



De la Investigación Básica al Desarrollo Tecnológico: Producto Fitoquímico para el control del plagas del café

Pablo Benavides Machado Ph.D.
Disciplina de Entomología





- **ACTORES EN CIENCIA**
- **POLÍTICA NACIONAL DE CIENCIA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**
- **RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES EN DESARROLLO DE UN PRODUCTO FITOQUIMICO PARA EL CONTROL DE PLAGAS DEL CAFÉ EN COLOMBIA**
 - **BÁSICA**
 - **APLICADA**
 - **VALIDACIÓN**
 - **DESARROLLO TECNOLÓGICO**

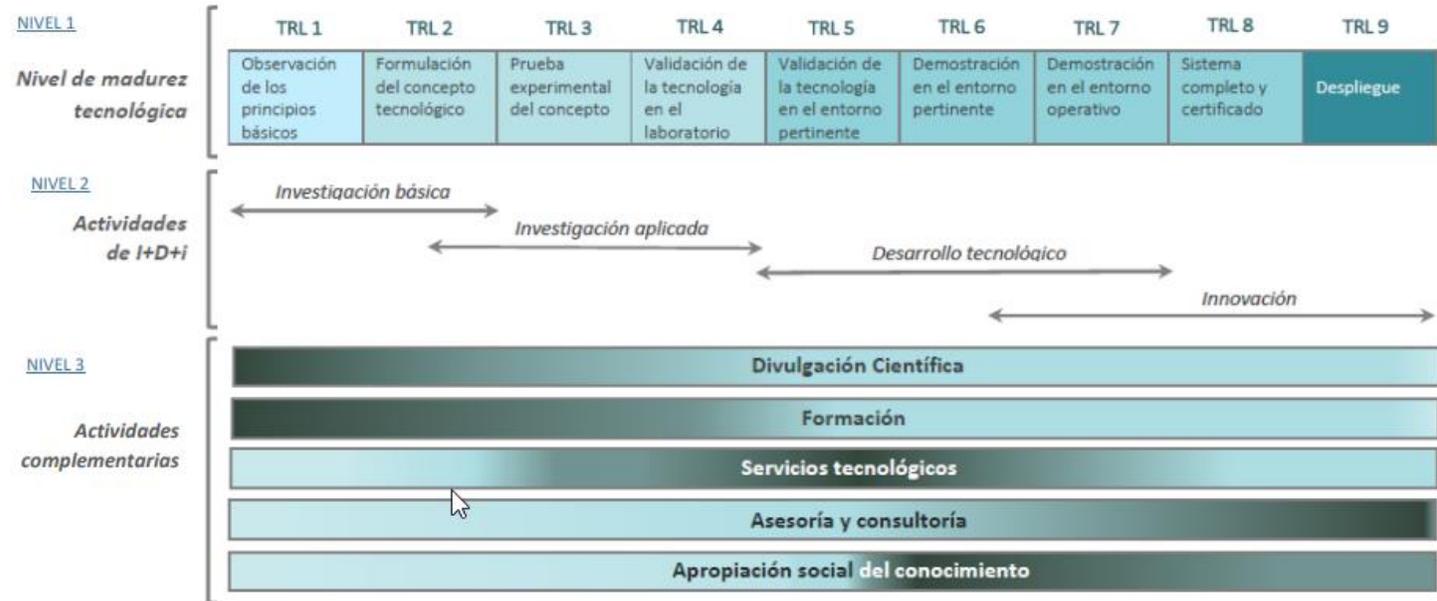
Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

Adoptada mediante Resolución No. 1473 de 2016

 DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA,
 TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN - COLCIENCIAS

 Versión final
 Bogotá D.C.,
 Diciembre de 2016


Gráfico 1. TRL, actividades de I+D+i y otras actividades



Fuente: adaptado de Tecnalía (2016) para Colciencias

Nota: La intensidad de color debe entenderse como un mayor énfasis de las "otras actividades" en los TRL correspondientes

Definiciones de tipología de actores: Cuadro resumen



	Centro e Instituto de Investigación	Centro de Desarrollo Tecnológico	Centro de Innovación	Unidades de I+D+i Empresariales
Objeto Social	Generación de conocimiento científico. Formación de talento.	Generación de conocimiento aplicado Transferencia tecnológica.	Prestación de servicios.	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico para mejorar capacidades tecnológicas y competitividad de la empresa.

Definiciones de tipología de actores: Cuadro resumen



	Centro e Instituto de Investigación	Centro de Desarrollo Tecnológico	Centro de Innovación	Unidades de I+D+i Empresariales
Objeto Social	Generación de conocimiento científico. Formación de talento.	Generación de conocimiento aplicado Transferencia tecnológica.	Prestación de servicios.	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico para mejorar capacidades tecnológicas y competitividad de la empresa.
Actividad Principal	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica y aplicada Formación: a nivel de postgrado 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada y desarrollo tecnológico Transferencia de Tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> Servicios de transferencia de conocimiento: Consultorías y asesorías, asistencia técnica, capacitación, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Extensionismo y servicios tecnológicos. 	Investigación aplicada. Desarrollo tecnológico Mejoramiento de Procesos productivos, Productos o Servicios

Definiciones de tipología de actores: Cuadro resumen



	Centro e Instituto de Investigación	Centro de Desarrollo Tecnológico	Centro de Innovación	Unidades de I+D+i Empresariales
Objeto Social	Generación de conocimiento científico. Formación de talento.	Generación de conocimiento aplicado Transferencia tecnológica.	Prestación de servicios.	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico para mejorar capacidades tecnológicas y competitividad de la empresa.
Actividad Principal	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica y aplicada Formación: a nivel de postgrado 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada y desarrollo tecnológico Transferencia de Tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> Servicios de transferencia de conocimiento: Consultorías y asesorías, asistencia técnica, capacitación, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Extensionismo y servicios tecnológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada. Desarrollo tecnológico Mejoramiento de Procesos productivos, Productos o Servicios
Otras actividades	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo tecnológico Divulgación Servicios tecnológicos de alto nivel Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada Servicios tecnológicos Consultorías y Asesorías de carácter tecnológico Formación a nivel de postgrado y pregrado Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría de políticas públicas. Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica I+D externa Servicios tecnológicos y asesorías de carácter tecnológico Divulgación Formación de recursos humanos

Definiciones de tipología de actores: Cuadro resumen



	Centro e Instituto de Investigación	Centro de Desarrollo Tecnológico	Centro de Innovación	Unidades de I+D+i Empresariales
Objeto Social	Generación de conocimiento científico. Formación de talento.	Generación de conocimiento aplicado Transferencia tecnológica.	Prestación de servicios.	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico para mejorar capacidades tecnológicas y competitividad de la empresa.
Actividad Principal	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica y aplicada Formación: a nivel de postgrado 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada y desarrollo tecnológico Transferencia de Tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> Servicios de transferencia de conocimiento: Consultorías y asesorías, asistencia técnica, capacitación, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Extensionismo y servicios tecnológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada. Desarrollo tecnológico Mejoramiento de Procesos productivos, Productos o Servicios
Otras actividades	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo tecnológico Divulgación Servicios tecnológicos de alto nivel Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada Servicios tecnológicos Consultorías y Asesorías de carácter tecnológico Formación a nivel de postgrado y pregrado Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría de políticas públicas. Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica I+D externa Servicios tecnológicos y asesorías de carácter tecnológico Divulgación Formación de recursos humanos
Resultados principales	<ul style="list-style-type: none"> Publicaciones científicas Patentes de invención Tesis de doctorado - maestría Apoyo a programas de doctorado y maestría 	<ul style="list-style-type: none"> Nuevos productos tecnológicos: diseño industrial, planta piloto, prototipo, Productos empresariales: innovaciones en procesos, procedimientos y servicios, secreto empresarial Patentes de invención 	<ul style="list-style-type: none"> Estudios y metodologías desarrolladas o transferidas Consultorías y asesorías en materia de innovación Servicios tecnológicos Proyectos de Extensionismo tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> Productos o procesos tecnológicos Innovación en procedimientos y servicios. Secreto empresarial. Producto tecnológico patentado Artículo de investigación u otro medio de publicación científica



CENICAFE
Cons: E2300366
Radi: 27/06/2023 01:57:26 p. m.



RESOLUCIÓN N° 0702 DE 2023
20 JUN 2023

Por la cual se otorga el reconocimiento como Centro de Investigación al CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ (CENICAFÉ) dependiente de la FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

EL VICEMINISTERIO DE CONOCIMIENTO, INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DEL MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN

En uso de sus atribuciones legales, en especial las establecidas en la Ley 2162 de 2021, el Decreto 2226 de 2019, Resolución 1473 de 2016, la Resolución 0957 de 2021 y la Resolución 2372 de 2021 y,



El enfoque transformativo en la política de ciencia e innovación³



Marcos principales

Marco 1. Enfoque lineal de investigación y desarrollo.

Marco 2. Sistema nacional de innovación

Marco 3. Cambio transformativo



Marco 1. Enfoque lineal de investigación y desarrollo.

Surgió en la década de 1950 y continuó hasta 1980.

Participación mayor del Estado en la realización de investigaciones para superar las fallas de mercado resultantes de la baja inversión empresarial en I + D.



Marco 1. Enfoque lineal de investigación y desarrollo.

Surgió en la década de 1950 y continuó hasta 1980.

Participación mayor del Estado en la realización de investigaciones para superar las fallas de mercado resultantes de la baja inversión empresarial en I + D.

Objetivo: Proveer incentivos para que el mercado produjera niveles de conocimiento científico (I + D) deseados en el ámbito social y económico o que el Gobierno invirtiera en instalaciones públicas, incluidas universidades, y en infraestructura de investigación.

En este contexto la política era principalmente de ciencia y tecnología y dejaba la innovación al mercado.



Marco 1. Enfoque lineal de investigación y desarrollo.

Surgió en la década de 1950 y continuó hasta 1980.

Participación mayor del Estado en la realización de investigaciones para superar las fallas de mercado resultantes de la baja inversión empresarial en I + D.

Objetivo: Proveer incentivos para que el mercado produjera niveles de conocimiento científico (I + D) deseados en el ámbito social y económico o que el Gobierno invirtiera en instalaciones públicas, incluidas universidades, y en infraestructura de investigación.

En este contexto la política era principalmente de ciencia y tecnología y dejaba la innovación al mercado.

Implementado mediante la oferta de incentivos de I + D (subvenciones, beneficios tributarios) y la puesta en marcha de un régimen de derechos de propiedad intelectual para permitir rentabilizar las inversiones privadas en I + D.

Marco 2. Sistema nacional de innovación

Surgió ante la competencia entre países y la profundización de las diferencias en el desarrollo industrial, con el propósito de hacer un mejor uso del conocimiento científico, apoyar su comercialización y cerrar la brecha entre la ciencia, el desarrollo tecnológico y su aplicación comercial o innovación.

Enfatiza en la generación de capacidades empresariales y en el emprendimiento.



Marco 2. Sistema nacional de innovación

Surgió ante la competencia entre países y la profundización de las diferencias en el desarrollo industrial, con el propósito de hacer un mejor uso del conocimiento científico, apoyar su comercialización y cerrar la brecha entre la ciencia, el desarrollo tecnológico y su aplicación comercial o innovación.

Enfatiza en la generación de capacidades empresariales y en el emprendimiento.

La razón para la intervención pública son:

- La incapacidad de los actores de aprovechar al máximo los conocimientos disponibles.

- El mal funcionamiento de las relaciones entre los actores en el sistema de innovación (empresas, Gobiernos y universidades).



Marco 2. Sistema nacional de innovación

Surgió ante la competencia entre países y la profundización de las diferencias en el desarrollo industrial, con el propósito de hacer un mejor uso del conocimiento científico, apoyar su comercialización y cerrar la brecha entre la ciencia, el desarrollo tecnológico y su aplicación comercial o innovación.

Enfatiza en la generación de capacidades empresariales y en el emprendimiento.

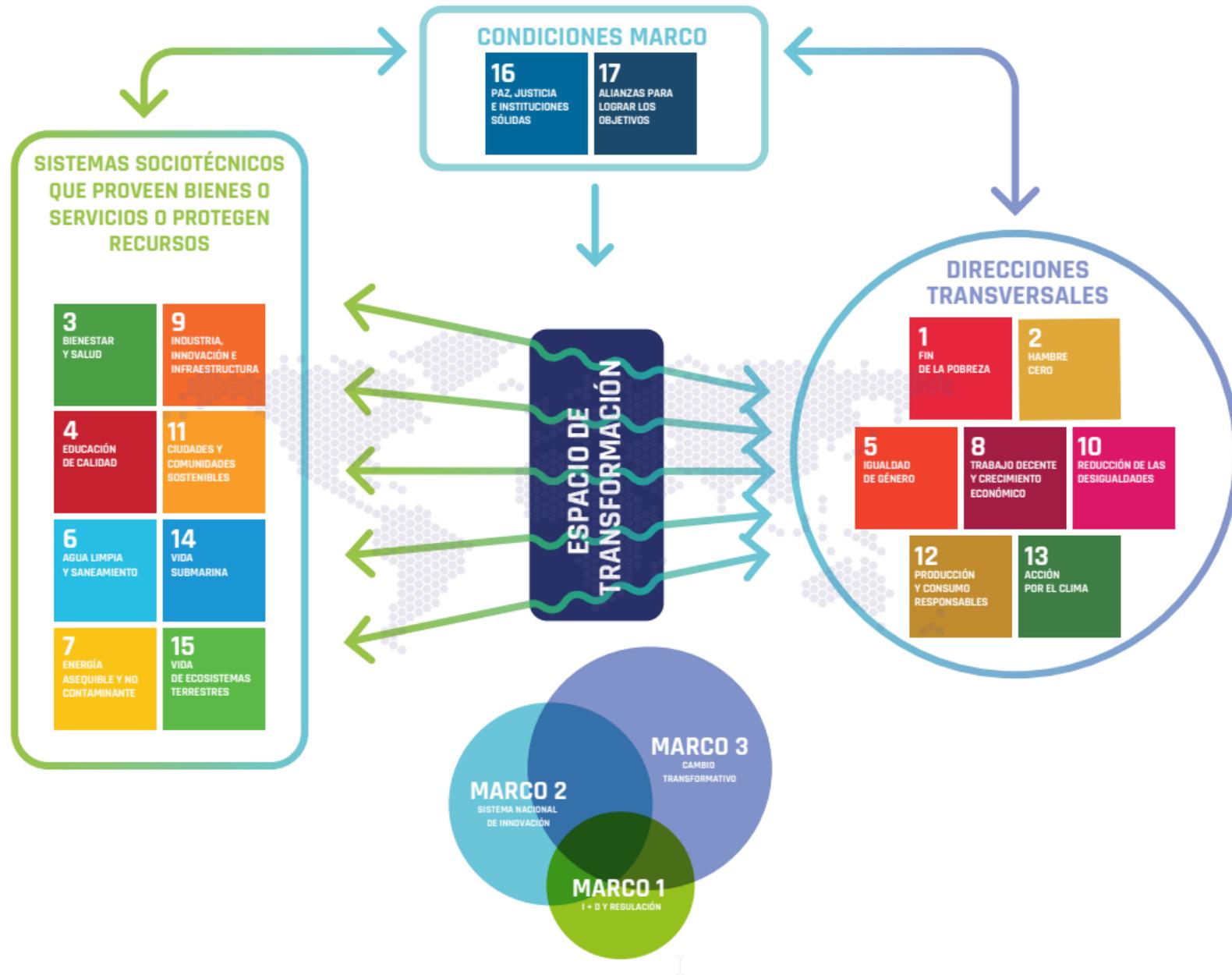
La razón para la intervención pública son:

- La incapacidad de los actores de aprovechar al máximo los conocimientos disponibles.

- El mal funcionamiento de las relaciones entre los actores en el sistema de innovación (empresas, Gobiernos y universidades).

La política de innovación se enfoca en estimular el espíritu empresarial y la promoción de alianzas público-privadas.





Marco 3. Marco Transformativo

Adaptive horizontal transfer of a bacterial gene to an invasive insect pest of coffee

Ricardo Acuña^{a,1}, Beatriz E. Padilla^{a,1}, Claudia P. Flórez-Ramos^a, José D. Rubio^a, Juan C. Herrera^a, Pablo Benavides^a, Sang-Jik Lee^{b,c}, Trevor H. Yeats^b, Ashley N. Egan^{b,d}, Jeffrey J. Doyle^b, and Jocelyn K. C. Rose^{b,2}

^aPlant Breeding, Biotechnology, and Entomology Departments, Cenicafé, A.A. 2427 Manizales, Colombia; ^bDepartment of Plant Biology, Cornell University, Ithaca, NY 14853; ^cBiotechnology Institute, Nongwoo Bio Co., Ltd., Gyeonnggi 469-885, Korea; and ^dDepartment of Biology, East Carolina University, Greenville, NC 27858

Edited by Nancy A. Moran, Yale University, West Haven, CT, and approved February 1, 2012 (received for review December 21, 2011)

Horizontal gene transfer (HGT) involves the nonsexual transmission of genetic material across species boundaries. Although often detected in prokaryotes, examples of HGT involving animals are relatively rare, and any evolutionary advantage conferred to the recipient is typically obscure. We identified a gene (*HhMAN1*) from the coffee berry borer beetle, *Hypothenemus hampei*, a devastating pest of coffee, which shows clear evidence of HGT from bacteria. *HhMAN1* encodes a mannanase, representing a class of glycosyl hydrolases that has not previously been reported in insects. Recombinant *HhMAN1* protein hydrolyzes coffee berry galactomannan, the major storage polysaccharide in this species and the presumed food of *H. hampei*. *HhMAN1* was found to be widespread in a broad biogeographic survey of *H. hampei* accessions, indicating that the HGT event occurred before radiation of the insect from West Africa to Asia and South America. However, the gene was not detected in the closely related species *H. obscurus* (the tropical nut borer or “false berry borer”), which does not colonize coffee beans. Thus, HGT of *HhMAN1* from bacteria represents a likely adaptation to a specific ecological niche and may have been promoted by intensive agricultural practices.

assigned as being present following HGT, and the underlying evolutionary pressures and biological significance of such genes has often been unclear (14). In prokaryotes, HGT has repeatedly been associated with adaptation to new environments (2), and this trend is also beginning to emerge in eukaryotes. For example, the adoption of a plant–parasite lifestyle in several genera of nematodes was enabled by multiple HGT events (15), and a similar case of HGT facilitating plant parasitism was suggested by genome-scale analyses of oomycetes of the genus *Phytophthora*, which revealed that a substantial portion of the secreted proteomes was a consequence of HGT from fungi (16).

In this study, we obtained clear evidence for functionally important HGT involving an animal through studies of *Hypothenemus hampei*, commonly known as the coffee berry borer. This beetle is a specific pest of coffee (*Coffea* spp.) and is a major threat to coffee production worldwide, causing losses estimated at >500 million US dollars per year and affecting >20 million rural farming families (17). We describe the identification of a mannanase gene in the *H. hampei* genome that is likely to have originated in gut bacteria, as well as features of the associated



Adaptive horizontal transfer of a bacterial gene to an invasive insect pest of coffee

Ricardo Acuña^{a,1}, Beatriz E. Padilla^{a,1}, Claudia P. Flórez-Ramos^a, José D. Rubio^a, Juan C. Herrera^a, Pablo Benavides^a, Sang-Jik Lee^{b,c}, Trevor H. Yeats^b, Ashley N. Egan^{b,d}, Jeffrey J. Doyle^b, and Jocelyn K. C. Rose^{b,2}

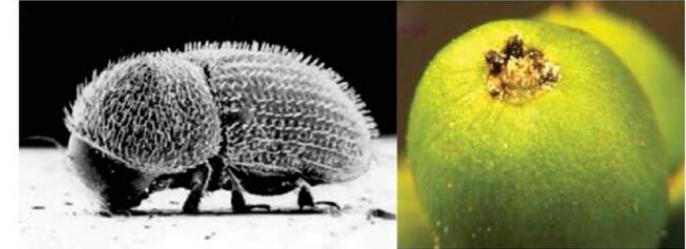
^aPlant Breeding, Biotechnology, and Entomology Departments, Cenicafé, A.A. 2427 Manzales, Colombia; ^bDepartment of Plant Biology, Cornell University, Ithaca, NY 14853; ^cBiotechnology Institute, Nongwoo Bio Co., Ltd., Gyeonoggi 469-885, Korea; and ^dDepartment of Biology, East Carolina University, Greenville, NC 27858

Edited by Nancy A. Moran, Yale University, West Haven, CT, and approved February 1, 2012 (received for review December 21, 2011)

Horizontal gene transfer (HGT) involves the nonsexual transmission of genetic material across species boundaries. Although often detected in prokaryotes, examples of HGT involving animals are relatively rare, and any evolutionary advantage conferred to the recipient is typically obscure. We identified a gene (*HhMAN1*) from the coffee berry borer beetle, *Hypothenemus hampei*, a devastating pest of coffee, which shows clear evidence of HGT from bacteria. *HhMAN1* encodes a mannanase, representing a class of glycosyl hydrolases that has not previously been reported in insects. Recombinant *HhMAN1* protein hydrolyzes coffee berry galactomannan, the major storage polysaccharide in this species and the presumed food of *H. hampei*. *HhMAN1* was found to be widespread in a broad biogeographic survey of *H. hampei* accessions, indicating that the HGT event occurred before radiation of the insect from West Africa to Asia and South America. However, the gene was not detected in the closely related species *H. obscurus* (the tropical nut borer or “false berry borer”), which does not colonize coffee beans. Thus, HGT of *HhMAN1* from bacteria represents a likely adaptation to a specific ecological niche and may have been promoted by intensive agricultural practices.

assigned as being present following HGT, and the underlying evolutionary pressures and biological significance of such genes has often been unclear (14). In prokaryotes, HGT has repeatedly been associated with adaptation to new environments (2), and this trend is also beginning to emerge in eukaryotes. For example, the adoption of a plant–parasite lifestyle in several genera of nematodes was enabled by multiple HGT events (15), and a similar case of HGT facilitating plant parasitism was suggested by genome-scale analyses of oomycetes of the genus *Phytophthora*, which revealed that a substantial portion of the secreted proteomes was a consequence of HGT from fungi (16).

In this study, we obtained clear evidence for functionally important HGT involving an animal through studies of *Hypothenemus hampei*, commonly known as the coffee berry borer. This beetle is a specific pest of coffee (*Coffea* spp.) and is a major threat to coffee production worldwide, causing losses estimated at >500 million US dollars per year and affecting >20 million rural farming families (17). We describe the identification of a mannanase gene in the *H. hampei* genome that is likely to have originated in gut bacteria, as well as features of the associated



SCIENCE | NOT EXACTLY ROCKET SCIENCE

Beetle pest destroys coffee plants with a gene stolen from bacteria

BY ED YONG



PUBLISHED FEBRUARY 27, 2012 • 4 MIN READ

For fans of a velvety latte or a jolting espresso, meet your greatest enemy: the coffee berry borer beetle. This tiny pest, just a few millimetres long, can ruin entire coffee harvests. It affects more than 20 million farming families, and causes losses to the tune of half a billion US dollars every year—losses that are set to increase as the world warms.

But the beetle isn't acting alone. It has a secret weapon, stolen from an unwitting accomplice.

Ricardo Acuña has found that the beetle's ancestors pilfered a gene from



Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Biologic, morphologic, and genetic aspects of *Hypothenemus obscurus* and *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

LUIS M. CONSTANTINO¹, LUCIO NAVARRO², ALEJANDRO BERRIO³, FLOR E. ACEVEDO⁴, DAVID RUBIO⁵
y PABLO BENAVIDES⁶

Resumen: Existen dos especies de *Hypothenemus* en Colombia de importancia económica: *H. hampei* y *H. obscurus*. La primera es la plaga más destructiva del café, mientras que la segunda ataca varias especies, incluyendo macadamia y café. El objetivo de esta investigación fue comparar estas dos especies, biológica, morfológica y genéticamente, con el fin de establecer diferencias que expliquen la adaptación de la broca al café. Los insectos fueron criados en dieta artificial de café y macadamia para estudiar su biología. Se estudió su morfología mediante mediciones en microscopio de luz y a través de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Las comparaciones genéticas se realizaron mediante citogenética y bandedo C cromosómico, desarrollo de perfiles genéticos AFLP y estudios de partenogénesis. La duración del ciclo de vida (huevo a adulto) de *H. obscurus* fue de $28,5 \pm 1,3$ días y en *H. hampei* de $26,8 \pm 1,0$ en dietas de macadamia y café respectivamente. Ambas especies se desarrollaron en las dietas alternativas; sin embargo, su capacidad reproductiva se afectó significativamente. Las comparaciones morfológicas mostraron características específicas que diferencian ambas especies y permitieron explicar su comportamiento de alimentación. Los análisis citogenéticos revelaron heterocromatización facultativa que ocasiona patrones idénticos de haplodiploidia funcional en ambas especies, igualmente se reportan similares cariotipos y número de cromosomas. No se evidenció partenogénesis y se amplificaron fragmentos de ADN exclusivos en cada una de ellas. Esta información permitirá avanzar en la comparación de los transcritomas de estas especies para dilucidar las bases genéticas que soportan los hábitos monófagos de la Broca del Café.

Palabras claves: Citogenética. Huella digital. Microscopía electrónica.



Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Biologic, morphologic, and genetic aspects of *Hypothenemus obscurus* and *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

LUIS M. CONSTANTINO¹, LUCIO NAVARRO², ALEJANDRO BERRIO³, FLOR E. ACEVEDO⁴, DAVID RUBIO⁵
y PABLO BENAVIDES⁶

Resumen: Existen dos especies de *Hypothenemus* en Colombia de importancia económica: *H. hampei* y *H. obscurus*. La primera es la plaga más destructiva del café, mientras que la segunda ataca varias especies, incluyendo macadamia y café. El objetivo de esta investigación fue comparar estas dos especies, biológica, morfológica y genéticamente, con el fin de establecer diferencias que expliquen la adaptación de la broca al café. Los insectos fueron criados en dieta artificial de café y macadamia para estudiar su biología. Se estudió su morfología mediante mediciones en microscopio de luz y a través de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Las comparaciones genéticas se realizaron mediante citogenética y bandedo C cromosómico, desarrollo de perfiles genéticos AFLP y estudios de partenogénesis. La duración del ciclo de vida (huevo a adulto) de *H. obscurus* fue de 28,5±1,3 días y en *H. hampei* de 26,8±1,0 en dietas de macadamia y café respectivamente. Ambas especies se desarrollaron en las dietas alternativas; sin embargo, su capacidad reproductiva se afectó significativamente. Las comparaciones morfológicas mostraron características específicas que diferencian ambas especies y permitieron explicar su comportamiento de alimentación. Los análisis citogenéticos revelaron heterocromatización facultativa que ocasiona patrones idénticos de haplodiploidia funcional en ambas especies, igualmente se reportan similares cariotipos y número de cromosomas. No se evidenció partenogénesis y se amplificaron fragmentos de ADN exclusivos en cada una de ellas. Esta información permitirá avanzar en la comparación de los transcritomas de estas especies para dilucidar las bases genéticas que soportan los hábitos monófagos de la Broca del Café.

Palabras claves: Citogenética. Huella digital. Microscopía electrónica.



ARTICLE

Received 5 Mar 2015 | Accepted 26 May 2015 | Published 14 Jul 2015

DOI: 10.1038/ncomms8618

OPEN

Gut microbiota mediate caffeine detoxification in the primary insect pest of coffee

Javier A. Ceja-Navarro¹, Fernando E. Vega², Ulas Karaoz¹, Zhao Hao¹, Stefan Jenkins³, Hsiao Chien Lim¹, Petr Kosina⁴, Francisco Infante⁵, Trent R. Northen³ & Eoin L. Brodie^{1,6}

The coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) is the most devastating insect pest of coffee worldwide with its infestations decreasing crop yield by up to 80%. Caffeine is an alkaloid that can be toxic to insects and is hypothesized to act as a defence mechanism to inhibit herbivory. Here we show that caffeine is degraded in the gut of *H. hampei*, and that experimental inactivation of the gut microbiota eliminates this activity. We demonstrate that gut microbiota in *H. hampei* specimens from seven major coffee-producing countries and laboratory-reared colonies share a core of microorganisms. Globally ubiquitous members of the gut microbiota, including prominent *Pseudomonas* species, subsist on caffeine as a sole source of carbon and nitrogen. *Pseudomonas* caffeine demethylase genes are expressed *in vivo* in the gut of *H. hampei*, and re-inoculation of antibiotic-treated insects with an isolated *Pseudomonas* strain reinstates caffeine-degradation ability confirming their key role.

Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Biologic, morphologic, and genetic aspects of *Hypothenemus obscurus* and *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

LUIS M. CONSTANTINO¹, LUCIO NAVARRO², ALEJANDRO BERRIO³, FLOR E. ACEVEDO⁴, DAVID RUBIO⁵ y PABLO BENAVIDES⁶

Resumen: Existen dos especies de *Hypothenemus* en Colombia de importancia económica: *H. hampei* y *H. obscurus*. La primera es la plaga más destructiva del café, mientras que la segunda ataca varias especies, incluyendo macadamia y café. El objetivo de esta investigación fue comparar estas dos especies, biológica, morfológica y genéticamente, con el fin de establecer diferencias que expliquen la adaptación de la broca al café. Los insectos fueron criados en dieta artificial de café y macadamia para estudiar su biología. Se estudió su morfología mediante mediciones en microscopio de luz y a través de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Las comparaciones genéticas se realizaron mediante citogenética y bandedo C cromosómico, desarrollo de perfiles genéticos AFLP y estudios de partenogénesis. La duración del ciclo de vida (huevo a adulto) de *H. obscurus* fue de $28,5 \pm 1,3$ días y en *H. hampei* de $26,8 \pm 1,0$ en dietas de macadamia y café respectivamente. Ambas especies se desarrollaron en las dietas alternativas; sin embargo, su capacidad reproductiva se afectó significativamente. Las comparaciones morfológicas mostraron características específicas que diferencian ambas especies y permitieron explicar su comportamiento de alimentación. Los análisis citogenéticos revelaron heterocromatización facultativa que ocasiona patrones idénticos de haplodiploidia funcional en ambas especies, igualmente se reportan similares cariotipos y número de cromosomas. No se evidenció partenogénesis y se amplificaron fragmentos de ADN exclusivos en cada una de ellas. Esta información permitirá avanzar en la comparación de los transcritomas de estas especies para dilucidar las bases genéticas que soportan los hábitos monófagos de la Broca del Café.

Palabras claves: Citogenética. Huella digital. Microscopía electrónica.



ARTICLE

Received 5 Mar 2015 | Accepted 26 May 2015 | Published 14 Jul 2015

DOI: 10.1038/ncomms8618

OPEN

Gut microbiota mediate caffeine detoxification in the primary insect pest of coffee

Javier A. Ceja-Navarro¹, Fernando E. Vega², Ulas Karaoz¹, Zhao Hao³, Stefan Jenkins³, Hsiao Chien Lim¹, Petr Kosina⁴, Francisco Infante⁵, Trent R. Northen³ & Eoin L. Brodie^{1,6}

The coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) is the most devastating insect pest of coffee worldwide with its infestations decreasing crop yield by up to 80%. Caffeine is an alkaloid that can be toxic to insects and is hypothesized to act as a defence mechanism to inhibit herbivory. Here we show that caffeine is degraded in the gut of *H. hampei*, and that experimental inactivation of the gut microbiota eliminates this activity. We demonstrate that gut microbiota in *H. hampei* specimens from seven major coffee-producing countries and laboratory-reared colonies share a core of microorganisms. Globally ubiquitous members of the gut microbiota, including prominent *Pseudomonas* species, subsist on caffeine as a sole source of carbon and nitrogen. *Pseudomonas* caffeine demethylase genes are expressed *in vivo* in the gut of *H. hampei*, and re-inoculation of antibiotic-treated insects with an isolated *Pseudomonas* strain reinstates caffeine-degradation ability confirming their key role.

The Washington Post
Democracy Dies in Darkness

These caffeine-addicted beetles are using bacteria to ruin all of our coffee



By Elahe Izadi

July 17, 2015 at 7:00 a.m. EDT



A closeup view of the coffee berry borer. (USDA/Hawaii Department of Agriculture)

Share

This is the coffee berry borer, and it must be stopped.



Insecticidal Activity of Caffeine Aqueous Solutions and Caffeine Oleate Emulsions against *Drosophila melanogaster* and *Hypothenemus hampei*

Pedronel Araque, Herley Casanova, Carlos Ortiz, Beatriz Henao, and Carlos Peláez

View Author Information ▾

Cite this: *J. Agric. Food Chem.* 2007, 55, 17, 6918–6922

Publication Date: July 21, 2007 ▾

<https://doi.org/10.1021/jf071052b>

Copyright © 2007 American Chemical Society

[Request reuse permissions](#)

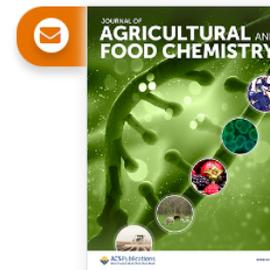
Article Views
1367

Altmetric
7

Citations
22

[LEARN ABOUT THESE METRICS](#)

Share Add to Export



Journal of Agricultural
and Food Chemistry

PDF (56 KB)

Access Through Your Institution

More Access Options

SUBJECTS: Bioactivity, Emulsions, Insecticides, Pharmaceuticals, Surfactants

Abstract

The bioactivity of caffeine aqueous solutions (0.20–2.00 wt %) and caffeine oleate emulsions (20 vol % oil, 2.00 wt % surfactant, 0.04 wt % caffeine, 0.05 wt % oleic acid) was assessed against two biological models: *Drosophila melanogaster* and *Hypothenemus hampei*. The caffeine aqueous solutions showed no insecticidal activity, whereas caffeine oleate emulsions had high bioactivity against both *D. melanogaster* and *H. hampei*. By preparing the caffeine oleate emulsions with anionic surfactants (i.e., sodium lauryl sulfate, sodium laureate, and sodium oleate), we obtained a lethal time 50 (LT_{50}) of 23 min. In the case of caffeine oleate emulsions prepared with nonionic surfactants (i.e., Tween 20 and Tween 80), a LT_{50} of approximately 17 min was observed. The high bioactivity of the caffeine oleate emulsion against *H. hampei* opens the possibility of using this insecticide formulation as an effective way to control this pest that greatly affects coffee plantations around the world.

Keywords: Caffeine oleate; insecticide; O/W emulsion; *Drosophila melanogaster*; *Hypothenemus hampei*





	Centro e Instituto de Investigación	Centro de Desarrollo Tecnológico	Centro de Innovación	Unidades de I+D+i Empresariales
Objeto Social	Generación de conocimiento científico. Formación de talento.	Generación de conocimiento aplicado Transferencia tecnológica.	Prestación de servicios.	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico para mejorar capacidades tecnológicas y competitividad de la empresa.
Actividad Principal	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica y aplicada Formación: a nivel de postgrado 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada y desarrollo tecnológico Transferencia de Tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> Servicios de transferencia de conocimiento: Consultorías y asesorías, asistencia técnica, capacitación, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Extensionismo y servicios tecnológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada. Desarrollo tecnológico Mejoramiento de Procesos productivos, Productos o Servicios
Otras actividades	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo tecnológico Divulgación Servicios tecnológicos de alto nivel Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada Servicios tecnológicos Consultorías y Asesorías de carácter tecnológico Formación a nivel de postgrado y pregrado Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría de políticas públicas. Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica I+D externa Servicios tecnológicos y asesorías de carácter tecnológico Divulgación Formación de recursos humanos
Resultados principales	<ul style="list-style-type: none"> Publicaciones científicas Patentes de invención Tesis de doctorado - maestría Apoyo a programas de doctorado y maestría 	<ul style="list-style-type: none"> Nuevos productos tecnológicos: diseño industrial, planta piloto, prototipo, Productos empresariales: innovaciones en procesos, procedimientos y servicios, secreto empresarial Patentes de invención 	<ul style="list-style-type: none"> Estudios y metodologías desarrolladas o transferidas Consultorías y asesorías en materia de innovación Servicios tecnológicos Proyectos de Extensionismo tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> Productos o procesos tecnológicos Innovación en procedimientos y servicios. Secreto empresarial. Producto tecnológico patentado Artículo de investigación u otro medio de publicación científica

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE MICROCÁPSULAS DE OLEATO DE CAFEÍNA SOBRE LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei*



Pablo Benavides Machado - Cenicafé

Herley Fernando Casanova – Universidad de Antioquia

- 1) Emulsión de oleato de cafeína estabilizada con Tween 80 al 0.056% de cafeína.
- 2) Emulsión de oleato de cafeína estabilizada con Tween 80 al 0.040% de cafeína.
- 3) Emulsión de oleato de cafeína estabilizada con Tween 80 al 0.030% de cafeína.
- 4) Emulsión de oleato de cafeína estabilizada con micropartículas de mineral
- 5) Microcápsulas de oleato de cafeína estabilizadas con micropartículas de mineral
- 6) Microcápsulas de oleato de cafeína estabilizadas con nanopartículas de mineral
- 7) Microcápsulas de oleato de cafeína estabilizadas con micropartículas de mineral y P1
- 8) Microcápsulas de oleato de cafeína estabilizadas con micropartículas de mineral y P2
- 9) Microcápsulas de oleato de cafeína estabilizadas con micropartículas de mineral y P3
- 10) Microcápsulas de ácido oleico (Blanco relativo)
- 11) Blanco absoluto agua

Efecto Protectante en granos de café

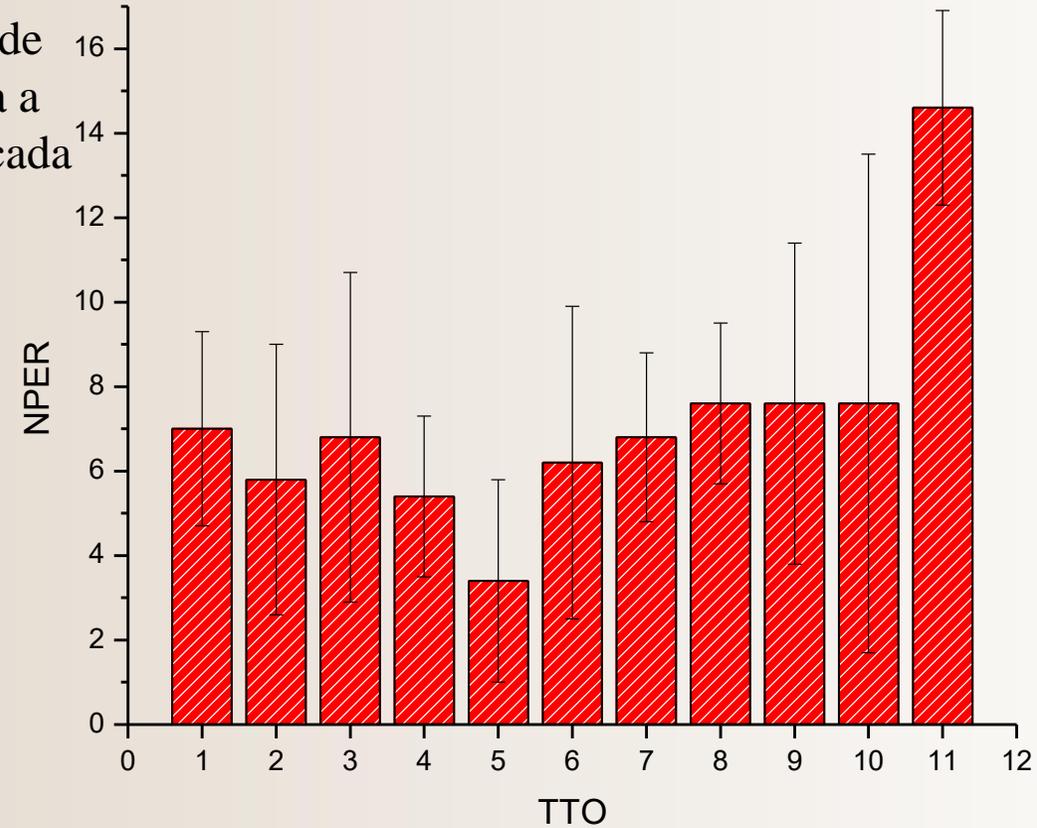
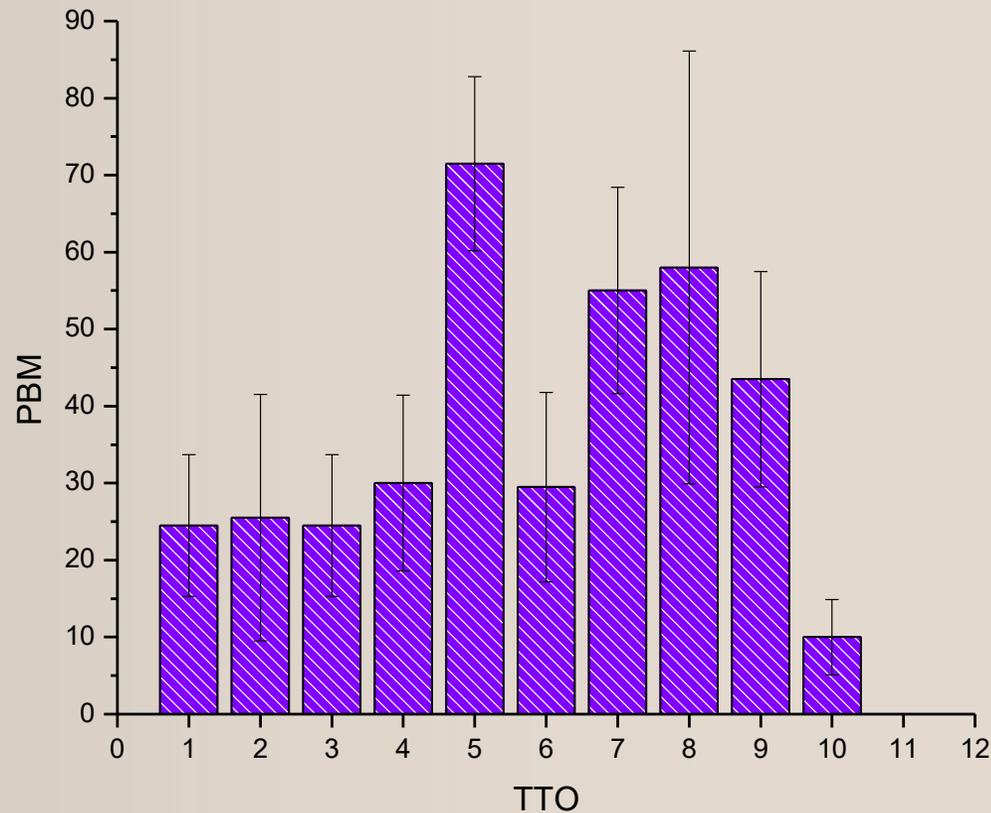
N = 55



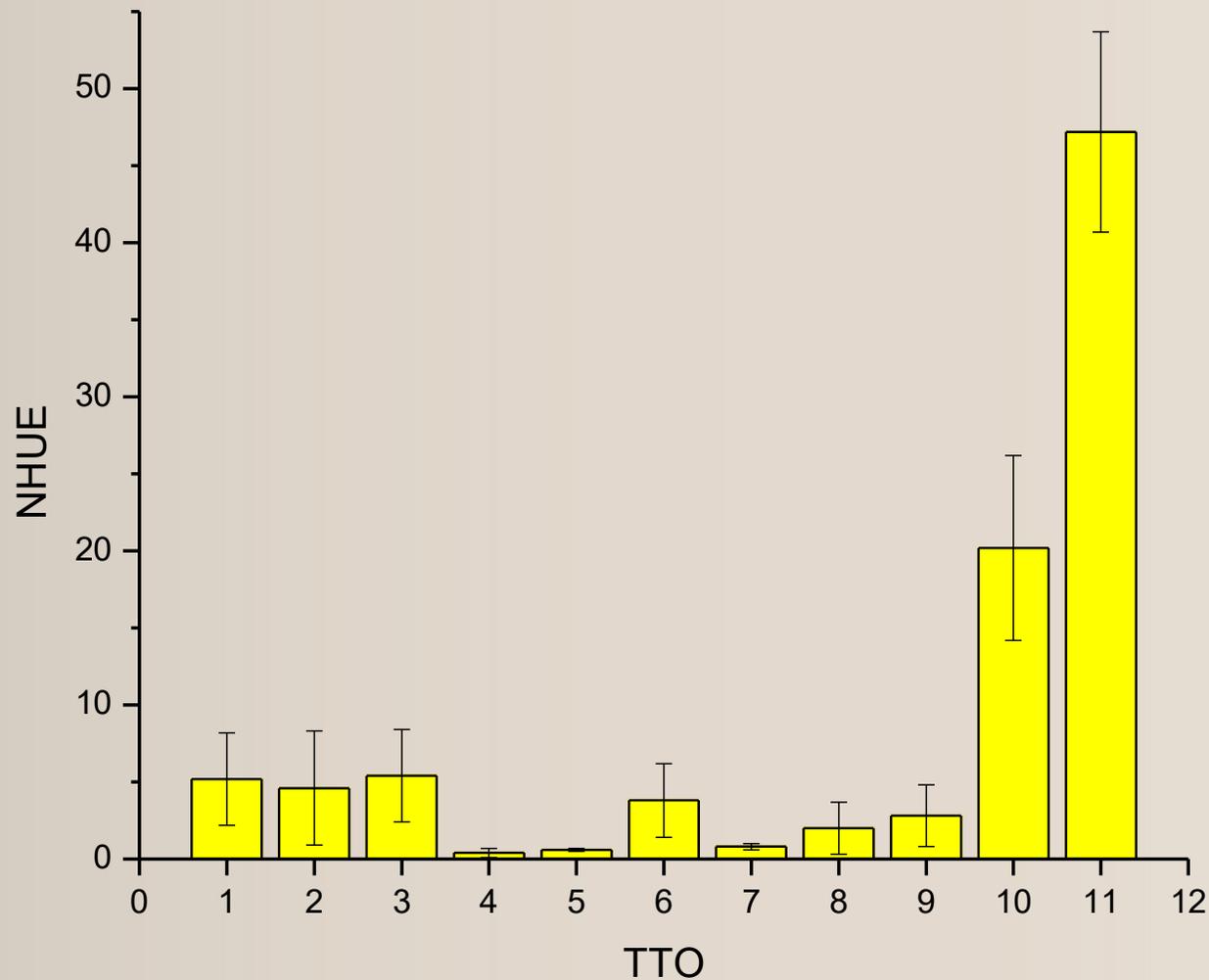
Figura 6. Unidad de trabajo con 20 granos de café y 40 brocas adultas.



Promedio del número de perforaciones de broca a los granos de café en cada unidad experimental.



Promedio de brocas muertas en cada unidad experimental



Promedio del número de oviposiciones en los granos de café en cada unidad experimental

Por superficie tratada, el oleato de cafeína causa mortalidad, disminuye las perforaciones de los granos y por ende la oviposición de la broca

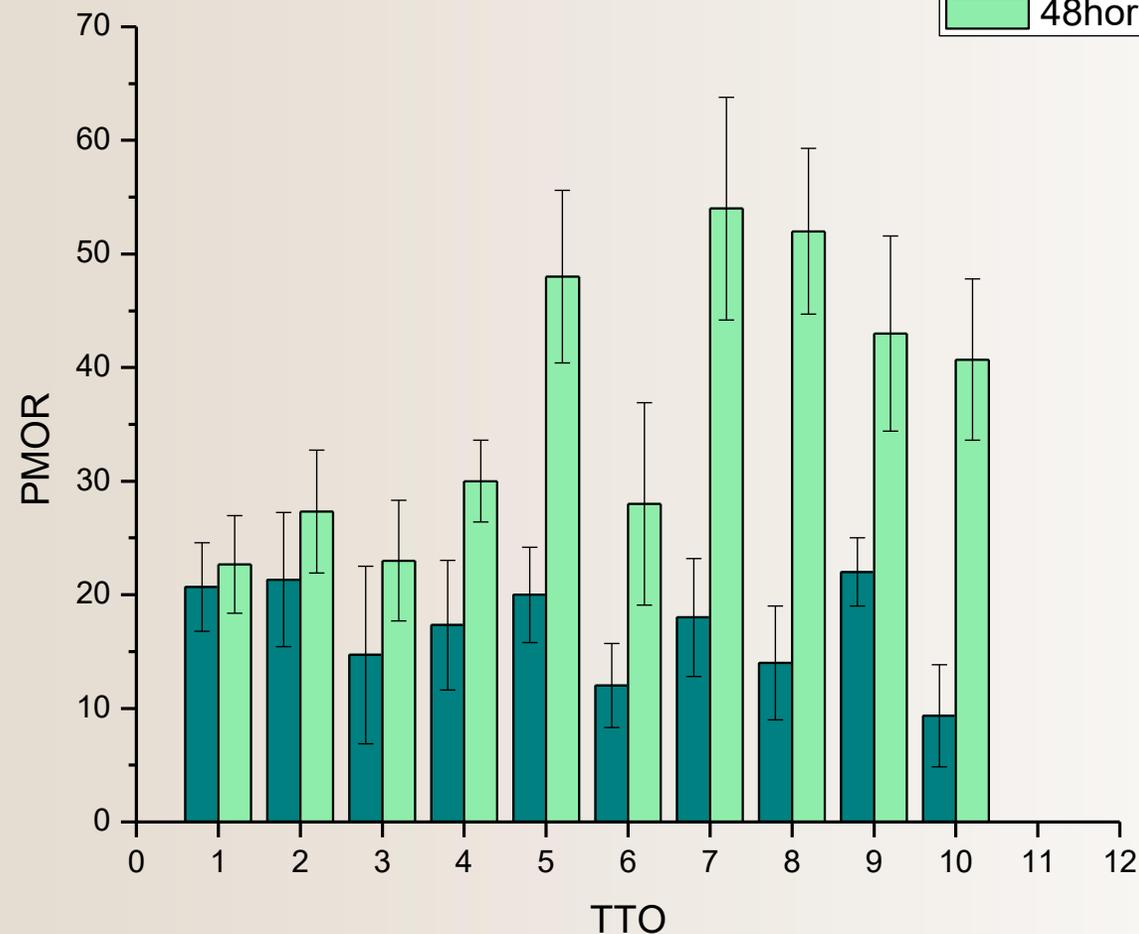
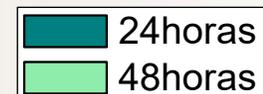
Control por contacto

N = 15



Por contacto, se observa mayor mortalidad cuando el oleato de cafeína está microencapsulado.

Promedio de brocas muertas a las 24 y 48 horas después de la aspersión de 2mL de los tratamientos.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

[Generalidades](#) [Entidades del proyecto](#) [Entidad Representante](#) [Descripciones](#) [Palabras clave](#) [Cronograma](#) [Resultados publicaciones](#) [Otros resultados](#) [Impactos](#) [Cobertura - Regiones de impacto](#) [Tipo personal](#) [Personas](#) [Presupuesto](#) [Resumen por rubros](#) [Presupuesto por entidad](#) [Presupuesto detallado](#) [Presupuesto global total](#) [Presupuesto global por año](#)

Recuerde validar y enviar la información del proyecto a Colciencias

GENERALIDADES DEL PROYECTO

[Ir al menú](#)

Tipo de Proyecto	PROYECTO	
Título	Efecto de la microencapsulación de compuestos sobre su actividad biológica en la broca del café Version Julio 2013	
Convocatoria	562 - 2012 BANCO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS I+D+I - MODALIDAD COFINANCIACIÓN	
Programa	PROGRAMA NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL Y CALIDAD	
Código Programa	38446	
Tipo de financiación	COFINANCIACIÓN	
Duración en meses	36	
Investigador principal	Herley Casanova	CEDULA DE CIUDADANIA: 71732984
	Pablo Benavides	CEDULA DE CIUDADANIA: 10284785
Lugar ejecución	MEDELLIN - ANTIOQUIA	
Dirección electrónica	comunicaciones@udea.edu.co	

ENTIDADES DEL PROYECTO (3)

[Ir al menú](#)

Nombre de la entidad	Rol
Sumicol S.A.	BENEFICIARIO
Universidad de Antioquia	EJECUTOR
CENICAFE	COEJECUTORA





	Centro e Instituto de Investigación	Centro de Desarrollo Tecnológico	Centro de Innovación	Unidades de I+D+i Empresariales
Objeto Social	Generación de conocimiento científico. Formación de talento.	Generación de conocimiento aplicado Transferencia tecnológica.	Prestación de servicios.	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico para mejorar capacidades tecnológicas y competitividad de la empresa.
Actividad Principal	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica y aplicada Formación: a nivel de postgrado 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada y desarrollo tecnológico Transferencia de Tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> Servicios de transferencia de conocimiento: Consultorías y asesorías, asistencia técnica, capacitación, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Extensionismo y servicios tecnológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada. Desarrollo tecnológico Mejoramiento de Procesos productivos, Productos o Servicios
Otras actividades	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo tecnológico Divulgación Servicios tecnológicos de alto nivel Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada Servicios tecnológicos Consultorías y Asesorías de carácter tecnológico Formación a nivel de postgrado y pregrado Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría de políticas públicas. Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica I+D externa Servicios tecnológicos y asesorías de carácter tecnológico Divulgación Formación de recursos humanos
Resultados principales	<ul style="list-style-type: none"> Publicaciones científicas Patentes de invención Tesis de doctorado - maestría Apoyo a programas de doctorado y maestría 	<ul style="list-style-type: none"> Nuevos productos tecnológicos: diseño industrial, planta piloto, prototipo, Productos empresariales: innovaciones en procesos, procedimientos y servicios, secreto empresarial Patentes de invención 	<ul style="list-style-type: none"> Estudios y metodologías desarrolladas o transferidas Consultorías y asesorías en materia de innovación Servicios tecnológicos Proyectos de Extensionismo tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> Productos o procesos tecnológicos Innovación en procedimientos y servicios. Secreto empresarial. Producto tecnológico patentado Artículo de investigación u otro medio de publicación científica



US010104896B2



(12) **United States Patent**
Benavides et al.

(10) **Patent No.:** US 10,104,896 B2
(45) **Date of Patent:** Oct. 23, 2018

- (54) **COMBINATION OF BIOLOGICAL PESTICIDES**
- (71) Applicants: **FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA**, Bogotá (CO); **ECOFLOA AGRO S.A.S.**, Rionegro (CO)
- (72) Inventors: **Pablo Benavides**, Bogotá (CO); **Carmenza Góngora**, Bogotá (CO)
- (73) Assignee: **Federacion Nacional de Cafeteros de Colombia**, Bogota (CO)
- (*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 167 days.
- (21) Appl. No.: **14/762,213**
- (22) PCT Filed: **Nov. 29, 2013**
- (86) PCT No.: **PCT/IB2013/060525**
§ 371 (c)(1),
(2) Date: **Jul. 21, 2015**
- (87) PCT Pub. No.: **WO2014/111764**
PCT Pub. Date: **Jul. 24, 2014**
- (65) **Prior Publication Data**
US 2015/0359229 A1 Dec. 17, 2015
- (30) **Foreign Application Priority Data**
Jan. 21, 2013 (CO) 13-010500
- (51) **Int. Cl.**
A01N 63/04 (2006.01)
A01N 65/38 (2009.01)
A01N 65/42 (2009.01)
A01N 65/00 (2009.01)
- (52) **U.S. Cl.**
CPC *A01N 63/04* (2013.01); *A01N 65/00* (2013.01); *A01N 65/38* (2013.01); *A01N 65/42* (2013.01)
- (58) **Field of Classification Search**
None
See application file for complete search history.

Use of Entomopathogenic Fungi in Latin America, Alves et al., *Advances in Microbial Control of Insect Pests*, p. 193-211 (2002).
Eficacia De Mezclas De Cepas Del Hongo *Beauveria bassiana* En El Control De La Broca Del Café, Cardenas, et. al., *Cenicafé*, 58(4):293-303 (2007).
Effect of the toxin beauvericin on *Hypothenemus hampei*; Arboleda et al., *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica) No. 68 p. 71-76, (2003).
Cytotoxic Activity of Fungal Metabolites from the Pathogenic Fungus *Beauveria bassiana*: An Intraspecific Evaluation of Beauvericin Productio; Arboleda et al., *Curr. Microbiol.* 63:306-312 (2011).
Attachment of Mycopathogens to Cuticle. The Initial Event of Mycoses in Arthropod Hosts; Boucias et al., *Spore Attachment and Invasion* (1991).
El manejo de cafetales y su relacion con el control de la broca del café en Colombia, Alex Enrique Bustillo Pardey, (2007).
Brocarta, Boletín Informativo sobre la broca del Café, Bustillo, No. 37 (Jan. 2004).
El Desarrollo y uso de entomopatogenos para el control de la broca de cafe, Bustillo, p. 70-85 (1998).
Eficacia de mezclas de cepas de *Beauveria bassiana* para control de la broca del cafe, *Hypothenemus hampei*, Cardenas et al., (Abstract) XXXIV Congreso, Sociedad Colombiana de Entomología, (2007).
Exploiting the genetic diversity of *Beauveria bassiana* for improving the biological control of the coffee berry borer through the use of strain mixtures, Cruz et al., *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 71:918-926 (2006).
Microbial Control of Insect Pests With Entomopathogenic Fungi in China: A Decade's Progress in Research and Utilization; Ming-Guang Feng, *Advances in Microbiol. Control of Insect Pests*, 213-234 (2002).
Production, Formulation and Application of the Entomopathogenic Fungus Beauveria bassiana for Insect Control: Current Status; Review Article; Feng et al., *Biocontrol Science and Tech.* 4:3-34 (1994).
Variation in gene expression patterns as the insect pathogen Metarhizium anisopliae adapts to different host cuticles on nutrient deprivation in vitro, Freimoser et al., *Microbiology*, 151:361-371 (2005).
The Use of Entomogenous Fungi for Pest Control and the Role of Toxins in Pathogenesis; Gillespi and Claydon, *Pstic. Sci.* 27:203-2015 (1989).
Entomopathogenic Fungi and Their Role in Regulatio of Insect Populations; Goettel et al.; *Comprehensive Molecular Insect Science*, vol. 6. pp. 361-406 (Edited by Lawrence L. Gilbert, Kostad Iantrou and Sarjeet S. Gill., Elsevier, Boston (2005).

(Continued)

Primary Examiner — Jennifer M. H. Tichy
(74) *Attorney, Agent, or Firm* — The Morales Law Firm; Joseph L. Morales



Efecto Preventivo



Aspersión del producto e infestación con broca

Efecto Curativo



infestación con broca Aspersión del producto



Convenio Nexentia UdeA Cenicafé

Acuerdo de propiedad
intelectual CN-2012-2129
Mayo de 2013

CENICAFÉ

- Pablo Benavides. Ph.D.
- Carmenza Góngora. Ph.D.
- Johanna Tapias. Msc.
- Jorge Luis Jaramillo. M.Sc.

UdeA

- Herley Casanova. Ph.D.
- Sebastián González. BSc.

Sumicol Nexentia

- Alexis Sabet

Dic 2014 – Sep 2021

CONFIDENCIAL

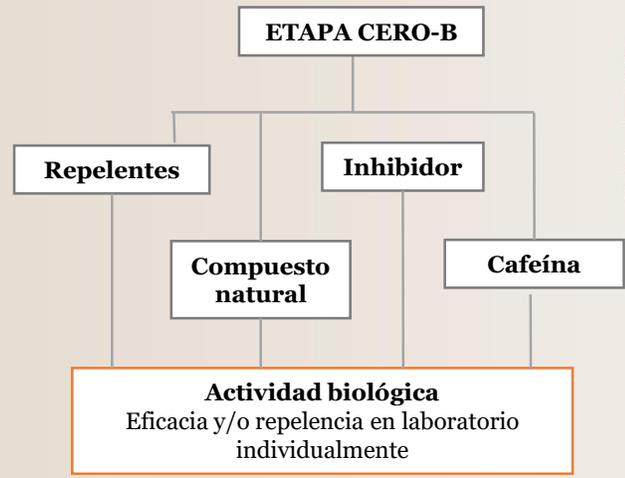
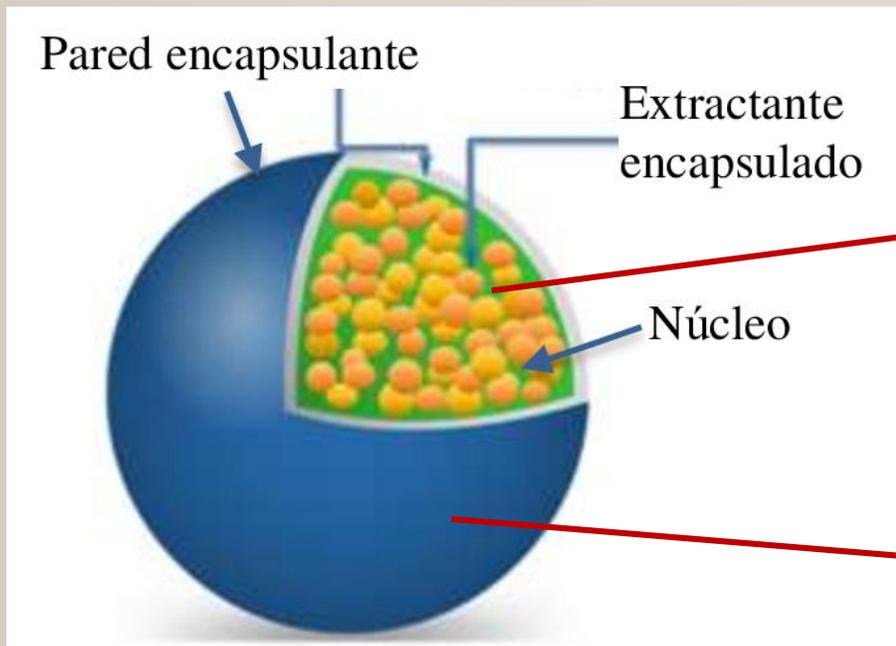
OBJETIVO GENERAL



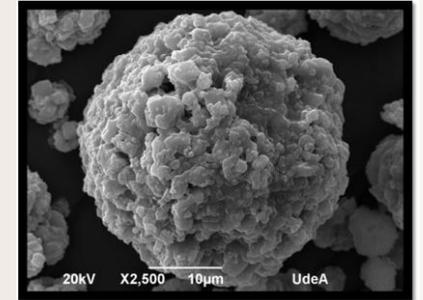
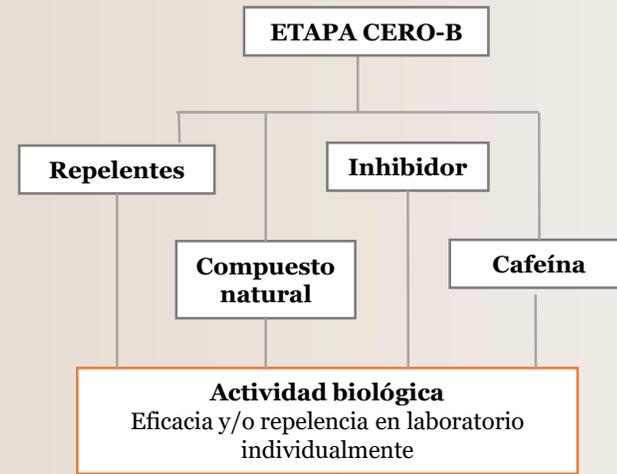
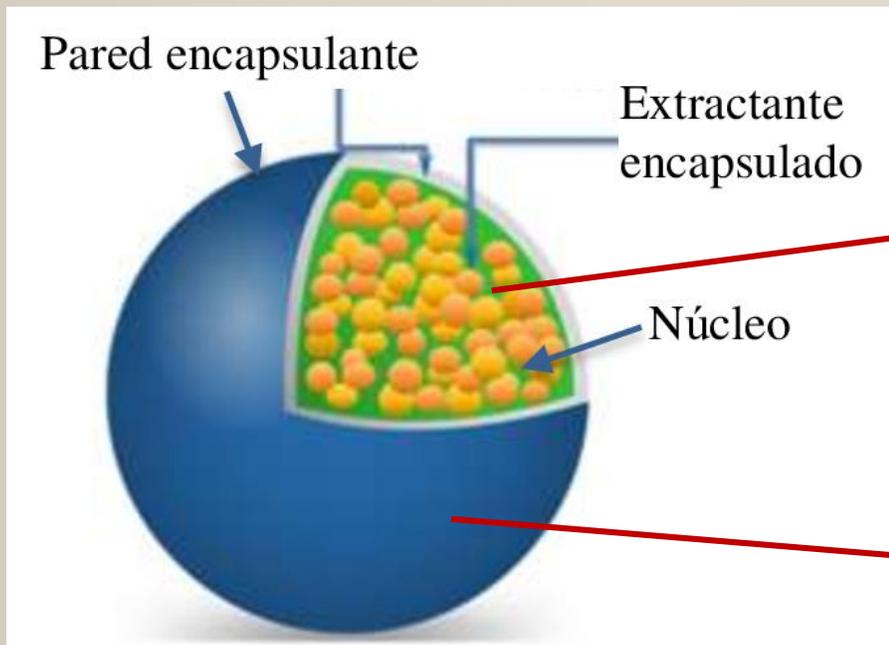
Desarrollar y evaluar nuevos productos de bajo impacto ambiental que se puedan incluir en un programa de manejo integrado de la broca y otras plagas del café.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar cuatro productos encapsulados y evaluar en condiciones de laboratorio su actividad biológica sobre la broca del café.
- Determinar la residualidad de pesticidas microencapsulados en condiciones de campo.



Microcápsulas de nanopartículas de minerales



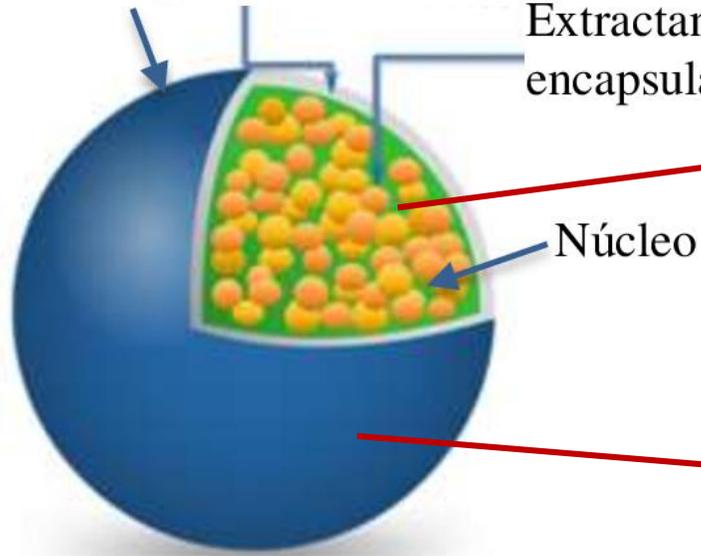
Microcápsulas de nanopartículas de minerales

www.udea.edu.co
 Microfotografía electrónica de barrido de microcápsula de carbonato de calcio. Cortesía: Grupo de Coloides

Pared encapsulante

Extractante encapsulado

Núcleo



ETAPA CERO-B

Repelentes

Inhibidor

Compuesto natural

Cafeína

Actividad biológica
Eficacia y/o repelencia en laboratorio individualmente



Microcápsulas de nanopartículas de minerales

Revista Colombiana de Entomología 37 (2): 173-182 (2011)

Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Biologic, morphologic, and genetic aspects of *Hypothenemus obscurus* and *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

LUIS M. CONSTANTINO¹, LUCIO NAVARRO², ALEJANDRO BERRIO³, FLOR E. ACEVEDO⁴, DAVID RUBIO⁵ y PABLO BENAVIDES⁶

Resumen: Existen dos especies de *Hypothenemus* en Colombia de importancia económica: *H. hampei* y *H. obscurus*. La primera es la plaga más destructiva del café, mientras que la segunda ataca varias especies, incluyendo macadamia y café. El objetivo de esta investigación fue comparar estas dos especies, biológica, morfológica y genéticamente, con el fin de establecer diferencias que expliquen la adaptación de la broca al café. Los insectos fueron criados en dieta artificial de café y macadamia para estudiar su biología. Se estudió su morfología mediante mediciones en microscopio de luz y a través de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Las comparaciones genéticas se realizaron mediante citogenética y bandedo C cromosómico, desarrollo de perfiles genéticos AFLP y estudios de partenogénesis. La duración del ciclo de vida (huevo a adulto) de *H. obscurus* fue de 28,5±1,3 días y en *H. hampei* de 26,8±1,0 en dietas de macadamia y café respectivamente. Ambas especies se desarrollaron en las dietas alternativas; sin embargo, su capacidad reproductiva se afectó significativamente. Las comparaciones morfológicas mostraron características específicas que diferencian ambas especies y permitieron explicar su comportamiento de alimentación. Los análisis citogenéticos revelaron heterocromatización facultativa que ocasiona patrones idénticos de haplodiploidía funcional en ambas especies, igualmente se reportan similares cariotipos y número de cromosomas. No se evidenció partenogénesis y se amplificaron fragmentos de ADN exclusivos en cada una de ellas. Esta información permitirá avanzar en la comparación de los transcriptomas de estas especies para dilucidar las bases genéticas que soportan los hábitos monófagos de la Broca del Café.

Palabras claves: Citogenética. Huella digital. Microscopía electrónica.

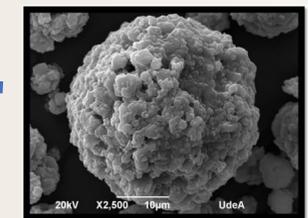
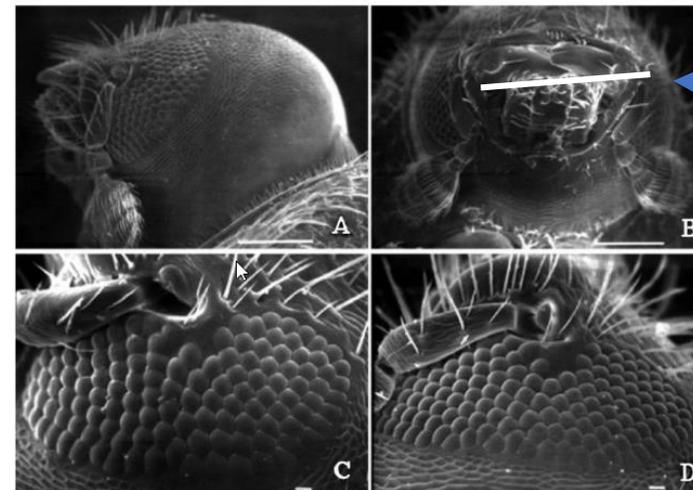


Figura 3. A. Cabeza en vista lateral de *Hypothenemus hampei*, escala= 100µm , 230X; B. Aparato bucal de *H. hampei*, escala 100µm , 230X; C. Ojo compuesto de *H. hampei* mostrando el número de omatidias, escala =10µm, 500X; D. Ojo compuesto de *H. obscurus*, escala= 10µm, 500X.

www.udea.edu.co
Microfotografía electrónica de barrido de microcápsula de carbonato de calcio. Cortesía: Grupo de Coloides

Published: 17 August 2020

Evaluation of Terpene-Volatile Compounds Repellent to the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae)

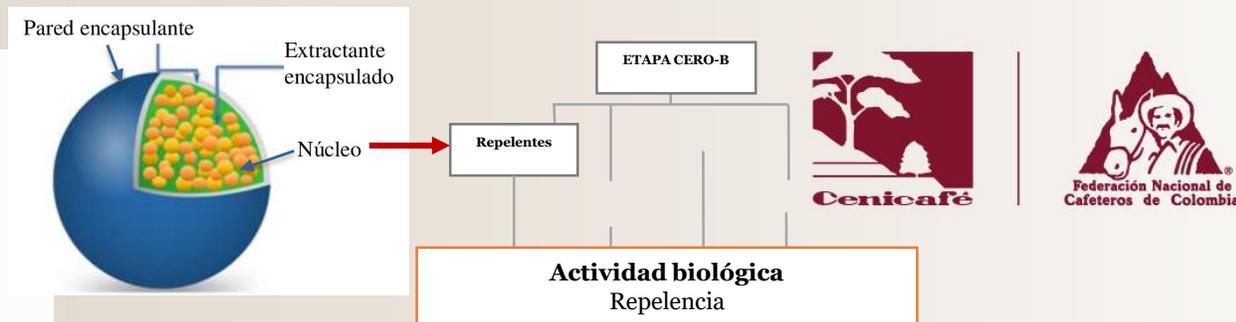
Carmenza E. Góngora , Johanna Tapias, Jorge Jaramillo, Ruben Medina, Sebastian Gonzalez, Herley Casanova, Aristóteles Ortiz & Pablo Benavides

Journal of Chemical Ecology 46, 881–890 (2020) | [Cite this article](#)

940 Accesses | 13 Citations | [Metrics](#)

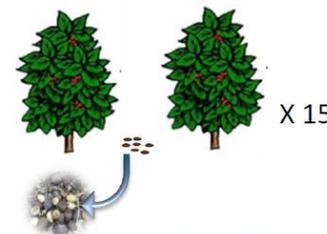
Abstract

The coffee berry borer (CBB) is one of the main coffee pests in the world including Colombia. This pest is difficult to manage because of its cryptic habits and the continuous availability of coffee fruits. Among the new management strategies being tested is the use of volatile compounds as insect repellents. In this work, the behavioral response of female adult CBBs to terpenes previously identified in the CBB-repellent plant species *Lantana camara* was evaluated. α -Terpinene, (*R*)-limonene, farnesene and β -caryophyllene terpenes were tested via a Y-tube olfactometer in which ripe coffee fruits were accompanied by terpenes at concentrations between 25 and 200 ppm. Only β -caryophyllene induced a significant and consistent CBB repellent effect at all tested doses. The protective effect of microencapsulated β -caryophyllene was then determined under laboratory conditions by incorporating the terpene in a colloidosome-gel system at 2.8×10^5 ng/h in the middle of coffee fruits with adult CBBs. The coffee fruits in turn presented a decrease in fruit infestation. Furthermore, the protection of coffee fruits when β -caryophyllene gels were hung in coffee trees was evaluated in the field; infestations were artificially induced by the use of raisins (CBB-infested old coffee fruits) placed on the ground. Compared with unprotected trees, the trees treated with caryophyllene gels exhibited a 33 to 45% lower degree of infestation. Taken together, the results show that β -caryophyllene is a promising compound for an integrated pest management (IPM) program in commercial coffee plantations.



Control

1. Control Vs Control



Tratamiento

2. Con Gel β -cariofileno Vs control (sin gel)



Evaluación: número de frutos brocados a los 7, 14, 22 y 29 días después de la liberación de las brocas

Variable de respuesta: Porcentaje de infestación

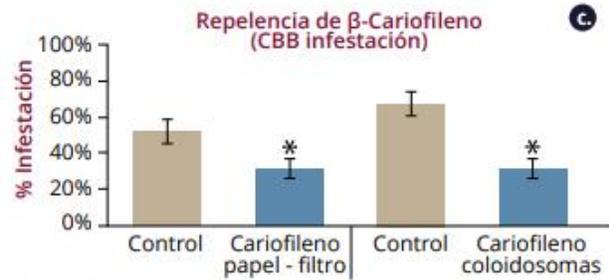
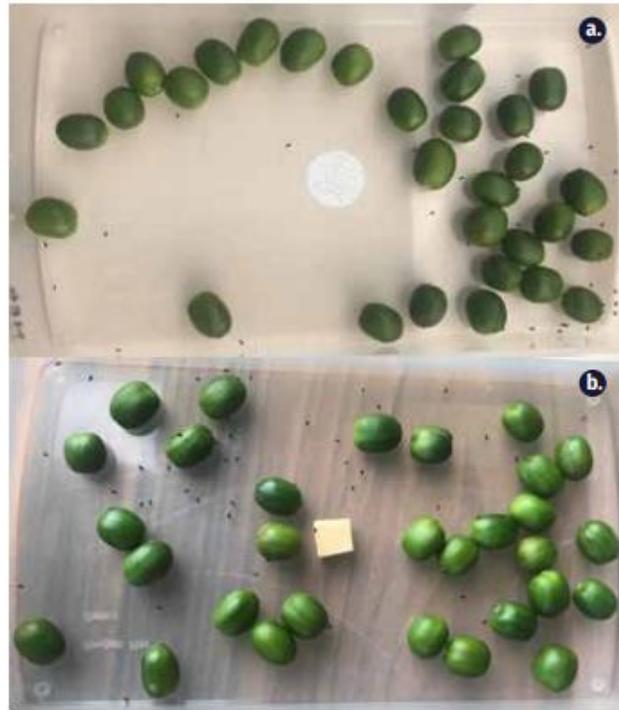


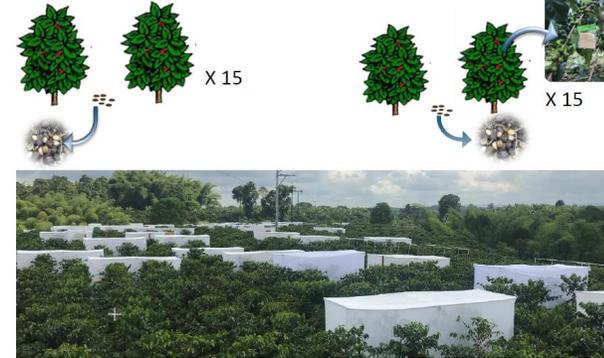
Figura 17. a. Papel filtro con β -cariofileno en medio de 30 frutos de café verde. b. Sistema de coloidosomas con β -cariofileno en medio de 30 frutos de café verde. c. Porcentaje de broca que perforaron los frutos de café (Promedio \pm EE; n = 60 por cada repetición). El asterisco indica diferencia significativa del 50% respuesta (95% Prueba LSD: P < 0,05).

Control

Tratamiento

1. Control Vs Control

2. Con Gel β -cariofileno Vs control (sin gel)

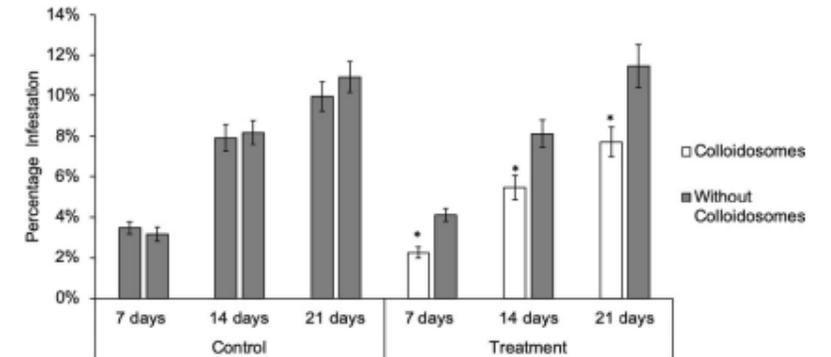


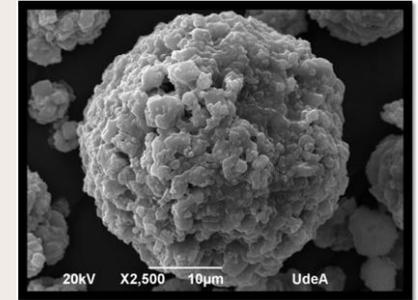
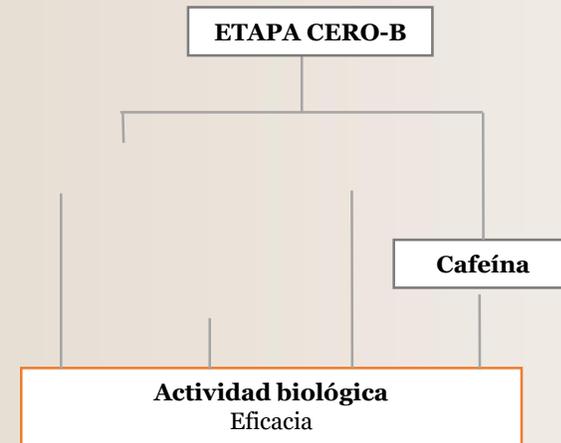
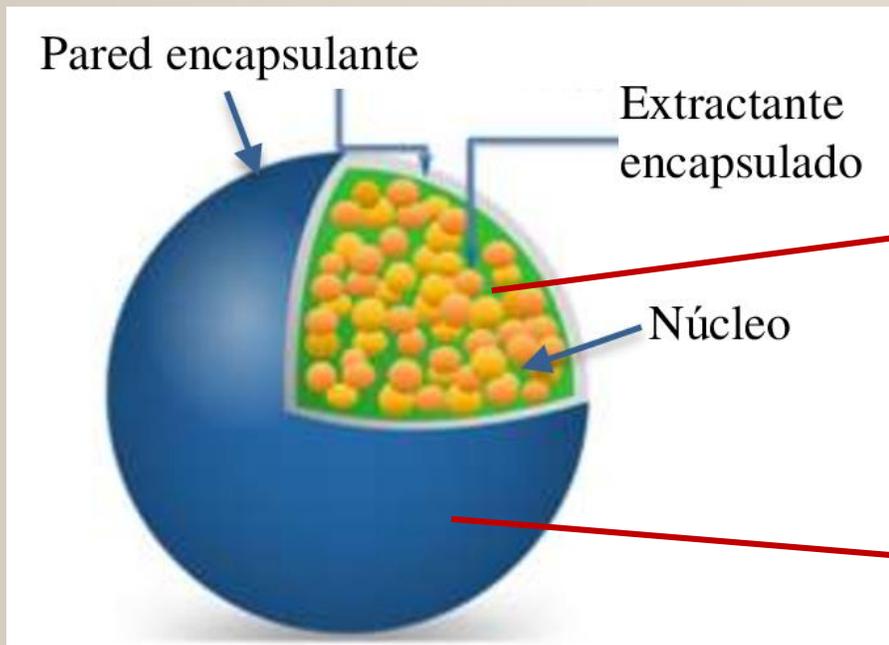
Evaluación: número de frutos brocados a los 7, 14, 22 y 29 días después de la liberación de las brocas

Variable de respuesta: Porcentaje de infestación

J Chem Ecol

Fig. 9 Infestation percentage of *H. hampei* in coffee trees (mean \pm SE; n = 20 for each replication). The asterisk indicates a significant difference within a treatment (* P < 0.05)





www.udea.edu.co
 Microfotografía electrónica de barrido de microcápsula de carbonato de calcio. Cortesía: Grupo de Coloides

Microcápsulas de nanopartículas de minerales



Efecto Preventivo



Aspersión del producto e infestación con broca

Efecto Curativo

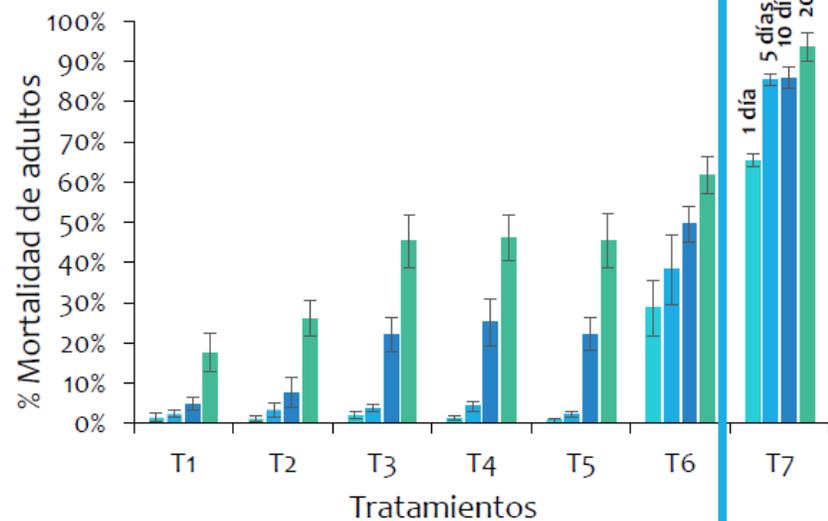


infestación con broca Aspersión del producto

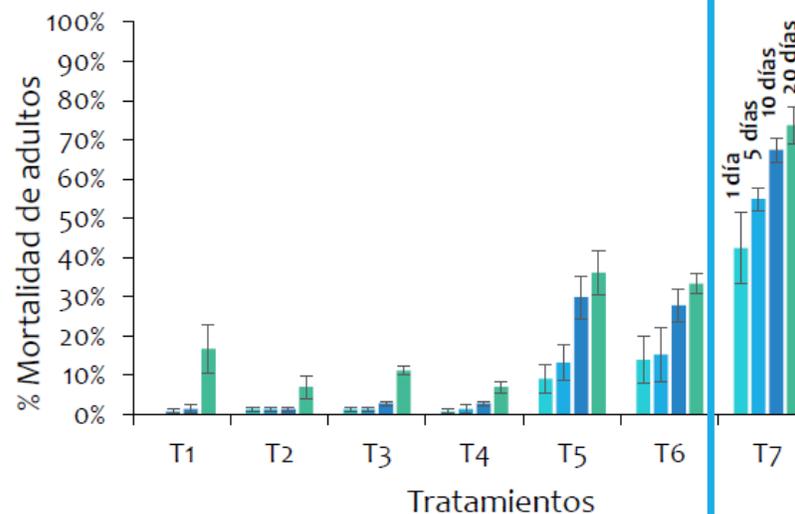
Código	Tratamiento	Microcápsulas cafeína	Ácido oleico	Tween 80
T1	Agua	0	0	0
T2	Tween 80 0,3%	0	0%	0,3%
T3	Micro 4000 ppm	6,2% -4000 ppm	0%	0
T4	Micro 4000 ppm + Tween 80 0,3%	6,2% -4000 ppm	0%	0,3%
T5	Micro 4000 ppm + 3% AO + Tween 80 0,3%	6,2% -4000 ppm	3%	0,3%
T6	Micro 4000 ppm + 6% AO + Tween 80 0,3%	6,2% -4000 ppm	6%	0,3%
T7	Micro4000 ppm + 12% AO + Tween 80 0,3%	6,2% -4000 ppm	12%	0,3%

Eficacia
Laboratorio

PREVENTIVO



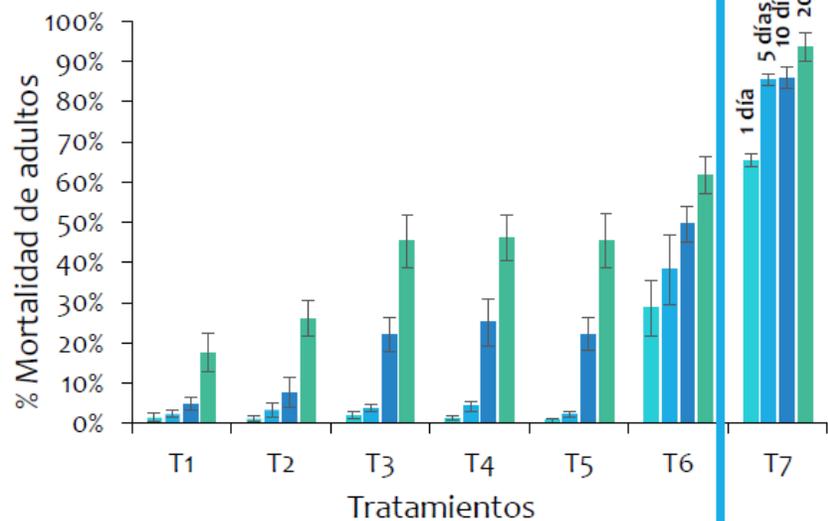
CURATIVO



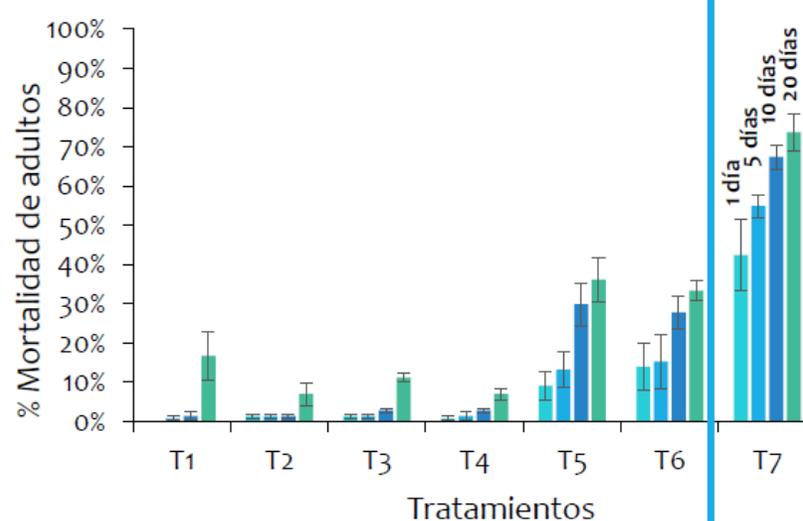
Código	Tratamiento	Microcápsulas cafeína	Ácido oleico	Tween 80
T1	Agua	0	0	0
T2	Tween 80 0,3%	0	0%	0,3%
T3	Micro 4000 ppm	6,2% -4000 ppm	0%	0
T4	Micro 4000 ppm + Tween 80 0,3%	6,2% -4000 ppm	0%	0,3%
T5	Micro 4000 ppm + 3% AO + Tween 80 0,3%	6,2% -4000 ppm	3%	0,3%
T6	Micro 4000 ppm + 6% AO + Tween 80 0,3%	6,2% -4000 ppm	6%	0,3%
T7	Micro4000 ppm + 12% AO + Tween 80 0,3%	6,2% -4000 ppm	12%	0,3%

Eficacia
Laboratorio

PREVENTIVO



CURATIVO



Fitotoxicidad
Campo



24 horas después de aplicación

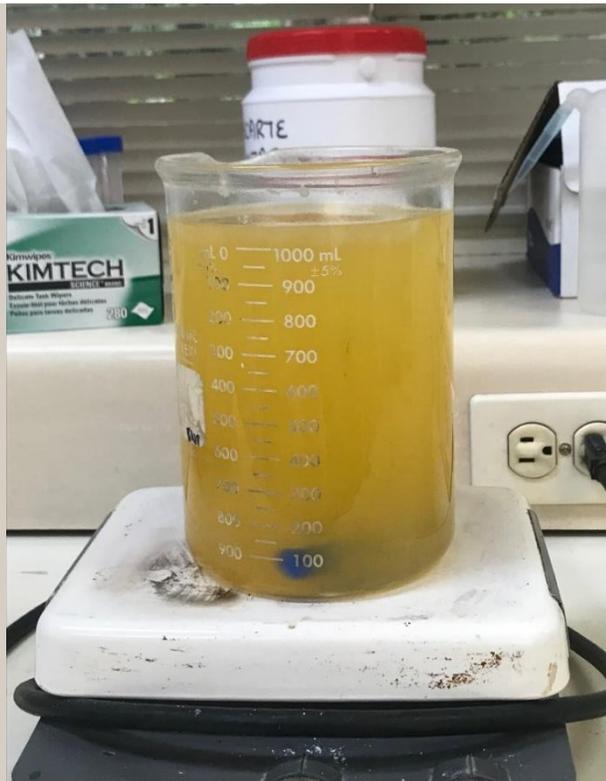


5 días después de aplicación

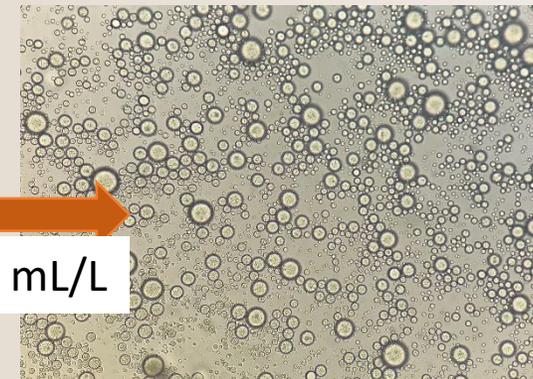


Producto Fitoquímico- Concentrado emulsificable

Ácido oleico + Cafeína + Tween
Calentamiento 80°C



66,7 mL/L



- 4000 ppm de cafeína
- 6% ácido oleico
- 0,3% Tween 80

+

- 0,1% Caolín

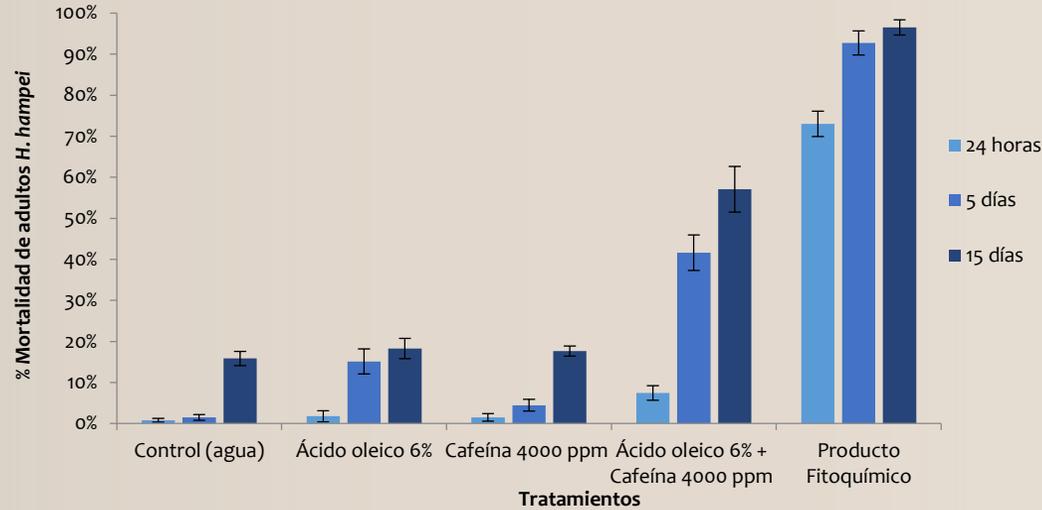
Concentrado emulsificable
Cafeína 6% - AO 89,5% - Tween 4,5%



Relación actividad componentes

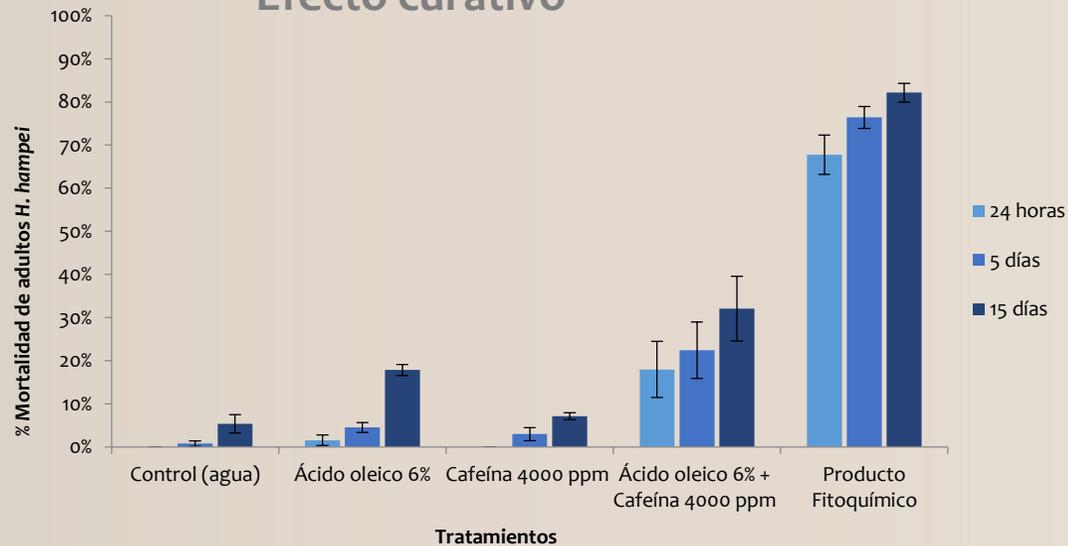


Efecto preventivo



Oleato de cafeína y caolín
penetra a través de la cutícula afecta Sistema Nervioso Central del insecto

Efecto curativo



Prueba subestación Paraguaicito
Aplicación en 10 árboles
Seguimiento al día 1, 6 y 15



6 días después de la aplicación

Prueba Subestación La Catalina (Pereira)
Aplicación parcela sobre 600 árboles
Seguimiento 30 días



15 días después de la aplicación



CURSO DE ACCIÓN

1. Evaluación y validación en campo del fitoquímico control de broca y eficacia en otros insectos.
2. Solicitud de Patente de Invención ante Superintendencia de Industria y Comercio.
3. Escalar la producción industrial del producto fitoquímico.
4. Trámites de registro para la comercialización del producto.



CURSO DE ACCIÓN

1. Evaluación y validación en campo del fitoquímico control de broca y eficacia en otros insectos.
2. Solicitud de Patente de Invención ante Superintendencia de Industria y Comercio.
3. Escalar la producción industrial del producto fitoquímico.
4. Trámites de registro para la comercialización del producto.



MARCO LEGAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

1. Acuerdo de propiedad intelectual CN-2012-2129 de mayo de 2013 entre FNC – Universidad de Antioquia – Sumicol.
2. Finalidad: Desarrollo y regulación de los derechos de propiedad intelectual de nuevos productos que surjan
3. Derechos de propiedad intelectual en parte iguales a cada uno. 33% a FNC.
4. Se requiere un acuerdo para:
 - a. Definir los costos de protección del producto.
 - b. Los porcentajes de regalías relativos a la propiedad intelectual del producto.
 - c. Explotación comercial del producto y proceso desarrollado.

ENT107012

Evaluación y validación de un producto fitoquímico para el control de la broca del café y su eficacia en otros insectos

CENICAFÉ

Carmenza Góngora Ph.D. Disciplina de Entomología

Pablo Benavides Ph.D. Disciplina de Entomología

UdeA

Herley Casanova Ph.D. UDEA

Johanna Tapias Msc. UDEA

Jorge Luis Jaramillo Msc. UDEA

Nexentia

Franki Ocampo. BSc. Sumicol

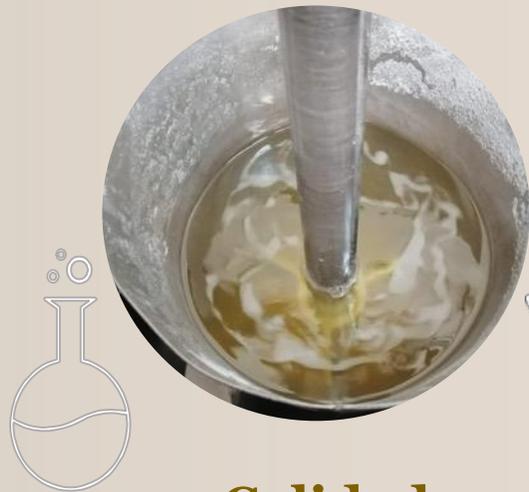
Alejandra Villa

Alexis Sabet



Dic 2018– Sep 2021

OBJETIVOS



Calidad



Validación campo



Otros insectos

Evaluar y validar el producto fitoquímico para el control de la broca del café y su eficacia en otros insectos.



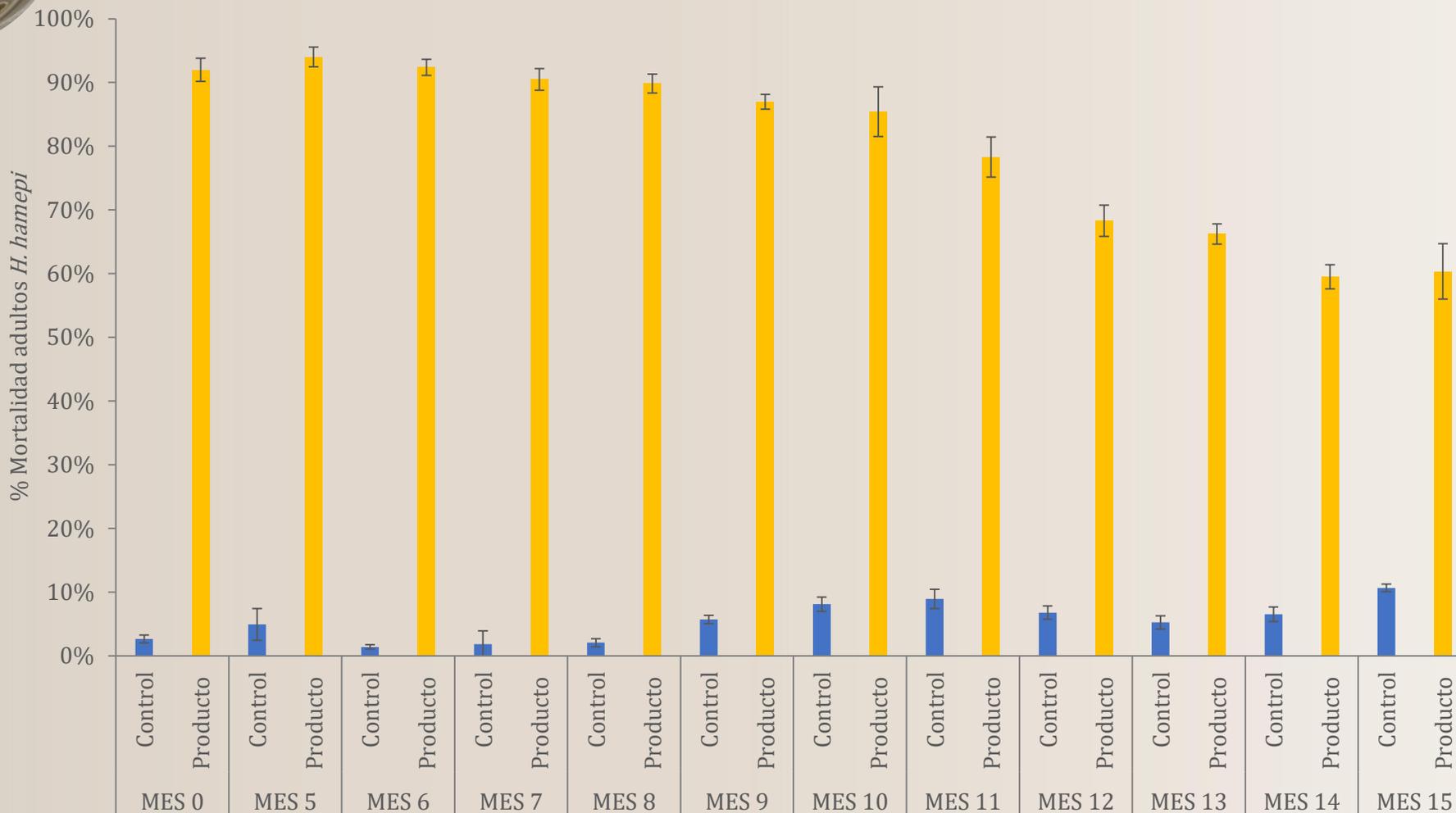
	Centro e Instituto de Investigación	Centro de Desarrollo Tecnológico	Centro de Innovación	Unidades de I+D+i Empresariales
Objeto Social	Generación de conocimiento científico. Formación de talento.	Generación de conocimiento aplicado Transferencia tecnológica.	Prestación de servicios.	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico para mejorar capacidades tecnológicas y competitividad de la empresa.
Actividad Principal	<ul style="list-style-type: none">Investigación básica y aplicadaFormación: a nivel de posgrado	<ul style="list-style-type: none">Investigación aplicada y desarrollo tecnológicoTransferencia de Tecnología	<ul style="list-style-type: none">Servicios de transferencia de conocimiento: Consultorías y asesorías, asistencia técnica, capacitación, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.Extensionismo y servicios tecnológicos.	Investigación aplicada. Desarrollo tecnológico Mejoramiento de Procesos productivos, Productos o Servicios
Otras actividades	<ul style="list-style-type: none">Desarrollo tecnológicoDivulgaciónServicios tecnológicos de alto nivelApropiación social del conocimiento	<ul style="list-style-type: none">Investigación aplicadaServicios tecnológicosConsultorías y Asesorías de carácter tecnológicoFormación a nivel de postgrado y pregradoDivulgaciónApropiación social del conocimiento	<ul style="list-style-type: none">Asesoría de políticas públicas.DivulgaciónApropiación social del conocimiento	<ul style="list-style-type: none">Investigación básicaI+D externaServicios tecnológicos y asesorías de carácter tecnológicoDivulgaciónFormación de recursos humanos
Resultados principales	<ul style="list-style-type: none">Publicaciones científicasPatentes de invenciónTesis de doctorado - maestríaApoyo a programas de doctorado y maestría	<ul style="list-style-type: none">Nuevos productos tecnológicos: diseño industrial, planta piloto, prototipo,Productos empresariales: innovaciones en procesos, procedimientos y servicios, secreto empresarialPatentes de invención	<ul style="list-style-type: none">Estudios y metodologías desarrolladas o transferidasConsultorías y asesorías en materia de innovaciónServicios tecnológicosProyectos de Extensionismo tecnológico.	<ul style="list-style-type: none">Productos o procesos tecnológicosInnovación en procedimientos y servicios.Secreto empresarial.Producto tecnológico patentadoArtículo de investigación u otro medio de publicación científica

Estabilidad Producto fitoquímico Sin estabilizantes

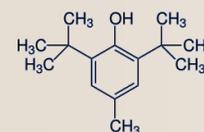


Calidad

Mortalidad al día 15



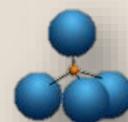
Ajustes en la formulación



Adición antioxidante.

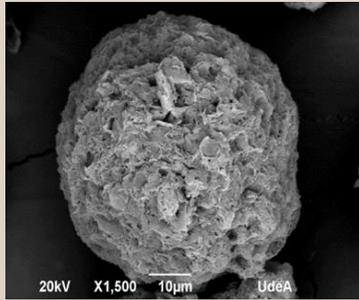


Cambios en el caolín.

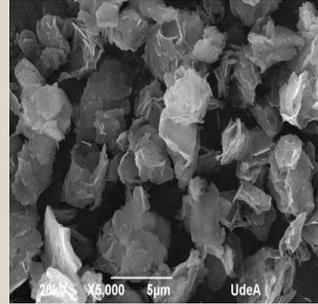


Adición de viscosante.

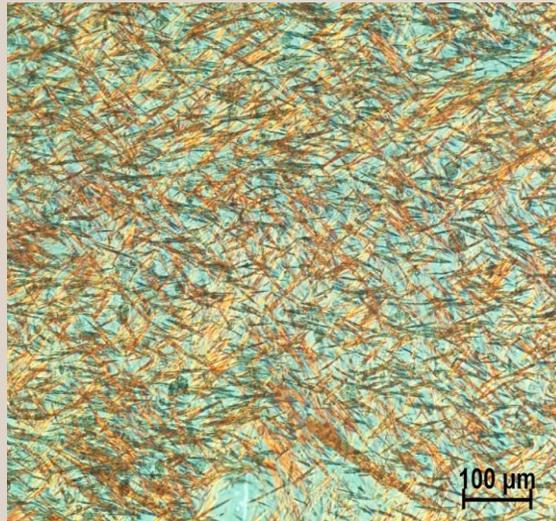
Laboratorio



Caolín funcionalizado



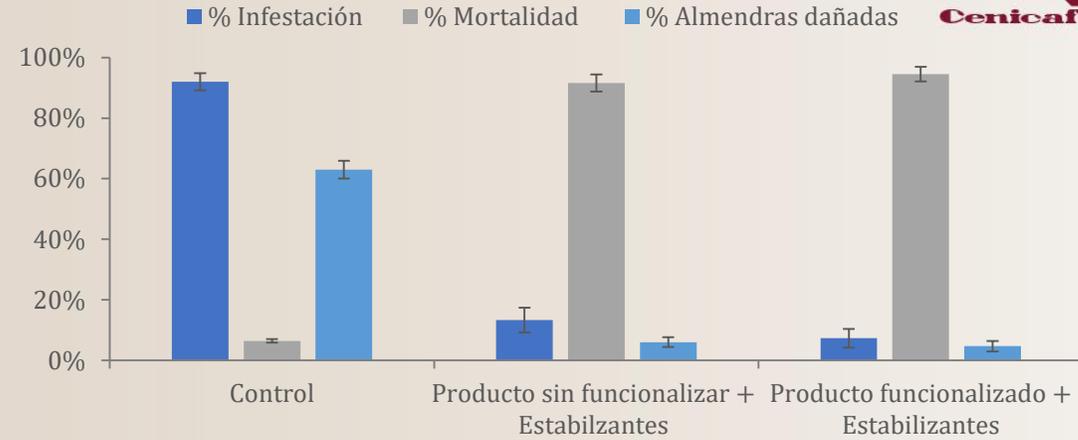
Caolín sin funcionalizar



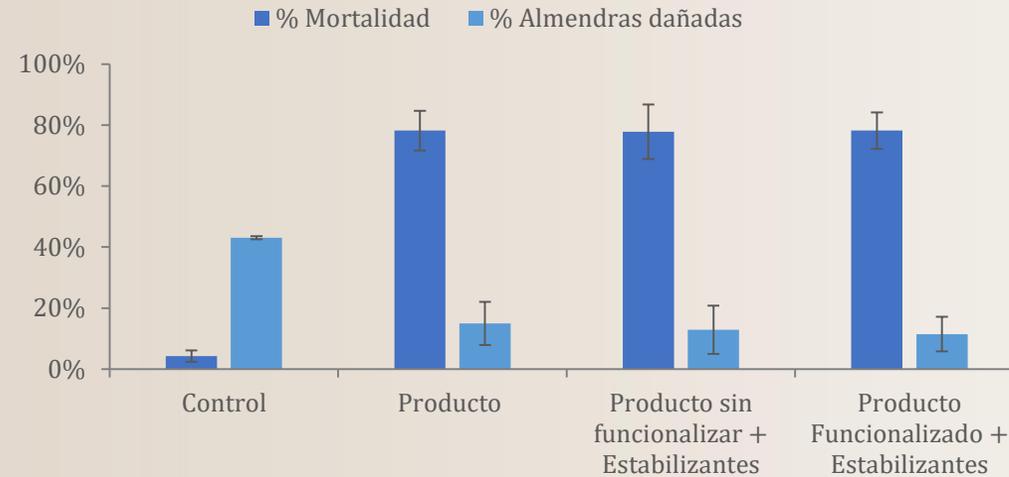
Concentrado emulsificable

- Cafeína 5,9%
- Ácido Oleico 88,2%
- Tween
- Caolín
- antioxidante
- viscosante

Preventivo



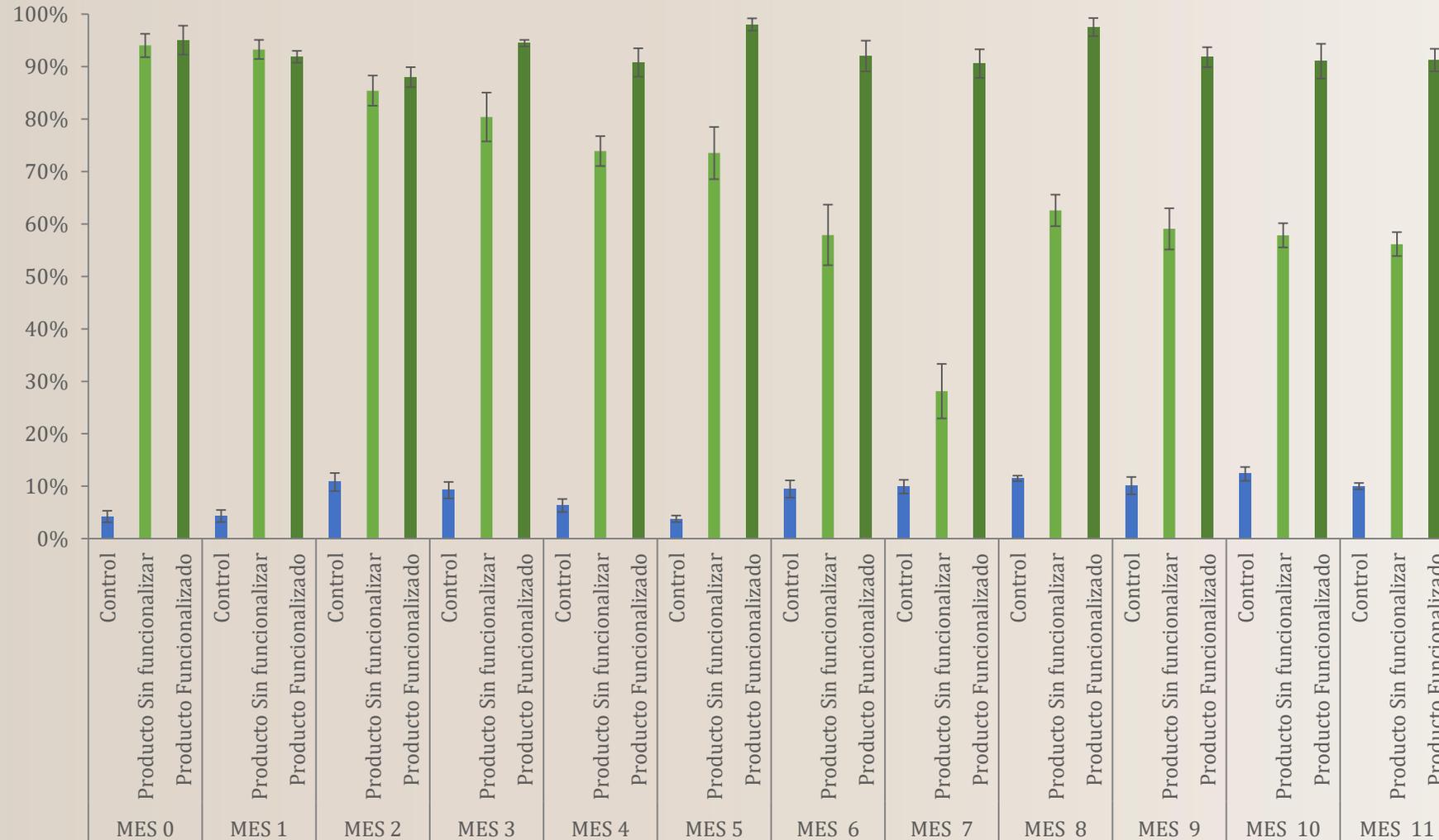
Curativo

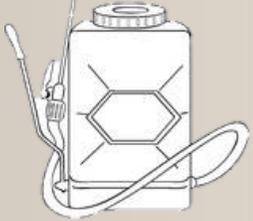


Estabilidad nuevas formulaciones



Mortalidad al día 15





Validación campo

La Catalina (Pereira, Risaralda)

- **Lote Cítricos**
- Lote Nogales

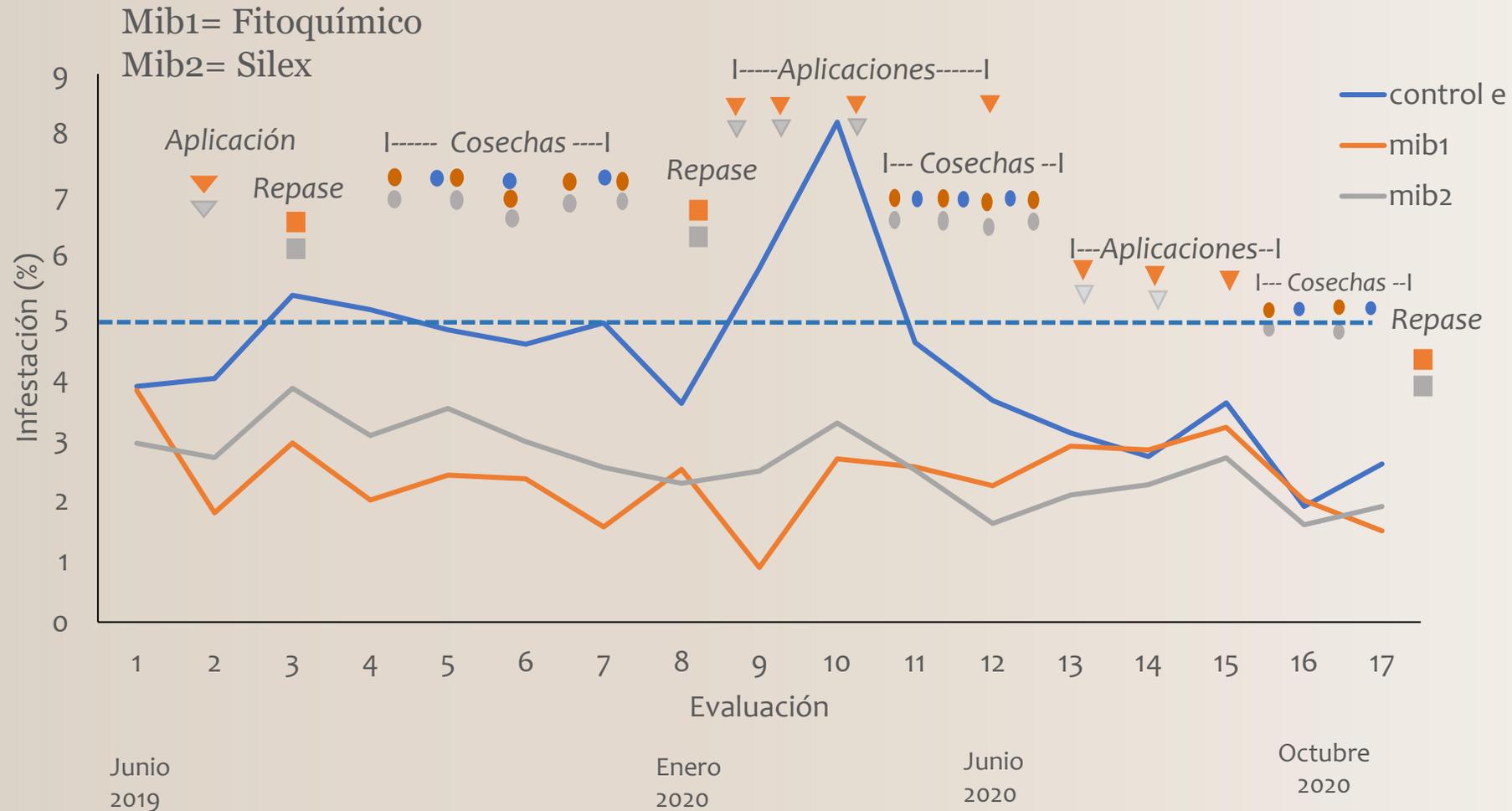
1. **MIB1:** Aplicación del producto fitoquímico + Manejo integrado de la broca MIB.
2. **MIB2:** Aplicación de insecticida organofosforado + Manejo integrado de la broca MIB.
3. **CONTROL EXPERIMENTAL:** Testigo absoluto.

Criterios de aplicación: NI > 2% - AB > 50%

Lote Cítricos – La Catalina (Pereira, Risaralda)



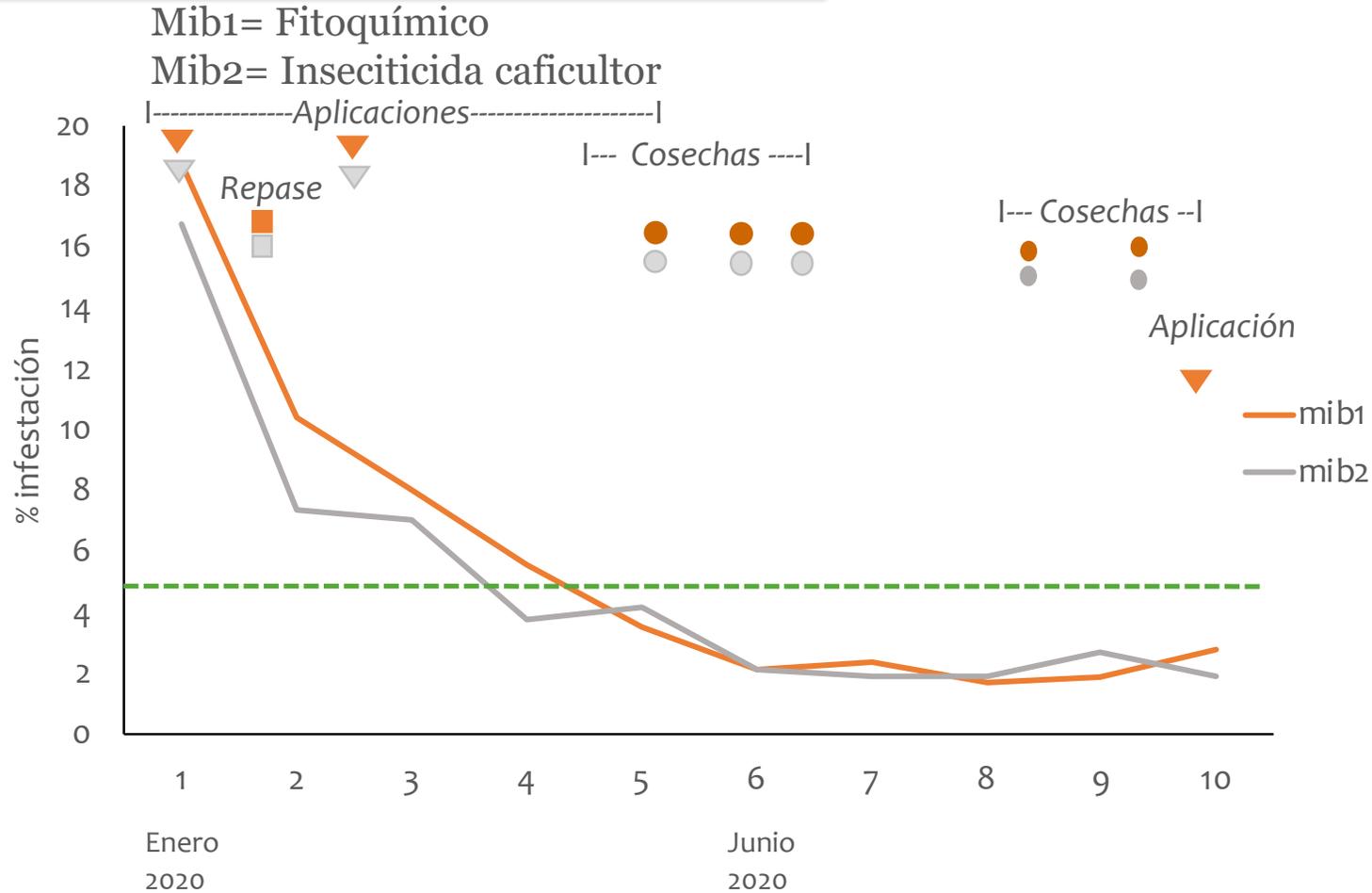
17 meses de evaluación



Finca 2 (Chinchiná, Caldas)



10 meses de evaluación



ENT107012. Evaluación del producto fitoquímico sobre otras plagas

- Hemiptera
- Homoptera
- Lepidoptera



Chrysomima semilutearia - Contacto directo y secundario

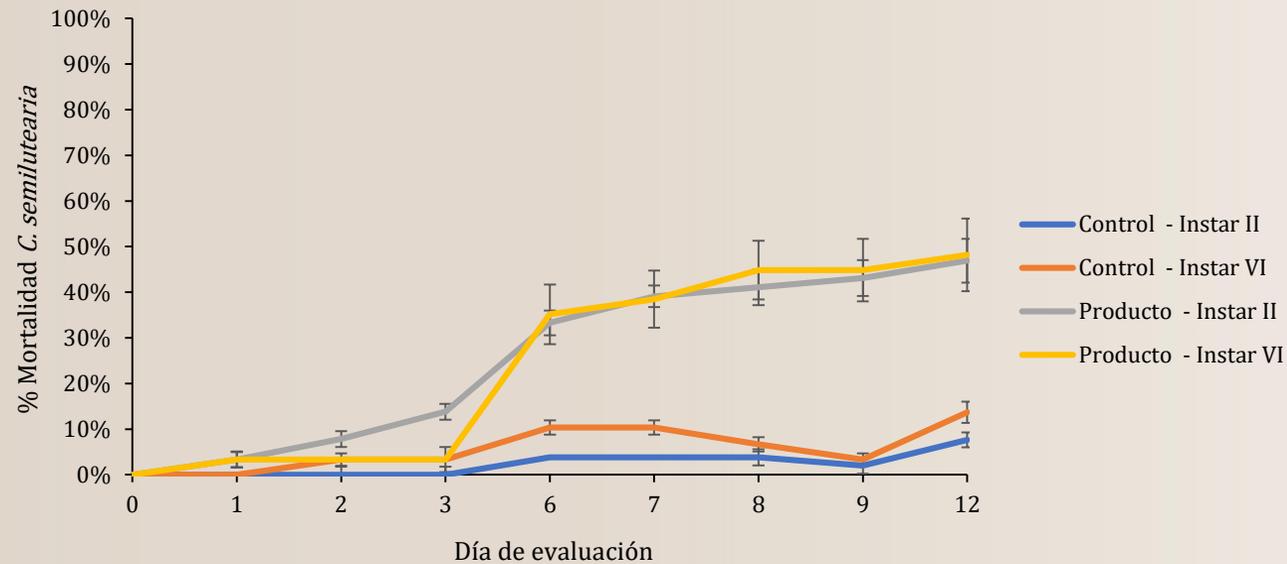


10 estados/Caja
11 repeticiones

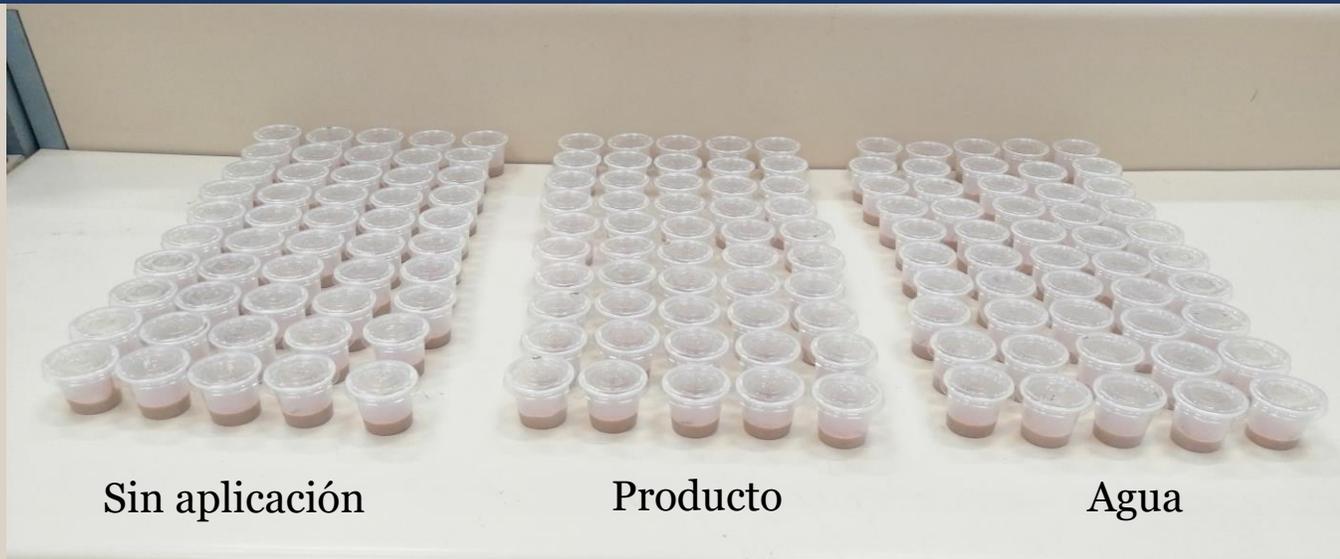
Cuarto de cría: 20 °C; 80-90 % HR; 12 FP



Otros insectos



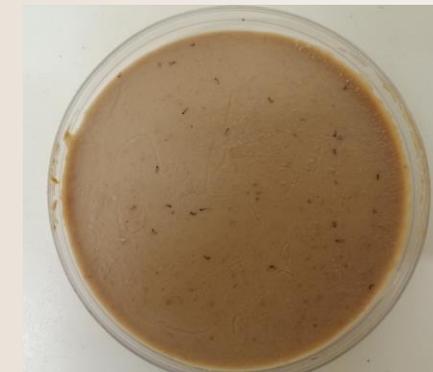
Spodoptera frugiperda- Preliminar contacto directo y secundario



Sin aplicación

Producto

Agua



Tratamiento	Estado	Mortalidad
Control (sin aplicación)	Neonatas	7%
Control (agua)	Neonatas	2%
Producto 73 cc/L	Neonatas	100%
Control (sin aplicación)	Instar III	0%
Control (agua)	Instar III	0%
Producto 73 cc/L	Instar III	90%
Control (sin aplicación)	Instar IV	2,5%
Control (agua)	Instar IV	5%
Producto 73 cc/L	Instar IV	70%



Spodoptera frugiperda

Prueba de fitotoxicidad sobre maíz

Zea mays



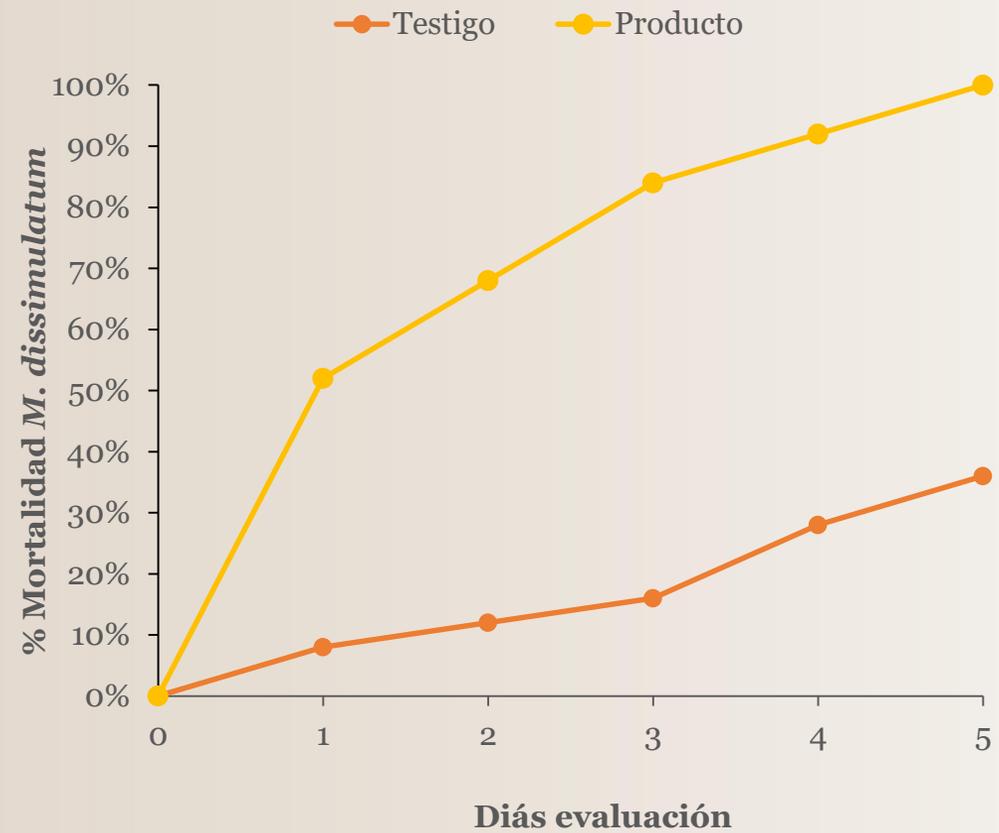
Control



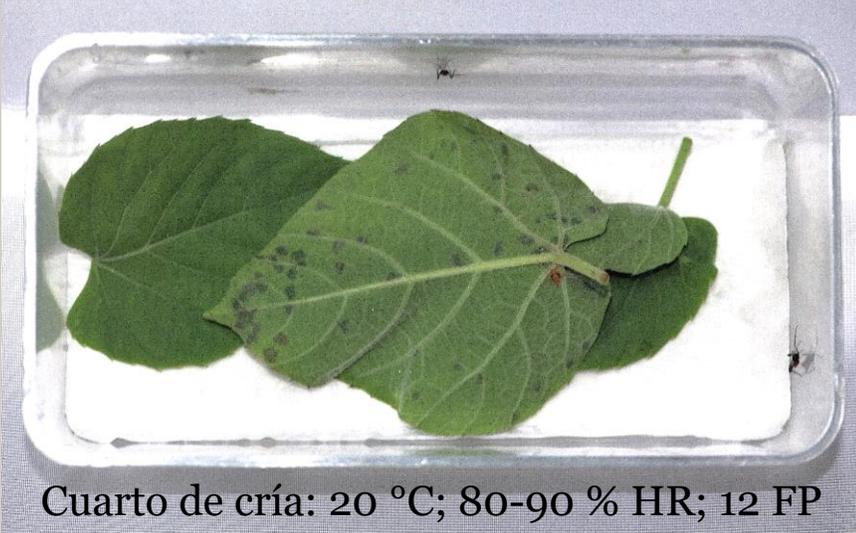
Eficacia sobre *Monalonia dissimulatum* (Cacao)



Mortalidad de *M. dissimulatum* a través del tiempo.



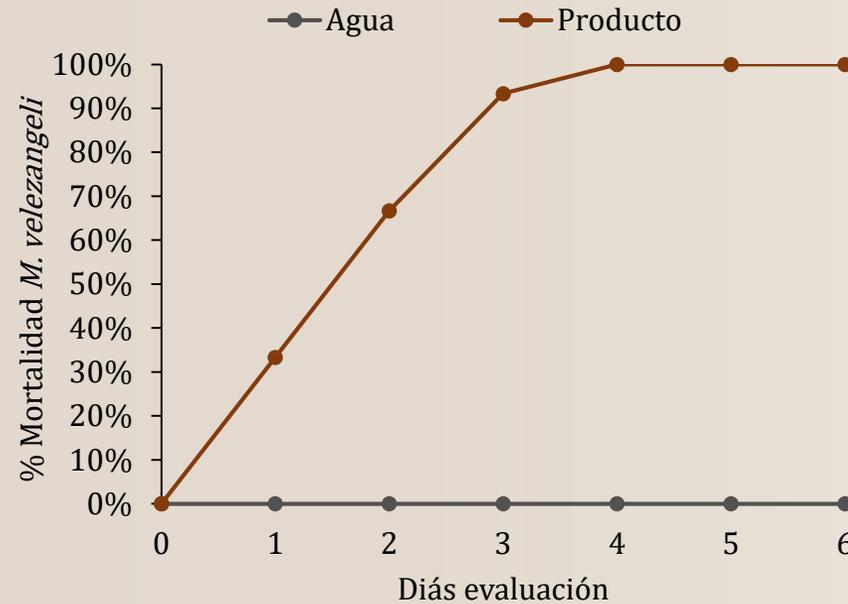
Eficacia sobre *Monalonia velezangeli*



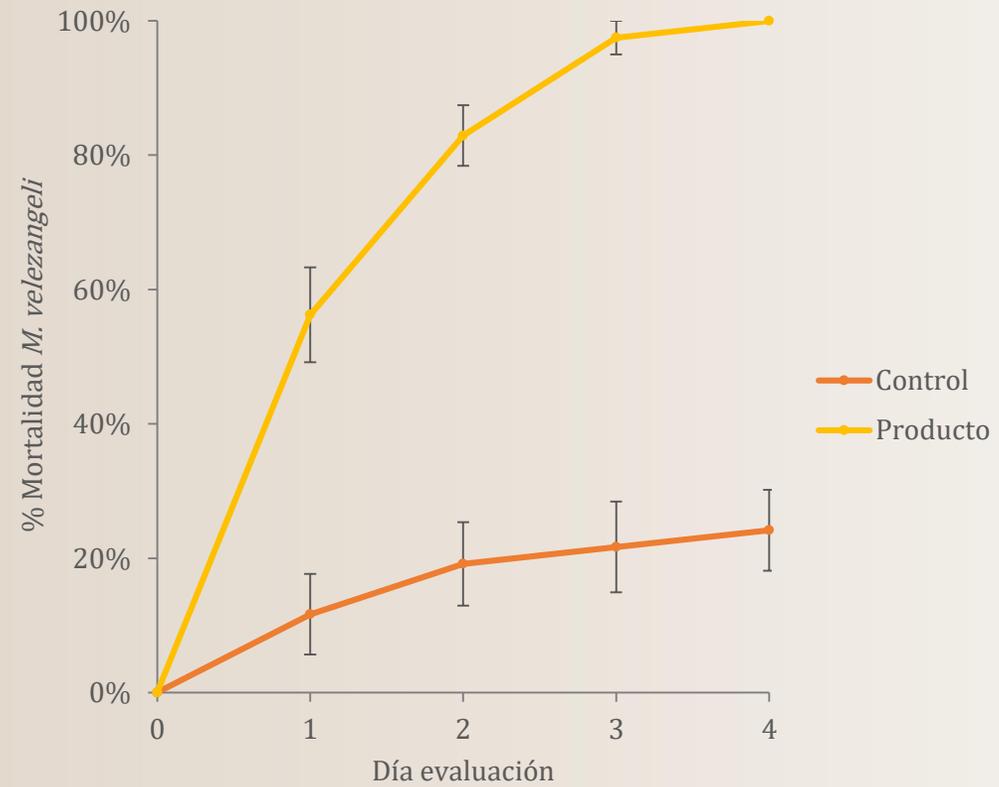
Cuarto de cría: 20 °C; 80-90 % HR; 12 FP



5 estados/Caja
7 repeticiones



Eficacia sobre *Monalonion velezangeli*



Prueba de fitotoxicidad sobre Cacao

Theobroma cacao



Días evaluación: 1 - 3 - 10 - 15



Testigo

Producto 73 cc/L

Día 14

Prueba de fitotoxicidad sobre aguacate *Persea americana* 'Hass'



Días evaluación: 1 - 3 - 10 - 15



Evaluación preliminar del producto fitoquímico en invernadero para control de áfidos

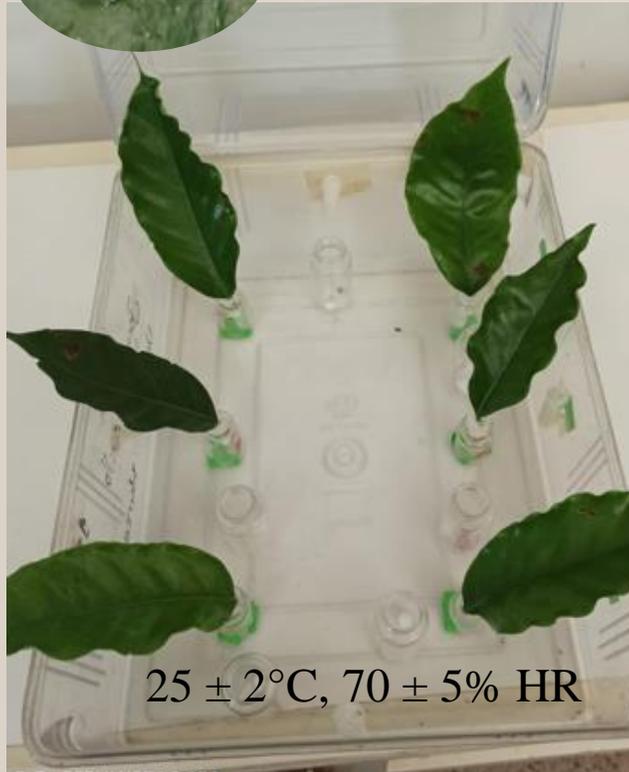


Día 2		
Tratamiento	Colonias iniciales	Colonias muertas
Agua	62	0
Producto fitoquímico 4000 ppm cafeína	79	73

Eficacia sobre *Leucoptera coffeella*



6 a 10 parejas
(Adultos)



$25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 5\%$ HR

Testigo



Producto



Tratamientos	Promedio de hojas con daño	EE	Promedio de Total minas	EE	Promedio de Adultos	EE
Control	89%	5,6%	49,2	7,6	53,8	10,0
Producto 73 cc/L	0%	.	0	.	0	.
Producto 36,5 cc/L	0%	.	0	.	0	.
Producto 18,3 cc/L	3,3%	3,0%	0,17	0,2	0	.

Eficacia sobre *Leucoptera coffeella*



Tratamientos	Promedio de hojas con daño	EE	Promedio de Total minas	EE	Promedio de Adultos	EE
Control	59%	3,6%	189,6	9,1	192	4,1
Producto 73 cc/L	0,2%	0,2%	0,4	0,4	0	.
Producto 18,3 cc/L	7,5%	2,3%	34,3	13,4	4	1,4



Article

A Novel Caffeine Oleate Formulation as an Insecticide to Control Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei*, and Other Coffee Pests

Carmenza E. Góngora ^{1,*}, Johanna Tapias ¹, Jorge Jaramillo ¹, Rubén Medina ², Sebastián González ³, Tatiana Restrepo ³, Herley Casanova ³ and Pablo Benavides ¹

¹ Department of Entomology, National Coffee Research Center, Cenicafé, Manizales 170009, Colombia; johatapias@gmail.com (J.T.); jorlu7@gmail.com (J.J.); pablo.benavides@cafedecolombia.com (P.B.)

² Department of Biometrics, National Coffee Research Center, Cenicafé, Manizales 170009, Colombia; ruben.medinal@cafedecolombia.com

³ Colloids Group, Institute of Chemistry, University of Antioquia, Medellín 050010, Colombia; asgonzalezgh@gmail.com (S.G.); tatianacoloides@gmail.com (T.R.); herley.casanova@udea.edu.co (H.C.)

* Correspondence: carmenza.gongora@cafedecolombia.com; Tel.: +57-3154869466

Abstract: The coffee berry borer (CBB), *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), is the pest that causes the most economic damage to coffee crops. Chemical control of this insect is based on the use of insecticides that can affect the environment and nontarget organisms. Despite the fact that caffeine has shown potential as an insecticide, a caffeine-based product for field use is currently not available on the market. As a new alternative to control CBB and other coffee pests, such as *Monalonion velezangeli* Carvalho and Costa, 1988 (Hemiptera: Miridae), a caffeine-oleate was developed. The caffeine oleate formulation showed laboratory efficacy by causing mortality of more than 90% of CBB adults in preventive tests in which the insecticide was sprayed prior to insect attack on the coffee fruits. In the curative tests, in which spraying occurred after CBB infested the fruits, the formulation caused 77% mortality of the insects. Under controlled field conditions, the product kept CBB infestation below 20%, reducing the number of fruits attacked by the insect by up to 70%. In addition, no phytotoxic effects were observed in coffee plants. The insecticide was also effective against *M. velezangeli*, causing 100% mortality. A caffeine oleate formulation that could be part of a strategy for integrated CBB management as well as other pests of coffee was developed. The components of the insecticide are food grade, and the product would provide greater security to the coffee ecosystem and coffee growers.

Keywords: coffee berry borer; caffeine; oleic acid; kaolin; new insecticide; infestation



Citation: Góngora, C.E.; Tapias, J.; Jaramillo, J.; Medina, R.; González, S.; Restrepo, T.; Casanova, H.; Benavides, P. A Novel Caffeine Oleate Formulation as an Insecticide to Control Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei*, and Other Coffee Pests. *Agronomy* **2023**, *13*, 1554. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061554>

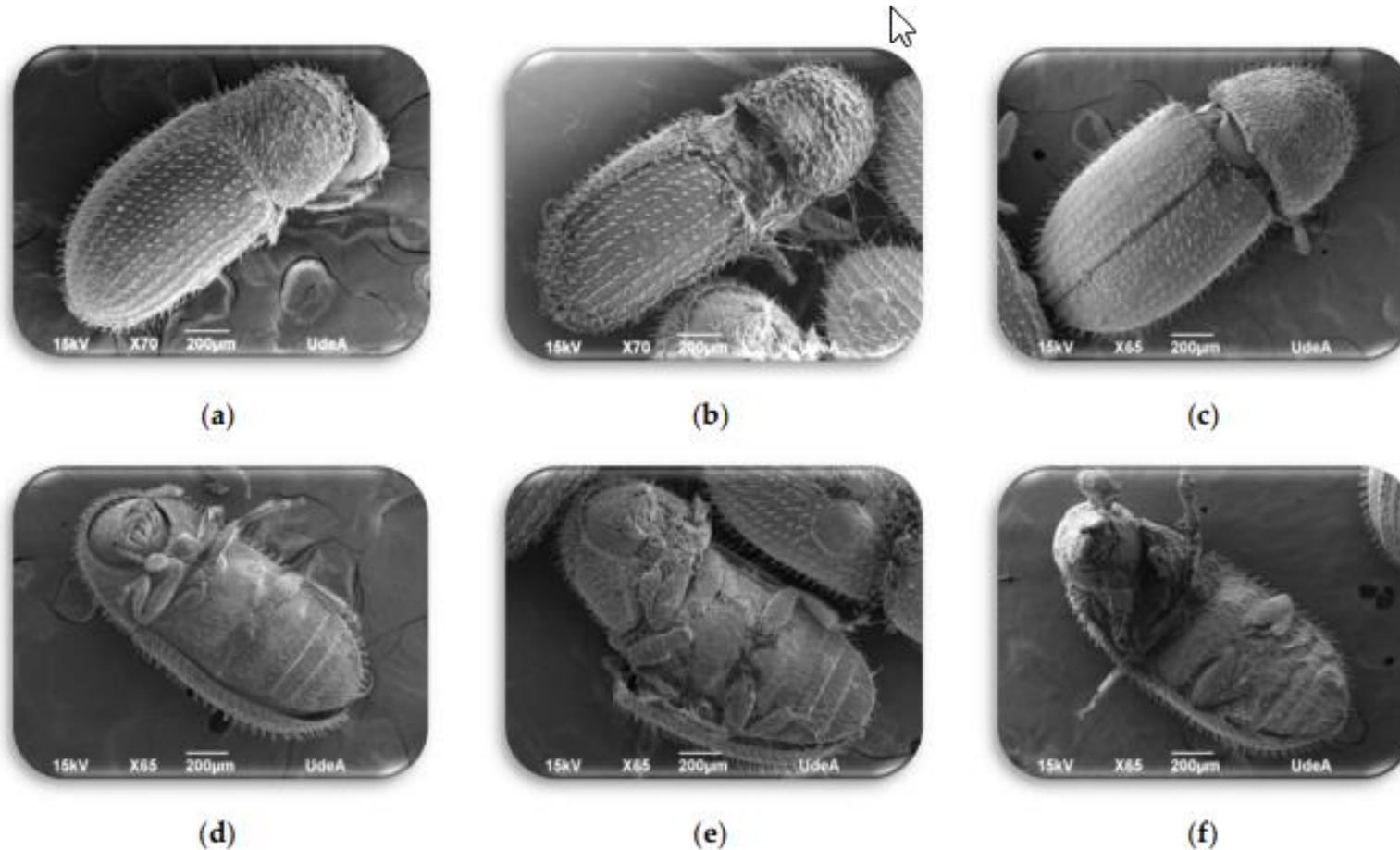


Figure 11. *Hypothenemus hampei* scanning electron microscopy. (a) Right dorso-lateral view of non-treated CBB. (d) Ventral view of non-treated CBB. (b) CBB sprayed with COEK (Caffeine oleate emulsion kaolin) dorsal view. (e) CBB sprayed with COEK ventral view. (c) CBB that were put in contact with a piece of paper wetted with COEK dorsal view. (f) CBB that were put in contact with a piece of paper wetted with COEK ventral view.

Superintendencia de Industria y Comercio

Certificado Número: **40771**

Otorga Patente de Invención a:

**FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA,
SUMINISTROS DE COLOMBIA S.A.S. SUMICOL S.A.S., UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

A la creación denominada:

**CONCENTRADOS EMULSIFICABLES QUE COMPRENDEN UN
SISTEMA SOBRESATURADO DE CAFEÍNA, ÁCIDOS GRASOS Y
SURFACTANTES QUE PRESENTAN ACTIVIDAD INSECTICIDA**

Clasificación: C11D 1/00, A61K 8/04, A61K 8/06

Vigente:

Desde: 13 de septiembre de 2019

Hasta: 13 de septiembre de 2039

Que la Solicitud de Patente de Invención No.NC2019/0010015 cumple con los requisitos previstos en las disposiciones legales vigentes, Resolución No.73987 de 24 de octubre de 2022 en testimonio de ello se estampa la firma del funcionario competente.



Firmado digitalmente
por: JUAN CAMILO
DURAN TELLEZ
Fecha: 2022.12.13
09:00:40 COT
Razón: Validez
jurídica.
Ubicación: Bogotá,
Colombia.

Superintendencia de Industria y Comercio

Certificado Número: **40771**

Otorga Patente de Invención a:

**FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA,
SUMINISTROS DE COLOMBIA S.A.S. SUMICOL S.A.S., UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

A la creación denominada:

**CONCENTRADOS EMULSIFICABLES QUE COMPRENDEN UN
SISTEMA SOBRESATURADO DE CAFEÍNA, ÁCIDOS GRASOS Y
SURFACTANTES QUE PRESENTAN ACTIVIDAD INSECTICIDA**

Clasificación: C11D 1/00, A61K 8/04, A61K 8/06

Vigente:

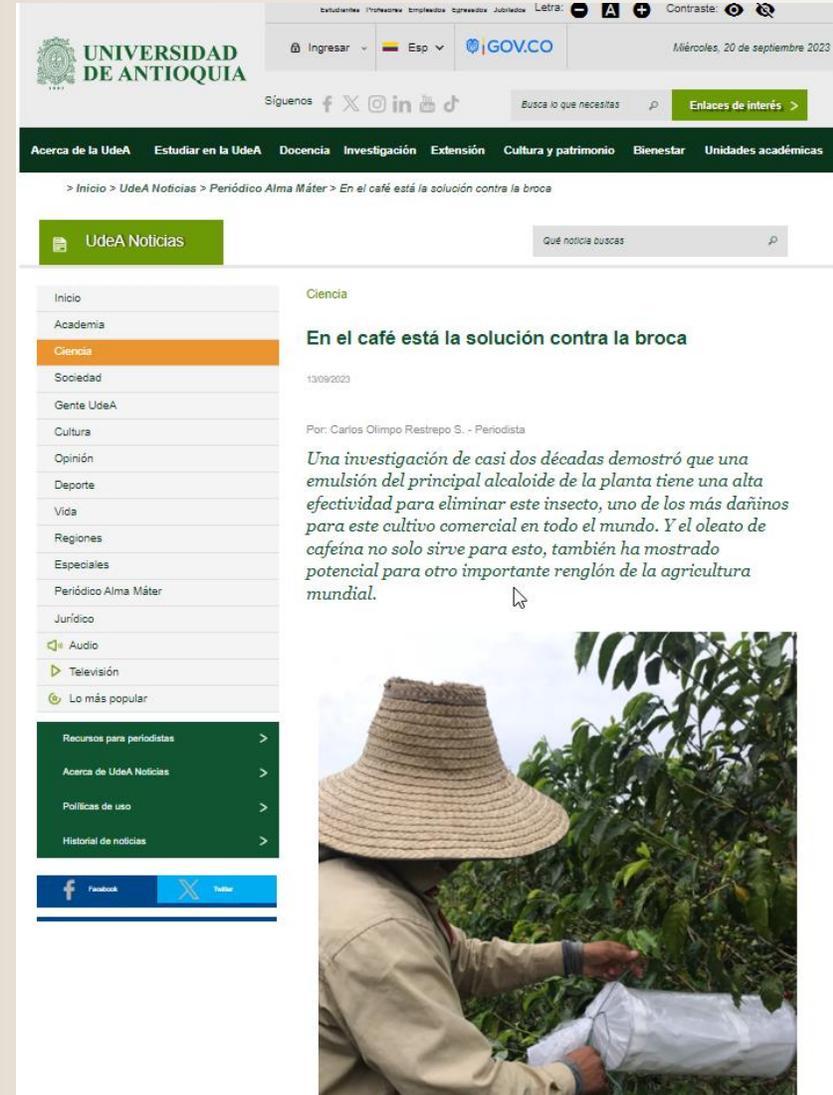
Desde: 13 de septiembre de 2019

Hasta: 13 de septiembre de 2039

Que la Solicitud de Patente de Invención No.NC2019/0010015 cumple con los requisitos previstos en las disposiciones legales vigentes, Resolución No.73987 de 24 de octubre de 2022 en testimonio de ello se estampa la firma del funcionario competente.



Firmado digitalmente
por: **JUAN CAMILO
DURAN TELLEZ**
Fecha: 2022.12.13
09:00:40 COT
Razón: Validez
jurídica.
Ubicación: Bogotá,
Colombia.



The screenshot shows the website of Universidad de Antioquia (UdeA) with the 'UdeA Noticias' section selected. The main article is titled 'En el café está la solución contra la broca' (In coffee is the solution against the coffee borer) and is dated 13/09/2023. The article text reads: 'Una investigación de casi dos décadas demostró que una emulsión del principal alcaloide de la planta tiene una alta efectividad para eliminar este insecto, uno de los más dañinos para este cultivo comercial en todo el mundo. Y el oleato de cafeína no solo sirve para esto, también ha mostrado potencial para otro importante renglón de la agricultura mundial.' Below the text is a photograph of a person wearing a wide-brimmed hat working in a coffee plantation.

Superintendencia de Industria y Comercio

Certificado Número: 40771

Otorga Patente de Invención a:

**FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA,
SUMINISTROS DE COLOMBIA S.A.S. SUMICOL S.A.S., UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

A la creación denominada:

**CONCENTRADOS EMULSIFICABLES QUE COMPRENDEN UN
SISTEMA SOBRESATURADO DE CAFEÍNA, ÁCIDOS GRASOS Y
SURFACTANTES QUE PRESENTAN ACTIVIDAD INSECTICIDA**

Clasificación: C11D 1/00, A61K 8/04, A61K 8/06

Vigente:

Desde: 13 de septiembre de 2019

Hasta: 13 de septiembre de 2039

Que la Solicitud de Patente de Invención No.NC2019/0010015 cumple con los requisitos previstos en las disposiciones legales vigentes, Resolución No.73987 de 24 de octubre de 2022 en testimonio de ello se estampa la firma del funcionario competente.



Firmado digitalmente
por: JUAN CAMILO
DURAN TELLEZ
Fecha: 2022.12.13
09:00:40 COT
Razón: Validez
jurídica.
Ubicación: Bogotá,
Colombia.





Unidades de I+D+i Empresariales





	Centro e Instituto de Investigación	Centro de Desarrollo Tecnológico	Centro de Innovación	Unidades de I+D+i Empresariales
Objeto Social	Generación de conocimiento científico. Formación de talento.	Generación de conocimiento aplicado Transferencia tecnológica.	Prestación de servicios.	Investigación aplicada y desarrollo tecnológico para mejorar capacidades tecnológicas y competitividad de la empresa.
Actividad Principal	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica y aplicada Formación: a nivel de posgrado 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada y desarrollo tecnológico Transferencia de Tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> Servicios de transferencia de conocimiento: Consultorías y asesorías, asistencia técnica, capacitación, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Extensionismo y servicios tecnológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada. Desarrollo tecnológico Mejoramiento de Procesos productivos, Productos o Servicios
Otras actividades	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo tecnológico Divulgación Servicios tecnológicos de alto nivel Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada Servicios tecnológicos Consultorías y Asesorías de carácter tecnológico Formación a nivel de postgrado y pregrado Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría de políticas públicas. Divulgación Apropiación social del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación básica I+D externa Servicios tecnológicos y asesorías de carácter tecnológico Divulgación Formación de recursos humanos
Resultados principales	<ul style="list-style-type: none"> Publicaciones científicas Patentes de invención Tesis de doctorado - maestría Apoyo a programas de doctorado y maestría 	<ul style="list-style-type: none"> Nuevos productos tecnológicos: diseño industrial, planta piloto, prototipo, Productos empresariales: innovaciones en procesos, procedimientos y servicios, secreto empresarial Patentes de invención 	<ul style="list-style-type: none"> Estudios y metodologías desarrolladas o transferidas Consultorías y asesorías en materia de innovación Servicios tecnológicos Proyectos de Extensionismo tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> Productos o procesos tecnológicos Innovación en procedimientos y servicios. Secreto empresarial. Producto tecnológico patentado Artículo de investigación u otro medio de publicación científica



Unidades de I+D+i Empresariales



- Oportunidades / Problemas



- Origen cafeína
- Dosis
- Toxicología - Registro
- Escalamiento industrial
- Producción
- Distribución y venta
- Marco Legal



Article

Phytochemical Profile and Antioxidant Capacity of Coffee Plant Organs Compared to Green and Roasted Coffee Beans

Robert Acidri ¹, Yumiko Sawai ², Yuko Sugimoto ³, Takuo Handa ¹, Daisuke Sasagawa ¹, Tsugiyaki Masunaga ⁴, Sadahiro Yamamoto ⁵ and Eiji Nishihara ^{5,*}

¹ The United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University, 4-01 Koyama-cho Minami, Tottori 680-8553, Japan; ssgw.2653.02.06@gmail

- Oportunidades / Problemas
- Origen cafeína

Antioxidants **2020**, *9*, 93

8 of 18

Table 2. HPLC phytochemical profile of coffee plant organs expressed as unit weight per freeze-dried sample (mg g⁻¹ DW).

Sample (Plant Organ)		Caffeine	Trigonelline	5-CQA	Mangiferin	Sucrose	5-CQA/Caffeine	HPLC Total
Seeds	GB	0.97 ± 0.09 ^{b,c}	0.65 ± 0.05 ^{a,b,c}	3.13 ± 0.33 ^{a,b,c}	0.00 ± 0.00 ^c	4.95 ± 0.40 ^a	3.23 ± 0.03 ^c	9.70 ± 0.73 ^a
	RB	1.30 ± 0.13 ^{a,b}	0.85 ± 0.01 ^a	1.00 ± 0.02 ^e	0.00 ± 0.00 ^c	0.14 ± 0.05 ^g	0.77 ± 0.07 ^c	3.29 ± 0.20 ^{g,h}
Leaves	L1	0.87 ± 0.03 ^c	0.67 ± 0.22 ^{a,b,c}	3.97 ± 0.61 ^a	0.09 ± 0.03 ^a	2.63 ± 0.55 ^b	4.58 ± 0.85 ^c	8.23 ± 0.18 ^b
	L2	0.78 ± 0.13 ^c	0.72 ± 0.26 ^{a,b}	3.35 ± 0.37 ^{a,b}	0.05 ± 0.01 ^b	2.30 ± 0.16 ^{b,c}	4.46 ± 1.26 ^c	7.19 ± 0.15 ^{b,c}
	L3	0.90 ± 0.37 ^c	0.68 ± 0.20 ^{a,b,c}	3.21 ± 0.24 ^{a,b,c}	0.05 ± 0.01 ^b	2.35 ± 0.34 ^b	4.15 ± 2.10 ^c	7.19 ± 0.43 ^{b,c}
	L4	1.35 ± 0.07 ^a	0.76 ± 0.12 ^{a,b}	2.83 ± 0.23 ^{b,c}	0.05 ± 0.00 ^b	1.95 ± 0.08 ^{b,c,d}	2.10 ± 0.06 ^c	6.93 ± 0.20 ^{c,d}
	L5	1.12 ± 0.00 ^{a,b,c}	0.44 ± 0.03 ^{b,c,d}	2.35 ± 0.11 ^{c,d}	0.04 ± 0.01 ^b	1.85 ± 0.16 ^{b,c,d}	2.09 ± 0.09 ^c	5.81 ± 0.06 ^{d,e}
	L6	1.05 ± 0.01 ^{a,b,c}	0.47 ± 0.01 ^{b,c,d}	2.48 ± 0.30 ^{b,c,d}	0.06 ± 0.02 ^{a,b}	1.51 ± 0.12 ^{c,d,e}	2.36 ± 0.28 ^c	5.57 ± 0.46 ^{e,f}
	BL	0.32 ± 0.00 ^d	0.34 ± 0.04 ^{c,d}	1.55 ± 0.32 ^{d,e}	0.00 ± 0.00 ^c	0.82 ± 0.12 ^{e,f,g}	5.44 ± 0.67 ^c	3.00 ± 0.42 ^{h,i}
Stem	HS	0.01 ± 0.00 ^d	0.45 ± 0.04 ^{b,c,d}	2.67 ± 0.29 ^{b,c}	0.00 ± 0.00 ^c	1.24 ± 0.35 ^{d,e,f}	190.2 ± 58.3 ^b	4.37 ± 0.60 ^{f,g}
	WS	0.00 ± 0.00 ^d	0.20 ± 0.08 ^d	0.66 ± 0.23 ^e	0.00 ± 0.00 ^c	0.57 ± 0.11 ^{f,g}	369.4 ± 193.2 ^a	1.42 ± 0.32 ^j
Roots	Roots	0.00 ± 0.00 ^d	0.14 ± 0.00 ^d	0.71 ± 0.44 ^e	0.00 ± 0.00 ^c	1.01 ± 0.30 ^{e,f}	0.00 ± 0.00 ^c	1.85 ± 0.69 ^{ij}

Data are expressed as means ± S.D., *n* = 3. Within a column, (^{a–j}) data means followed by the same letter are not statistically different by Tukey's test (*p* ≤ 0.05). GB = green beans, RB = roasted beans, L1 to L6 = leaf pairs (1st–6th) from top to bottom of the coffee plant, BL = brown leaves of the first pair, HS = herbaceous stem, WS = woody stem.

POSIBLE PRESENTACIÓN DE LA NUEVA EMULSIÓN EN CONDICIONES DE CAMPO

Para 250 L:

1. 15 L Ácido oleico
2. 1 kg Cafeína 4000ppm
3. 750 g Tween 80



- Oportunidades / Problemas

- Dosis



Disciplina de Entomología Cenicafé



Paola Romero PI - FNC



Grupo Coloides Universidad de Antioquia



Equipo Nexentia



Gracias

cenicafe@cafedecolombia.com 



www.cenicafe.org



agroclima.cenicafe.org



biblioteca.cenicafe.org



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC