



La técnica del insecto estéril: planeación familiar en beneficio de nuestra alimentación y salud

En nuestro planeta existen muchos insectos benéficos. Sin las abejas y otros polinizadores no tendríamos la gran variedad de alimentos con los que contamos hoy. Algunas de nuestras frutas y verduras preferidas como los mangos, las fresas, las manzanas, los pepinos etcétera, dependen enteramente de insectos polinizadores. Desafortunadamente, el cambio climático, la deforestación y los cambios brutales que los humanos hemos provocado en nuestro planeta, han llevado a una extinción masiva de insectos, durante el periodo que ahora es conocido como el *Antropoceno*. Se calcula que un tercio de las especies de insectos están en peligro de extinción y el 40%, en declive.

El uso indiscriminado de insecticidas y pesticidas ha contribuido en gran medida a esta extinción o reducción de la variedad de insectos.

Los insecticidas químicos o pesticidas tienen impacto negativo en la biodiversidad, ya sea por un efecto directo o indirecto, como puede ser la contaminación del suelo o del agua; asimismo, provocan daños para nuestra salud: vómito, cáncer o defectos en el nacimiento, entre otros. Por lo anterior, desde hace varios años, se buscan métodos amigables al ambiente para controlar plagas agrícolas, vectores de enfermedades o parásitos de animales, de manera que se logren manejar las poblaciones de insectos dañinos sin afectar a los insectos benéficos como las abejas.

No es que los insectos, plaga o vectores de enfermedades, sean “malos”, pero por su biología dañan a cultivos que nos importan,

doi: 10.25009/pc.v1i7.424

Diana Pérez Staples



Figura 1. Cópula de la mosca mexicana de la fruta.

o nos transmiten enfermedades. Por ejemplo, algunas moscas de la fruta o polillas ponen sus huevos en la fruta o en las verduras y, a partir de estos, se desarrollan los gusanos dentro de la pulpa. Obviamente, esa fruta infestada ya no se puede vender en el mercado o exportar. ¡Claro, aunque no sea peligroso para nuestra salud, nadie se quiere comer un mango o un pepino con gusanos!

Afortunadamente, se ha desarrollado un método de control de natalidad llamada la Técnica del Insecto Estéril (TIE). Imagina que entras a una fábrica, pero en vez de estar rodeado de maquinaria para la producción de objetos, te encuentras rodeado por charolas y charolas con millones de insectos... No, no es una película de terror, es una técnica de control; un tipo de “planeación familiar” para insectos. En estas fábricas se producen millones y millones de insectos nocivos, luego se irradian con energía nuclear o con rayos X para que sean estériles y después son liberados en las áreas infectadas.

En algunos casos, los insectos estériles viajan por vía terrestre y hasta por avión para que los expertos en su manejo los vayan soltando, poco a poco, sobre los cultivos infectados.

Los machos viajeros, previamente estériles, buscan a las hembras silvestres del campo, copulan con ellas, pero no podrán reproducirse, porque el esperma del macho estéril no permite que se fertilicen los huevos.

La TIE es muy amigable con el ambiente, porque no utiliza insecticidas, no daña a otras especies y es específica para la plaga que se quiere combatir. Además, en su forma tradicional, no usa transgénicos, ni otro material genético que no sea de la misma especie-plaga. Esta ingeniosa técnica la empezaron a desarrollar, a partir de 1930, los doctores Bushland y Knippling; sin embargo, la Segunda Guerra Mundial puso en pausa sus investigaciones, por lo que realmente se empezó a utilizar hasta 1954 en la isla de Curazao. Después de ese ensayo piloto, se logró erradicar el gusano barrenador de Estados Unidos, luego en México, Centro América y hasta en Libia; incluso ha sido empleada para erradicar a la palomilla de la manzana en Canadá, la palomilla del algodón en Arizona y en Sonora, la mosca del Mediterráneo en la República Dominicana y el gorgojo de la patata en Japón, entre otros países. En los casos en donde se ha erradicado totalmente al insecto ha sido porque la plaga es invasiva y no nativa del país.



Figura 2. Cría masiva de la Mosca del Mediterráneo, Metapa de Domínguez, Chiapas.

La TIE es un claro ejemplo del uso de una herramienta biotecnológica basada en un conocimiento profundo de la ecología y la biología de los seres vivos. Al respecto, actualmente México cuenta con programas exitosos a través de los que se controla a especies nativas como la mosca mexicana de la fruta y la mosca de las ciruelas. También contamos con una nueva planta de cría y esterilización de moscas del Mediterráneo, con innovaciones en la producción y cría de dichos insectos. Por otro lado, en nuestro país se está desarrollando la TIE en contra de mosquitos, con programas piloto en Chiapas y en Mérida, y dada la rápida re-invasión del gusano barrenador desde Panamá a otros países centroamericanos, próximamente se volverán a producir estos insectos estériles en México.

Existen algunos mitos y desinformación sobre la TIE.

Uno de los principales es cuando muchas personas piensan que los insectos estériles son radiactivos; tampoco son insectos que te podrían picar como el arácnido en el Hombre Araña; ni es ciencia de un científico loco de los cómics. Los insectos tratados, efectivamente, se irradian y se vuelven estériles, mas no son radiactivos y no son riesgosos para los humanos. Hoy en día, además, se están desarrollando equipos de rayos X que irradian a los insectos sin el uso de energía nuclear. En el caso de los mosquitos, se libera solamente a los machos, los cuales no pican, ni transmiten enfermedades.

Ninguna técnica es perfecta, y se requiere investigación para poder mejorarla. En el Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) de la Universidad Veracruzana hacemos investigación enfocada en proponer mejoras a ciertos aspectos de la TIE y generar información de la biología básica y reproducción de moscas de la fruta, mosquitos y la mosca vampiro aviar. Algunas de las mejoras propuestas son las proporciones sexuales óptimas durante la cría, dietas para los adultos, el uso de la inteligencia artificial para determinar la edad de las pupas y el uso de los rayos X para esterilizar en sustitución de los rayos gamma, entre otras. También hemos aportado información sobre cómo las sustancias (eyaculado) que el macho le transmite a las hembras durante la cópula, afecta el comportamiento reproductivo de estas plagas y vectores.

Mejoras a las TIE

Uno de los problemas que disminuye la efectividad de la TIE es que las hembras silvestres generalmente prefieren copular con machos silvestres y no con los machos producidos en “fábricas”: las hembras son muy selectivas, por lo que es necesario encontrar maneras para hacer a los machos estériles más atractivos, ¿Cómo se podría lograr esto? Pues resulta que, al igual que los humanos, los insectos estériles deben comer bien, comportarse bien y oler bien.

Primero, hay que dotarlos de una dieta rica en proteína, porque si se les alimenta con pura azúcar se vuelven muy débiles, lo que no les gusta a las hembras; además, si comen solo azúcar, transmiten menos espermatozoides que los machos que consumen

proteína. La proteína hidrolizada es un complemento nutricional importante para mejorar la competitividad sexual. Después de que se esteriliza a los insectos, se transportan a centros de empaque y liberación. En el caso de las moscas de la fruta, pueden permanecer ahí de 2 a 5 días antes de que los machos sean liberados en campo. Durante este tiempo, es importante darles una dieta adecuada. El consumo de proteína durante la etapa adulta permite a los machos desarrollar una mejor capacidad reproductiva, incluyendo mayor producción de feromonas sexuales, así como un incremento en la señalización sexual y el vigor general durante el cortejo, resultando en machos más competitivos, que tienen mayor probabilidad de aparearse exitosamente con hembras silvestres.

Segundo, deben comportarse bien. Resulta que los machos de las “fábricas”, en ocasiones, presentan comportamientos diferentes que los machos silvestres y esto no les gusta a las hembras. Algunos cambios pueden ser: reducción en la selectividad de pareja, menor complejidad en el cortejo, alteraciones en los tiempos en los que deberían llevar a cabo la actividad sexual, tales como los cortejos o la producción de feromonas (un tipo de perfume que producen generalmente los machos para atraer a las hembras). También pueden presentar alteración de ritmos circadianos o tener menor capacidad para defenderse contra depredadores como las arañas.

Hay mejoras que se pueden hacer a la cría masiva, como el tenerlos en condiciones menos hacinadas, o incluir insectos silvestres en la cría para introducir mayor diversidad genética.

Tercero, deben oler bien. Así como los humanos nos perfumamos o utilizamos ciertos olores para sentirnos bien, los machos estériles en moscas de la fruta también tienen que producir feromonas y oler bien para atraer a las hembras. Varios estudios han encontrado que la aromaterapia también funciona en los insectos. La aromaterapia es una práctica terapéutica que utiliza aceites esenciales naturales extraídos de plantas, para promover el bienestar físico y emocional. Por ejemplo, los aceites como la lavanda y la bergamota pueden reducir el estrés y la ansiedad, mientras que el limón y la naranja suelen mejorar el estado de ánimo y aumentar la energía. Los aceites esenciales se pueden utilizar mediante inhalación directa, difusores, o aplicación tópica.

Aunque los aceites no producen el mismo efecto en insectos que en humanos, el de naranja o el de jengibre en la mosca del Mediterráneo mejoran su competitividad sexual. Se ha encontrado que la aromaterapia con estos aceites esenciales aumenta la señalización sexual de los machos, mejora el éxito de apareamiento e incrementan la producción de feromonas sexuales. Estos beneficios también se encuentran en la cetona de frambuesa en la mosca de Queensland o el metil eugenol en la mosca oriental, por mencionar algunos ejemplos.

Lo increíble es que, en ciertos casos, con solo oler estos compuestos es suficiente para que los machos tengan mejor desempeño, es decir, no es necesario que lo coman.

Una condición a observar es que la exposición de los machos al aceite antes de su liberación, sea controlada, puesto que la dosis y el tiempo de exposición son factores críticos o determinantes para lograr los efectos deseados. Los aceites se pueden aplicar en los centros de empaque o de pre-liberación. Algunas consideraciones para su uso son el costo del aceite a gran escala y la logística de aplicación en el proceso de producción masiva.

Otro aspecto importante para mejorar la TIE es el uso de compuestos que pueden acelerar la maduración sexual de los insectos. Es común, sobre todo en moscas de la fruta, los machos no emergen sexualmente maduros; estos deben pasar, por lo menos, unos 5 días para madurar. Cuando se aplica de manera controlada, el metopreno (un compuesto químico regulador del crecimiento de los insectos), al ser un análogo de la hormona juvenil, juega un papel crucial en el desarrollo sexual de los insectos. Este compuesto puede modular la maduración sexual, influyendo en el desarrollo de las gónadas y la producción de feromonas sexuales. En algunas especies, el alimentar a los insectos con metopreno en dosis y momentos específicos puede acelerar la maduración sexual de los adultos, resultando en que los machos estén listos para copular en cuanto lleguen a campo.



Figura 3. Liberación de moscas estériles en la Isla de Mauricio, África.

El eyaculado del macho estéril

Pensemos en que ya se produjeron a los machos estériles, con buena calidad, sexualmente maduros y que lograron sobrevivir en campo, encontrar a una hembra y copular con ella. Ahora viene la parte tal vez más crítica de la TIE: la transferencia del eyaculado. El eyaculado de los machos en insectos está compuesto principalmente por esperma y por proteínas del fluido seminal (PFS). Estas proteínas se producen en las glándulas accesorias y en humanos sería más o menos equivalente a la próstata. Las PFS, transferidas durante el apareamiento, influyen de modo significativo en el comportamiento y en la fisiología de las hembras. Por ejemplo, evitan que las hembras vuelvan a aparearse; son como sustancias antiafrodisíacas, lo que ayuda a garantizar que las hembras que se aparean con machos estériles ya no lo hagan después con otros machos del campo. Las PFS además estimulan la producción de huevos, la oviposición y otros comportamientos. Sin embargo, la radiación utilizada en la TIE puede afectar el eyaculado, lo que ha llevado a los investigadores del INBIOTECA a estudiar cuáles son las funciones de estas proteínas en las hembras, con miras a que se podrían manipular en los machos estériles mediante técnicas de biología molecular.

Conclusión

La técnica de control de plagas puede ser un tanto contraintuitiva, ¿la solución para eliminar insectos nocivos es... más insectos? ¡Pues... así es!

La TIE ha reducido el uso de insecticidas, evitando que se mate o extinga de manera indiscriminada a muchos insectos, incluidos los benéficos. Es una tecnología verde, respetuosa con el medio ambiente y se ha utilizado en países tan diversos como Brasil, China, Cuba, Alemania, Italia, Mauricio, México, Singapur, España y Estados Unidos. ¿Qué podemos hacer? Diseminar esta información, para que esta técnica sea mejor conocida y aceptada en la sociedad. Con esta planificación familiar para insectos, podemos garantizar que comamos fruta sana y vivamos con menos vectores de enfermedades, como los mosquitos.



¿Te interesa saber más?

- Dyck, V. A., Hendrichs, J. & Robinson, A. S. (eds.). (2021). *Sterile Insect Technique: Principles and Practice In Area-Wide Integrated Pest Management*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003035572>
- Pérez Staples, D. & Abraham S. (2023). Postcopulatory behavior of Tephritid flies. *Annual Review of Entomology*, 68, 89-108. Doi: 10.1146/annurev-ento120220-113618
- Pérez Staples, D., Díaz Fleischer, F. & Montoya, P. (2021). The sterile insect technique: success and perspectives in the neotropics. *Neotropical Entomology* 50, 172-185 <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00817-3>