



Genómica ayuda a descifrar simbiosis de zompopas y escarabajos

La creación del sitio web www.zompopas.com contribuirá al conocimiento de la biología de las hormigas (foto tomada de www.alexanderwild.com/Ants/).

El estudio de la relación simbiótica entre insectos, como las zompopas y los escarabajos, y microorganismos, con el apoyo de las nuevas técnicas genómicas, proporcionará conocimientos precisos para el desarrollo de proyectos de bioenergía.

Lidiette Guerrero Portilla / lidiette.guerrero@ucr.ac.cr

El Dr. Adrián Pinto Tomás, científico del Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (Ciemic) de la Universidad de Costa Rica (UCR), junto con el Ing. Rolando Moreira Soto y Diego Elizondo Wallace, estudiantes de Maestría y Licenciatura en Microbiología, respectivamente, investigan las megacolonia de las hormigas zompopas, con el propósito de utilizar esos conocimientos en el mejoramiento de los procesos de producción del bioetanol.

Asimismo, con la participación del Dr. Rolando Moreira Soto y del Dr. Gabriel Vargas Ascensio, de la Maestría en Microbiología, investigan los escarabajos que comen madera, los cuales tienen la particularidad de que tanto los adultos como las larvas conviven y se alimentan juntos en el tronco.

A ambos investigadores les llamó la atención este aspecto, ya que ello significa que estos coleópteros mantienen una relación simbiótica beneficiosa con microorganismos.

Vida de las zompopas

Las megacolonia de zompopas son sociedades complejas, pero exitosas, porque en ellas viven hasta cinco millones de individuos. Sus nidos tienen cámaras, con una red de túneles, adonde llevan las hojas que cortan, las cuales las convierten en una pasta y con ellas cultivan un hongo que les sirve de alimento.

Una vez que ese material ha sido utilizado, las hormigas lo colocan en una especie de basurero, para su degradación. En esa tarea participan diversos microorganismos.

En todo ese proceso se genera una alta actividad metabólica que produce calor y, gracias a los túneles de ventilación, ese aire caliente sale y por convección ingresa el aire frío.

“Por medio de este sistema de manejo de desechos, las hormigas crean dentro del hormiguero una especie de aire acondicionado que produce una temperatura constante” de unos 25

grados Celsius, sin importar el lugar y el clima externo, comentó el Dr. Pinto.

El estudio reveló que el hongo que cultivan las zompopas es atacado por un parásito y para su eliminación las hormigas se asocian con bacterias que actúan como antibiótico. También aprovechan la capacidad de ciertas bacterias para fijar nitrógeno, que sirve de abono en la producción de hongos.

“El emplear la metagenómica nos permite entender por qué *Klebsiella* es mucho mejor en la fijación de nitrógeno que *Pantoea*”, dijo el Dr. Pinto al citar las dos bacterias predominantes.

Los análisis metagenómicos permiten hacer la secuenciación (detalle de la conformación del ADN) de todos los genomas de microorganismos presentes en un determinado ambiente, los cuales se analizan en forma simultánea.

El Ing. Moreira utilizó estas técnicas en su análisis acerca del proceso de degradación del jardín fúngico. Al respecto, se determinó que cada año diferentes reinas hacen casa aparte con una pequeña porción del jardín, el cual contiene los microorganismos necesarios para contribuir en la degradación vegetal.

“Es importante conocer esa comunidad de bacterias, porque eventualmente va a ser la fuente de enzimas útiles para la producción de biocombustibles”, afirmó.

Escarabajos y larvas

El Dr. Vargas se dedica a investigar los intestinos y el material del que se alimentan (galería) las larvas y los escarabajos recolectados en cinco troncos de madera de diferentes lugares.

Su trabajo forma parte de una colaboración entre el Instituto Nacional de Biodiversidad (InBio) con el Ciemic y el International Biodiversity Group, esfuerzo coordinado en el país por la Dra. Giselle Tamayo, para el desarrollo de estudios sobre biodiversidad, enfocados especialmente en el tema de la bioenergía.

Entre los resultados obtenidos destacan el hallazgo de arqueas (un tipo de célula u organismo unicelular) en el intestino de las larvas, las cuales estaban en menor cantidad en los adultos y no se encontraron en las galerías. En estas últimas predominaron las Enterobacterias y los Firmicutes (bacterias de los géneros *Clostridium* y *Bacillus*), conocidos porque degradan paredes celulares de plantas. Algunas de estas aparecieron también en los intestinos de larvas y de escarabajos.

Además, los investigadores encontraron que las larvas, los adultos y las galerías tienen una microbiota (conjunto de

microorganismos presentes) particular, aunque vengan del mismo tronco.

La hipótesis del Dr. Vargas es que los escarabajos viven con sus larvas, porque ellas se encargan de la degradación del material vegetal, y ambos se alimentan de la mezcla que producen.

En relación con la simbiosis con otros microorganismos, Vargas manifestó que tanto las larvas como los escarabajos seleccionan aquellos con capacidad de degradación de la pared celular vegetal.

Los científicos comparan los resultados obtenidos con la información generada de otros animales que consumen plantas o madera, como el oso panda, las termitas y las avispas, para identificar las enzimas que más contribuyen en la degradación vegetal.



Foto: cortesía de InBio

CRISOL

Crisol cambia su imagen

Patricia Blanco Picado
Periodista y editora

Todo cambia, como bien lo dice el estribillo de una canción interpretada por Mercedes Sosa, y el suplemento Crisol también cambia. Hemos renovado el diseño y la presentación de este suplemento, que desde 1996 se publica en el Semanario Universidad con el objetivo de difundir la investigación científica y tecnológica de la Universidad de Costa Rica.

Optamos por un estilo contemporáneo, más limpio, sobrio y fácil de leer. La Oficina de Divulgación e Información, responsable de la producción de este suplemento mensual, espera que nuestros lectores y lectoras se beneficien con estos cambios y que sirvan de mayor estímulo a la lectura del acontecer científico de nuestra Universidad.



Residuos de medicamentos y de productos de cuidado personal presentes en ríos y estuarios de Costa Rica

Cuando consumimos un medicamento por lo general obtenemos alivio; sin embargo, los efectos secundarios de nuestro bienestar los padecen los ecosistemas acuáticos, la fauna y posiblemente los mismos seres humanos.

Patricia Blanco Picado /patricia.blancopicado@ucr.ac.cr
 Anna G. Velásquez Vásquez /anna.velasquez@ucr.ac.cr

Los compuestos químicos de productos farmacéuticos como antibióticos, analgésicos, antiinflamatorios y estimulantes están presentes en fuentes de agua superficiales como ríos y estuarios del país. Adicionalmente, se pueden encontrar compuestos de productos de uso personal, entre estos jabones antibacteriales y cremas depilatorias. Sin embargo, aun está por determinarse si algunos de estos residuos podrían ser una amenaza potencial y afectar la fauna y la salud humana, debido a que su presencia es nueva para la naturaleza.

Este es uno de los principales hallazgos del estudio pionero en América Latina *Presencia de sustancias de uso farmacéutico, veterinario y cuidado personal en aguas superficiales de Costa Rica*, el cual tenía como objetivo diagnosticar la calidad del agua con base en la evaluación de la presencia de residuos de dichas sustancias.

La identificación de este tipo de sustancias se clasifica como una "contaminación emergente", ya que los efectos definitivos que estos compuestos pueden tener en los organismos vivos, incluidos los humanos, se conocerán en los próximos años, debido a que este es un campo muy novedoso para la ciencia. Sin embargo, en el presente ya se registran

datos de algunas consecuencias en la fauna marina, producto de otros compuestos presentes en muy bajas concentraciones. Por ejemplo, estas sustancias pueden actuar como disruptores endocrinos; es decir, provocar cambios hormonales que se pueden manifestar en el cambio de sexo de ciertos organismos, tal como fue descubierto en un caracol del puerto de Caldera años atrás. A la vez, algunos compuestos se asocian con el desarrollo de resistencia de las bacterias a los tratamientos con antibióticos.

Este primer diagnóstico forma parte de un esfuerzo continuado de la UCR durante la última década para estudiar la contaminación de los ecosistemas acuáticos del país con distintos tipos de sustancias, tanto químicas como orgánicas (ver recuadro).

La investigación fue realizada por un equipo multidisciplinario de científicos de la Universidad de Costa Rica (UCR): Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), el Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental (CICA), el Centro de Investigaciones en Productos Naturales (Ciprona) y la Escuela de Química.

Además colaboró el Departamento de Tierra, Ciencias Ecológicas y Ciencias Ambientales de la Universidad de Toledo,

Ohio, Estados Unidos.

Entre los especialistas que participaron en la investigación se encuentran biólogos, oceanógrafos químicos, biólogos marinos y limnólogos y geoquímicos. Ellos son el M.Sc. Jenaro Acuña González, el Dr. José Vargas Zamora y Manuel María Murillo Castro, el M.Sc. Gerardo Umaña Villalobos, y los técnicos de laboratorio Lic. Eddy Gómez y Lic. Greivin Pérez. Por último, la Dra. Alison L. Sponberg y el técnico Jason D. Witter, de la Universidad de Toledo.

Difícil detección

La investigación comprendió el análisis de 86 muestras de agua provenientes de diferentes fuentes de agua de Puntarenas, Limón, Guanacaste, golfo Dulce, Ciudad Quesada y Cartago. Se pretendía detectar 34 moléculas presentes en 16 clases de productos farmacéuticos y de cuidado personal, entre estos: antibióticos, analgésicos, antiinflamatorios, estimulantes, antiepilépticos, anticonvulsivos, antidepresivos y fármacos para regular los triglicéridos y la presión arterial.

Uno de los principales retos que hubo que enfrentar es que los compuestos en estudio se encuentran en concentraciones de millonésimas de mililitro en las muestras

de agua, al punto que ni siquiera son perceptibles a la vista ni al olfato y, por lo tanto, no son percibidos como los contaminantes comunes, explicó el biólogo marino Dr. José Vargas. Es por ello que se miden en picogramos por litro (100-300 x 10⁻¹² mol/μL), lo que significa que se necesitaría depositar menos de una gota de líquido en una piscina olímpica, cuya capacidad es de 2 500 000 litros, para lograr una proporción similar.

Vargas expresó que estas sustancias están tan diluidas en el agua que hace unos pocos años se creía que se destruían, pero las pocas investigaciones realizadas en los últimos cinco años demuestran que no se degradan y están presentes en el ambiente.

Los investigadores identificaron las moléculas con la ayuda de instrumentos analíticos de última generación en la Universidad de Toledo y que recientemente han sido instalados en la UCR, como el cromatógrafo de líquidos de ultra resolución, que consiste en un equipo que separa las diversas sustancias de una muestra para identificarlas y cuantificarlas.

Cada molécula se analizó de acuerdo con su estructura y masa molecular, para confirmar la presencia de las diferentes sustancias estudiadas. Luego, los compuestos identificados se compararon con patrones o muestras de compuestos puros para poder medir los niveles de concentración en el agua.

Entre los resultados, de las 34 moléculas estudiadas se detectó la presencia de 27 compuestos químicos en las muestras de agua analizadas. Según el oceanógrafo químico Jenaro Acuña, no se puede asegurar que las siete moléculas restantes no estuvieran presentes en las fuentes de agua, pues el alcance de medición del equipo tendría que ser mayor para descartar su presencia con certeza.

De acuerdo con el estudio, los compuestos encontrados con mayor frecuencia fueron la doxiciclina (compuesto antibiótico), sulfadimetoxina (antibiótico), ácido salicílico (común en las cremas depilatorias), triclosán (en jabones antibacteriales) y cafeína (residuo resultante de la ingestión de café). También se detectó en algunas muestras la sulfametacina, que es un compuesto usado en productos veterinarios.

En cuanto a las tendencias geográficas, la investigación mostró que en las muestras de agua de la zona de El Molino de Cartago aparecieron 14 de las 34 moléculas analizadas, siendo las predominantes la doxiciclina, gemfibrozil (utilizado para reducir el colesterol y otras grasas de la sangre) y ketoprofén (antiinflamatorio). En contraste, Golfito fue la región que tenía las concentraciones menores de los compuestos estudiados.

¿Cómo llegan a las fuentes de agua?

Actualmente hay un uso generalizado de productos farmacéuticos y de productos de cuidado personal en todo el mundo y Costa Rica no es la excepción.

A juicio de los especialistas, el principal problema radica en los residuos que quedan en el ambiente natural producto de su uso y abuso en muchos casos.

Un ejemplo de esto ocurre con el consumo de los antibióticos, ya que el ser humano solamente absorbe alrededor de un 10% del medicamento y excreta el otro 90%, lo que inevitablemente va a las fuentes de agua superficiales a través de las aguas servidas.

Acuña afirmó que las moléculas que componen este tipo de productos son muy resistentes a las rupturas químicas, lo que hace que su degradación en el ambiente sea lenta y sus efectos aún no se conozcan del todo. Por lo tanto, detalló, los compuestos pueden sufrir oxidaciones y transformarse en otras formas químicas, pero no desaparecen del medio ambiente. Tampoco se han desarrollado métodos efectivos que permitan filtrar estas sustancias del agua, sin que esto implique agregar químicos adicionales.

La principal recomendación para mitigar esta contaminación emergente es la utilización racional de los productos farmacéuticos, lo que implica un mayor control de la prescripción de medicamentos y la eliminación de los productos vencidos, indicó el científico. Además, se deben proteger especialmente de este tipo de sustancias las fuentes de agua que sean para consumo humano.

El equipo de investigación considera que los resultados de este estudio están en una fase preliminar; sin embargo, son claros en cuanto a la presencia de residuos de productos farmacéuticos y de cuidado personal en las fuentes de agua superficiales. En la siguiente etapa se contempla el estudio del posible impacto de estas sustancias en los seres vivos.

Otros estudios sobre contaminación

Desde su creación en 1979, el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la UCR efectúa estudios sobre contaminación acuática y sus implicaciones biológicas en las costas y mares del país, así como en los ríos, lagos y estuarios.

Entre estas investigaciones destacan las relacionadas con el impacto de sustancias químicas, como el petróleo, mediante el análisis de residuos de alquitrán y de moléculas de hidrocarburos presentes en el agua, que no son visibles al ojo humano.

Asimismo, se ha indagado acerca de la existencia de metales pesados (metales traza) en los mares y en los sedimentos costeros, ya que estos metales causan serios problemas metabólicos y hormonales a los

organismos marinos, al igual que plaguicidas organoclorados y bifelinos policlorados (PCB).

Estos últimos compuestos son controvertidos debido a su alta toxicidad y a los efectos dañinos en el medio ambiente y en los seres vivos. Dentro de los PCB se encuentran sustancias químicas, como algunas presentes en la pintura de los barcos y algunos plásticos, que actúan como disruptores endocrinos y pueden provocar manifestaciones fisiológicas y fenotípicas en ciertos organismos marinos.

También el CIMAR ha orientado sus investigaciones al estudio en torno a la distribución de nutrimentos marinos (sustancias fertilizantes en los mares), así como de bacterias coliformes y la presencia y cantidad de desechos sólidos en las playas y costas. Recientemente, empezó a investigar la calidad

de agua de algunas cuencas hidrográficas mediante un programa de monitoreo de larvas de insectos acuáticos. En ciertas familias de insectos, sus larvas son acuáticas y muestran grados de tolerancia diferentes dependiendo de qué tan contaminado esté un río y del tipo de contaminación.

Según los especialistas, esta es una herramienta que proporciona información biológica muy rica y rápida y es complementaria a las determinaciones químicas de la calidad del agua.

Por último, desde hace poco más de un año el CIMAR está investigando la presencia de antibióticos en ríos, especialmente del Valle Central.

Los estudios realizados han sido publicados desde el 2004 en varios suplementos especiales de la *Revista de Biología Tropical* de la UCR.

Compuestos químicos con concentraciones más altas

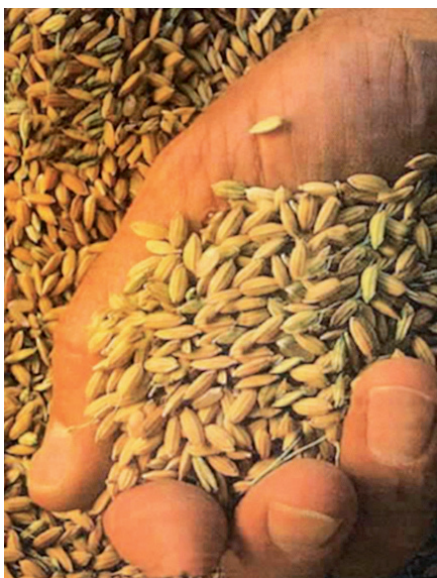
Clase	Compuesto	Q
Estimulante	Cafeína	1,12*
Antibiótico	Doxiciclina	74**
Antiinflamatorio no esteroideo	Ibuprofen	37**
Regulador de lípidos	Gemfibrozil	17**
Analgésico	Acetaminofén	13**
Antiinflamatorio	Ketoprófen	10**

*Picogramos por litro (100-300 x 10⁻¹² mol/μL)

**Miligramos por litro

Fuente: M.Sc. Jenaro Acuña. Investigador del Cimmar-UCR.





Transgénicos son poco conocidos por arroceros nacionales

La mayoría de los productores de arroz de las regiones Chorotega y Pacífico central de Costa Rica tienen un bajo nivel de conocimiento sobre los Organismos Genéticamente Modificados (OGM). No obstante, utilizan un sistema de producción de mejoramiento genético, el cual les ha proporcionado un control de malezas más efectivo y mayor productividad por hectárea.

Elizabeth Rojas Arias
elizabeth.rojas@ucr.ac.cr

Por su parte, un alto porcentaje de los tomadores de decisión del sector arrocero nacional, integrado por entidades gubernamentales y organizaciones de agricultores, no ha definido una posición institucional ante la eventual introducción de un OGM o transgénico en la producción de arroz del país.

Estas afirmaciones son parte de las conclusiones a las que llegaron el economista M.Sc. Marlon Yong Chacón y los economistas agrícolas MGA. Nelson Arroyo Blanco y Evelyn Martínez Herrera, del Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas (IICE) de la Universidad de Costa Rica (UCR), quienes realizaron en el último año y medio encuestas, entrevistas a profundidad y reuniones de grupos focales para establecer la percepción y el

grado de conocimiento del sector arrocero sobre los OGM.

El sistema de producción Clearfield, utilizado por los arroceros, contempla variedades que fueron obtenidas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), de Argentina, y la Universidad de Luisiana, de Estados Unidos, con técnicas convencionales de mejoramiento genético y no mediante la introducción del ADN de otras especies. Por esta razón no se le considera un transgénico.

El estudio, que forma parte de un proyecto mayor denominado *América Latina: Construcción de capacidad multi-país en acatamiento del Protocolo de Cartagena en Bioseguridad (LAC Biosafety)*, contempla siete investigaciones bajo la coordinación del Dr. Federico Albertazzi Castro, del Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM), de la UCR.

La investigación del IICE establece el "Impacto socioeconómico directo de la producción de arroz bajo la tecnología Clearfield (CFX18) en dos zonas geográficas en Costa Rica, percepción y estudios de casos", por medio de una encuesta a 94 productores pequeños, medianos y grandes y 17 entrevistas a tomadores de decisiones.

Resultados contrastantes

Para conocer el impacto socioeconómico de la producción de arroz Clearfield, el IICE consultó a los arroceros sobre la seguridad o el riesgo ambiental en las variedades de arroz genéticamente modificadas, la seguridad y riesgo en la salud humana, el nivel de conocimiento sobre esas variedades y si éstas podrían traerles algún beneficio.

De los 94 productores encuestados, solo un 5% está muy informado acerca de las variedades de arroz genéticamente modificadas, un 29% dijo estar informado, un 32% sabe algunas cosas y un 34% solo ha oído hablar del tema.

El 31% desconoce el riesgo ambiental que podrían producir dichas variedades de arroz, un 20% las consideran riesgosas para el ambiente; sin embargo, un 26% dijo que son seguras y un 23% piensa que el riesgo es bajo.

Con respecto a la salud humana, el 31% considera que estas variedades de arroz son seguras, un 24% manifestó que son de bajo riesgo, un 3% no sabe del tema y un 11% opina que son riesgosas.

En cuanto a los beneficios, la mayoría (72%) expresó que son beneficiosas, un 16% dijo que no sabía y un 12% afirmó que no traería beneficios.

Sin embargo, cuando se les consultó sobre las principales razones por las cuales han utilizado las variedades Clearfield, más

de la mitad de los productores (56,7%) respondió que debido a que se logra un mayor control de malezas; un 16,7% dijo que porque da mayores rendimientos y el 26,6% expresó que la prefieren por recomendación técnica, les ahorra costos, da mejor calidad molinera y hay escasez de semilla de otras variedades.

Tomadores de decisiones

Otra de las labores del estudio fue conocer el concepto que tenían 17 tomadores de decisiones en relación con la introducción de los OGM o transgénicos en la producción de arroz del país.

Se entrevistaron representantes de los ministerios de Salud y Economía, la Asamblea Nacional de Productores de Arroz, la Corporación Arrocera Nacional, el Servicio Fitosanitario del Estado, la Comisión Técnica Nacional de Biotecnología, la Comisión Nacional para la gestión de la Biodiversidad, la Comisión Técnica Nacional de la Bioseguridad, el Centro de Investigación en Granos y Semillas, el Centro de Investigación en Protección de Cultivos, la Asociación Nacional de Industriales del Sector Arrocero, el Instituto de Investigaciones en Arroz, Semillas de Nuevo Milenio S.A., Semillas de Arroz S.A y el Pelón de la Bajura. Asimismo, la Oficina Nacional de Semillas (ONS), el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Agropecuaria y la Cámara Nacional de Agricultura. Estas tres últimas instancias son los tomadores de decisión con mayor influencia en el país.

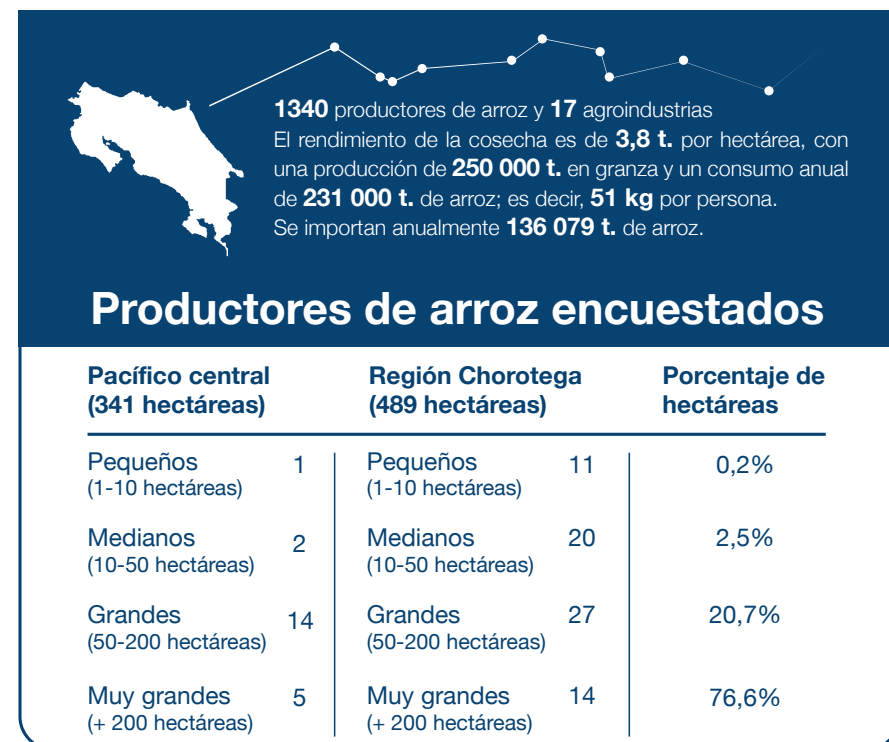
De ellos, 13 no lograron definir una posición institucional, debido a que el tema no está en discusión pública. La Oficina Nacional de Semillas está de acuerdo con la introducción de los OGM en el país y hubo tres instancias que están en desacuerdo.

Al respecto, los investigadores consideran que la respuesta se podría calificar como neutral y que las recomendaciones de ellos serían vinculantes en el caso que el tema se discutiera en el país.

Finalmente, el estudio contempló las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) para validar las respuestas de los encuestados. Este trabajo se llevó a cabo entre las personas que realizaron las entrevistas.

Las fortalezas que destacaron fueron la inversión tecnológica, el uso de protocolos, el combate de malezas y la disminución en el pago de póliza de las cosechas, y las oportunidades, contar con el respaldo de un centro de investigación y la incorporación de nuevas tecnologías.

Entre las debilidades mencionaron que la tecnología es cara, hay poco acceso a la información y denunciaron el mercado ilegal de semillas, y entre las amenazas, que la introducción de variedades genéticamente modificadas no es un tema prioritario en el país y que parte de la población confunde las técnicas convencionales de mejoramiento genético con los productos transgénicos.



Fuente: Estudio realizado por el IICE

Infografía: Pablo Porta