la respuesta en la región de 2,8 a 3,5 micras, lo que correspondía a una región de la disminución de la transmitancia (aumento de absorbancia), medido por espectroscopia infrarroja transformada de Fourier. Las implicaciones de la correlación entre la respuesta espectral y propiedades ópticas se discuten (Martillo, 2001).

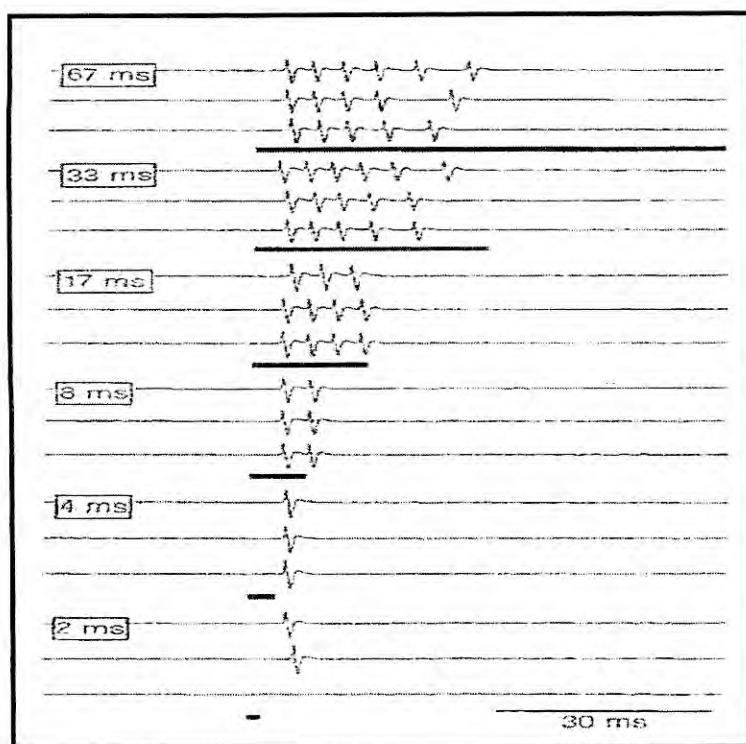


Figura 6. Las respuestas de las neuronas, grabado desde la cavidad del órgano, a diversos estímulos de infrarrojos. Cada traza muestra la respuesta original a un estímulo. Las barras horizontales indican los tiempos de exposición. Cada ensayo se repitió tres veces. El número de potenciales de acción disminuye con la disminución de la duración de estímulo, 2 minutos es suficiente para generar una respuesta.

El uso de grabaciones electro fisiológicas, demuestran que la fosa de los órganos receptores de infrarrojos responden en *Melanophila*. Un receptor de este tipo podría ser utilizado para identificar las emisiones de infrarrojos de un incendio forestal.

Sólo los escarabajos del género *Melanophila* están vinculados con órganos de la parte torácica. En la parte inferior de cada pozo se encuentran entre 50 y 100 cúpula-sensilla, que están plenamente expuestas durante el vuelo (Martillo, 2001).

En el rango de 2,5 micras de longitud de onda de 4micras, que corresponde a la emisión máxima de un incendio forestal una intensidad de sólo $0,06 \text{ mW cm}^{-2}$ es suficiente para causar temblores. Aunque este comportamiento de respuesta indica que la fosa de los órganos de *Melanophila acuminata*, podría funcionar como sensores infrarrojos, hasta ahora, no hay pruebas fisiológicas.

Israelowitz (2007), estudió los órganos IR de la *Melanophila acuminata* histológicamente, los órganos de los sentidos, utilizando microscopía de fluorescencia, acústico-filtro de microscopía óptica, y dos fotones microscopía de fluorescencia para identificar. Encontró radiación de fluorescencia en longitudes de onda de absorción de 480 nm y emisión a 570 nm. El papel funcional de esta novela es la fluorescencia, hasta el momento, desconocida, pero puede aplicarse a especies de clasificación, identificación y estudios de comportamiento.

La detección de incendios por escarabajos que tienen una capa externa dura, lo suficiente como para dejar que el sentido de la radiación infrarroja de un incendio de hasta 10 kilómetros.

Es casi como si estos escarabajos fuego puedan “escuchar” el calor, dice Helmut Schmitz, un entomólogo de la Universidad de Bonn en Alemania y coautor del nuevo estudio. “Pero este es el primer estudio para mostrar cómo funciona el mecanismo”, dice Schmitz. “Es un poco de piedra, volcó al tratar de comprender cómo los escarabajos’ funcionan con los sensores de calor”.

Cada sensor consta de una pequeña esfera que envuelve alrededor de un interior, el fluido que contiene un único micro compartimentos y las células nerviosas, o receptor, sensible a la presión mecánica.

Para determinar si los receptores de los escarabajos de este tipo, tienen una capa externa dura, los científicos probaron la dureza de cada uno de los receptores de la capa. Ellos encontraron que la capa exterior es dos veces más y 1,5 veces más rígida que el líquido que contienen medio de la capa. La gran diferencia fue suficiente para la conclusión de que el sensor no se expande cuando se calienta y actuará como una vasija de presión por los insectos «calor-sensing receptor, dice Schmitz.

BIBLIOGRAFÍA

- Evans W. 1966. Perception of Infrared Radiation from Forest Fires by *Melanophila Acuminata* de Geer (Buprestidae, Coleoptera). *Ecology*: Vol. 47, No. 6, pp. 1061-1065.
- Evans W. 1964. Infra-red Receptors in *Melanophila acuminata* de Geer. *Nature*. 202-211.
- Israelowitz M. et al. 2007. Fluorescence of “fire chaser” beetle. *Journal of Luminescence*. Vol. 126:1, págs 149-154.
- Linsley E. 1943. Attraction of *Melanophila* beetle by fire and smoke. *Journal Economic. Entomology*. Vol 36. Pages 341-342.

- Martillo D. et al. 2001. Infrared spectral sensitivity *Melanophila acuminata*. *Journal of Insect Physiology*. Vol 47:12. 1441-1450 pages.
- Martillo D. et al. 2001. Threshold sensitivity and response characteristics of infrared detection in the beetle *Melanophila acuminata* (Coleóptera: Buprestidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol 128:4. 805-819 pages.
- Schmitz, H..2004. Detection of Forest Fires by Smoke and Infrared Reception: the Specialized Sensory Systems of Different Fire-Loving Beetles. *Entomologie Heute* Vol.16.177-184 pages.
- Schmitz H. 1997. Fine structure and physiology of infrared receivers *Melanophila* of beetles of the genus (Coleóptera: Buprestidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*. Vol. 26:3. 205-215 pages.
- Vondran T. et al. 1995. The IR receiver of *Melanophila acuminata* De Geer (Coleóptera: Buprestidae): ultrastructural study of an insect thermoreceptor and its possible descent from a hair mechanoreceptor. *Tissue and Cell*. Vol.27:6. 645-658 pages.
- Mueller, M., and Schmitz, H. 2008. "Micromechanical properties of consecutive layers in specialized insect cuticle: the gula of *Pachnoda marginata* (Coleoptera, Scarabaeidae) and the infrared sensilla of *Melanophila acuminata* (Coleoptera, Buprestidae). *The Journal of Experimental Biology*. Vol.211.

