

SEGUIMIENTO DE INSECTOS CONTAMINADOS CON MATERIAL RADIACTIVO EN EL MEDIO NATURAL MEDIANTE EL RADAR ARMÓNICO

Juan M. Alvarez, Sanford D. Eigenbrode & James B. Johnson

Department of Plant Soil and Entomological Sciences (PSES)
Aberdeen R & E Center
University of Idaho
1693 S. 2700 W.
Aberdeen, ID 83210 (USA)
jalvarez@uidaho.edu

Existen en la literatura un extenso número de trabajos que describen métodos para seguir el movimiento de insectos terrestres incluyendo el uso de trampas de caída y marcadores radioactivos. Desafortunadamente, estos métodos presentan bastantes desventajas, como la alteración del ambiente y del comportamiento natural del insecto en estudio (cuando el comportamiento es conocido), y la posibilidad de contaminación del investigador y del ambiente con la radiación.

Una posible solución a estos problemas está en el uso del radar armónico. MASCANZONI & WALLIN (1986) usaron por primera vez esta técnica para el rastreo de carábidos en campos experimentales sembrados con cereales en Suecia. Con el uso del radar armónico, estos autores demostraron que los carábidos son capaces de dispersarse largas distancias durante varias noches consecutivas. Para ello marcaron y siguieron a varios carábidos y determinaron que una hembra de una de las especies más comunes en el área, *Pterostichus melanarius* (Illiger), parasitada por nemátodos, recorrió una distancia de 124 metros moviéndose más o menos en línea recta. Con esta técnica fueron detectados incluso individuos que se enterraron en el suelo a una profundidad de 20 o 30 cm, o escondidos en la densa vegetación.

El radar armónico (Recco Co., Suecia) fue usado originalmente para rescatar víctimas sepultadas por avalanchas, especialmente esquíadores. Los esquíadores llevan un transmisor en sus botas que permite su localización, usualmente desde un helicóptero, en caso de ser atrapados por una avalancha. El equipo usado en estudios entomológicos consiste en un transmisor de microondas y un receptor portátil en forma de pistola que funciona con pilas. El costo inicial del equipo fue estimado en 14.000 dólares (MASCANZONI & WALLIN, 1986), pero actualmente se puede conseguir por cerca de la mitad de este precio. El reflector consiste en un diodo diminuto (ROLAND *et al.*, 1996) con una antena pequeña usualmente hecha de un material muy liviano como el alambre de cobre revestido de Teflón (~0.2mm \varnothing). El largo de la antena es crítico, ya que determina el rango de detección. Sin embargo, en algunos casos, el peso de una antena muy larga va a alterar el comportamiento normal del insecto. El diodo refleja la señal, cuando es iluminado por las microondas, a una frecuencia armónica de la frecuencia transmitida. Los diodos con las antenas se adhieren a los élitros de los escarabajos, con un pegamento de suficiente resistencia, permitiendo su seguimiento con el receptor portátil.

El radar armónico también ha sido utilizado para seguir insectos voladores, especialmente aquellos que vuelan a baja altitud como las abejas. RILEY *et al.* (1996) desarrollaron un método basado en el radar armónico para estudiar el vuelo de las abejas de miel (*Apis mellifera*) y abejorros (*Bombus* sp.). Con el uso de unos diminutos detectores electrónicos (16 mm y ~3 mg

pegados al tórax de las abejas, siguieron dichos insectos en un rango de 700 metros a una altitud entre pocos centímetros sobre el suelo hasta cerca de 3 metros.

ROLAND *et al.* (1996), usaron detectores aún más pequeños que los usados por SMITH *et al.* (1996), para el seguimiento del vuelo de varias especies de mariposas y polillas, y de dos especies de moscas parasitoides de las polillas. El peso de los microtransmisores en este estudio representó un incremento en el peso de los insectos de entre 0,1 a 0,9 %. Recientemente, CAPALDI *et al.* (2000), usaron el radar armónico para estudiar la orientación del vuelo de las abejas. Estos investigadores encontraron que las abejas hacen múltiples vuelos de orientación, antes de convertirse en colectadoras de néctar y polen, con el propósito de reconocer el terreno alrededor de la colmena. Los vuelos de orientación permiten a las abejas observar sus colmenas y las condiciones del relieve desde diferentes puntos de vista, sugiriendo que las abejas aprenden acerca del relieve local de forma progresiva.

Hace unos meses, presentamos una propuesta de investigación al Departamento de Energía de los Estados Unidos para obtener un *grant* de un cuarto de millón de dólares. Nuestra propuesta incluye el uso del radar armónico para examinar la movilidad de radionucleidos por medio de escarabajos en suelos que presentan contaminación con materiales radioactivos. Los suelos de los laboratorios de energía nuclear pueden presentar una alta concentración de radionucleidos cerca de las salidas de agua que enfría los reactores nucleares. Este es el caso en nuestro lugar de estudio, el Laboratorio Nacional de Ingeniería y Ambiente de Idaho, EE. UU. (INEEL por su sigla en inglés: Idaho National Engineering and Environmental Laboratory). El INEEL está situado en el sureste del estado cerca de las planicies del río Snake, es operado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos y cubre un área aproximada de 2.300 km².

Estudios previos han demostrado que los organismos móviles en el suelo son vehículos potenciales de materiales radioactivos. Los insectos son probablemente importantes transportadores de radionucleidos en el suelo por su abundancia, actividad y participación en redes tróficas (MARCUS, 1983; SCHELL & SUGAI, 1980). Algunos trabajos sugieren que las hormigas cosechadoras, *Pogonomyrmex salinus* Olsen (Hymenoptera: Formicidae), son factores potencialmente importantes en el movimiento de radionucleidos debido a la cantidad de suelo removido en la excavación de sus nidos profundos (FITZNER *et al.*, 1979; BLOM, 1990; BLOM *et al.*, 1991). GAGLIO *et al.* (1997) realizaron trabajos para prevenir la entrada de las hormigas cosechadoras a lugares contaminados y de esta forma evitar el movimiento de radionucleidos. En estudios realizados con trampas de caída en el 2001, Alvarez (no publicado) encontró que los insectos coleópteros dominaron el complejo de artrópodos del

suelo en varios campos estudiados en el sureste del estado de Idaho. De 2064 individuos capturados entre junio y septiembre, el 88% fueron coleópteros y el 93% de éstos pertenecieron a la familia Carabidae (escarabajos del suelo). Nuestra propuesta consiste en examinar el potencial de los escarabajos del suelo para transportar radionucleidos en sitios contaminados del INEEL.

BLOM *et al.* (1991) estudiaron varios sitios del INEEL localizados en el Área del Reactor de Pruebas (ARP). Estos autores, incluyendo a uno de nosotros (J.B.J.), localizaron la presencia de nidos de hormigas cosechadoras, *P. salinus*, alrededor de varios pozos del ARP. Los pozos del ARP fueron construidos para recibir el agua de deshecho que refresca los reactores nucleares. El agua de estos pozos presenta niveles bajos de contaminación y percola en la litosfera (KUZO *et al.*, 1983). Varias muestras de suelo fueron colectadas de cada uno de los nidos de hormigas junto con muestras de suelo fuera de los nidos. Adicionalmente, muestras de suelos de nidos ubicados fuera del INEEL fueron colectadas y usadas como control para comparación. Siete radionucleidos fueron detectados en las muestras de suelo del INEEL. Sin embargo, ¹³⁷Cesium (Cs) y ⁶⁰Cobalto (Co) fueron los más abundantes y frecuentes. Las hormigas alteraron la distribución local de los radionucleidos alrededor de sus nidos. Estas hormigas movilizaron radionucleidos verticalmente dentro de sus nidos y fue detectado un gradiente lateral que mostraba menos contaminación hacia afuera de los nidos.

A pesar de estos interesantes hallazgos, es imposible estudiar el potencial real de las hormigas para movilizar radionucleidos a largas distancias por causa de su tamaño pequeño y por que su dispersión a larga distancia ocurre sólo una vez al año durante el vuelo anual de apareamiento. Por ello propusimos estudiar escarabajos del suelo, los cuales permitirán la evaluación de la dispersión y el movimiento de larga distancia de radionucleidos. El orden Coleoptera es conformado por un grupo grande y biológicamente diverso de insectos el cual está bien representado en el INEEL. STAFFORD *et al.* (1986) estudiaron la fauna terrestre del INEEL y reconocieron 214 especies de escarabajos pertenecientes a 29 familias. Numerosas especies de escarabajos, incluyendo a los escarabajos predadores del suelo en la familia Carabidae (24 especie en el estudio de STAFFORD *et al.*, 1986), son más grandes que las hormigas. Esto permitirá el estudio más detallado del movimiento de individuos.

Los cuatro objetivos que incluimos en nuestra propuesta fueron: 1) Medir los niveles de radionucleidos en el suelo en dos sitios contaminados identificados previamente en otros estudios y en dos sitios fuera del INEEL que serán usados como control. 2) Muestrear los escarabajos del suelo de los cuatro sitios seleccionados con trampas de caída e identificar las especies para el estudio basado en su tamaño, abundancia y patrón de movimientos. 3) Analizar los niveles de radionucleidos en los cuerpos y tejidos de los escarabajos. 4) Probar las hipótesis acerca del movimiento de las especies de escarabajos usando la técnica del radar armónico.

Anticipamos que los Carabidae presentes en los cuatro sitios incluirán uno de los omnívoros más grandes, por ejemplo una de las especies de *Harpalus*, y una de las especies más grandes de predadores, por ejemplo *Calosoma luxatum* Say, o *P. melanarius*. Entre los Tenebrionidae estrictamente fitófagos preveemos estudiar una de las especies de *Eleodes*. Para detectar la contaminación de radionucleidos interna y externa en los escarabajos usaremos los métodos de BLOM *et al.* (1991).

La separación de la contaminación interna y externa podría ser importante, porque parece probable que esa contaminación externa esté influenciada por el nivel local de contaminación,

mientras que el nivel de la contaminación interna esté influenciada también por los hábitos de alimentación del escarabajo. Después de esto evaluaremos el potencial de los escarabajos adultos para transportar radionucleidos. Su movimiento se seguirá usando el radar armónico, para rastrear escarabajos individualmente en la superficie de la tierra (WALLIN Y EKBOM, 1988), pero usando los nuevos reflectores más pequeños. La antena tendrá que ser lo suficientemente corta para aminorar efectos artificiales en el movimiento del escarabajo. Por esta razón, tendremos que determinar la eficacia del sistema cuando los escarabajos estén en sus refugios subterráneos. Toda esta información permitirá una mejor comprensión de los medios por los cuales los invertebrados del suelo adquieren la contaminación de radionucleidos y su potencial para transportar estas materias. Determinará también la extensión y cantidad del transporte de radionucleidos por escarabajos del suelo. Esto permitirá investigar sobre medidas preventivas requeridas para limitar el transporte de radionucleidos en sitios contaminados.

Literatura Citada

- BLOM, P. E. 1990. *Potential impacts on radioactive waste disposal situations by the harvester ant, Pogonomyrmex salinus Olsen (Hymenoptera: Formicidae)*. MS thesis, University of Idaho.
- BLOM, P. E., JOHNSON, J. B. & ROPE, S. K. 1991. Concentrations of ¹³⁷Cs and ⁶⁰Co in nests of the harvester ant, *Pogonomyrmex salinus*, and associated soils near nuclear reactor waste water disposal ponds. *American Midland Naturalist*, **126**: 140-151.
- CAPALDI, E. A., SMITH, A. D., OSBORNE, J., FAHRBACH, S. E., FARRIS, S. M., REYNOLDS, D., EDWARDS, A., MARTIN, A., ROBINSON, G. E., POPPY, G. M. & RILEY, J. R. 2000. Ontogeny of orientation flight in the honeybee revealed by harmonic radar. *Nature*, **403**: 537-540.
- FITZNER, R. E., GANO, K. A., RICKARD, W. H. & ROGERS, L. E. 1979. *Characterization of the Hanford 300 area burial grounds. Task IV - Biological Transport*. Pacific Northwest Laboratory, Richland, WA. 57 pp.
- GAGLIO, M. D., OSORIO, E. A., MCKAY, W. P. & WATTS, S. I. 1997. Effectiveness of biobarriers in preventing harvester ants from entering waste sites. Pp. 34-37 In Reynolds, T. D., R. W. Warren and O. D. Markham (eds.) *Environmental Science and Research foundation Annual Technical Report*; Calendar Year 1997.
- KUZO, G. B., FRALEY JR., L., WHIKER, F. W. & MARKHAM, O. D. 1983. Transuranic nuclides in pelagic and benthic components of Test Reactor leaching ponds. In: O.D. Markham (ed.). *Idaho National Engineering Laboratory Radioecology and Ecology Programs, 1983 Progress Report. DOE/ID-12098*. National Technical Information Service, Springfield, VA. 357-380.
- MARCUS, H. 1983. A mobile source of radiation-contaminated cockroaches. *Health Physics*, **45**: 785-788.
- MASCANZONI, D. & WALLIN, H. 1986. The harmonic radar: a new method of tracing insects in the field. *Ecological Entomology*, **11**: 387-390.
- RILEY, J. R., SMITH, A. D., REYNOLDS, D. R., EDWARDS, A. S., OSBORNE, J. L., WILLIAMS, I. H., CARRECK, N. L. & POPPY, G. M. 1996. Tracking bees with harmonic radar. *Nature*, **379**: 29-30.
- ROLAND, J., MC KINNON, G., BACKHOUSE, C. & TAYLOR, D. 1996. Even smaller radar tags on insects. *Nature*, **381**: 120.
- SCHELL, W. R. & SUGAI, S. 1980. Radionuclides at the U. S. radioactive waste disposal site near the Farallon Islands. *Health Physics*, **39**: 475-496.
- STAFFORD, M. P., BARR, W. F. & JOHNSON, J. B. 1986. Coleoptera of the Idaho National Engineering Laboratory: An Annotated Checklist. *Great Basin Naturalist*, **46**: 287-293.
- WALLIN, H. & EKBOM, B. 1988. Movements of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) inhabiting cereal fields: a field tracing study. *Oecologia*, **77**: 39-43.