

## **Análisis Campo-Sustancia de TRIZ para el uso de *Trichoderma asperelloides* como antagonístico en *Citrus sinensis***

Field-Substance Analysis of TRIZ for the use of *Trichoderma asperelloides* as an antagonist in *Citrus sinensis*

Cruz-Rivero L.<sup>1</sup>, Silva-Martínez, K. L.<sup>1</sup>✉, González-Cárdenas J. C.<sup>2</sup> Elorza-Martínez P.<sup>2</sup> Purroy-Vásquez, R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México; Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Desv. Lindero Tametate S/N, Col. La Morita, CP 92120 Tantoyuca, Veracruz, México. <sup>2</sup>Universidad Veracruzana: Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias., Carretera Tuxpan Tampico Kilómetro 7.5, Universitaria, 92870 Tuxpam de Rodríguez Cano, Ver. <sup>3</sup>Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Ver.

✉ Autor para correspondencia: [klsilmtz@gmail.com](mailto:klsilmtz@gmail.com)

**Recibido:** 15/06/2020

**Aceptado:** 15/07/2020

### **RESUMEN**

La teoría de solución de problemas de inventiva (TRIZ), es el resultado del análisis minucioso de patentes a nivel mundial, forma parte de un sistema de principios y algoritmos donde se amplifica la posibilidad de encontrar soluciones innovadoras a problemas científicos, superando la inercia psicológica basada en paradigmas. El presente trabajo propone un análisis biológico utilizando la herramienta analítica TRIZ con el uso del Análisis Campo-Sustancia (Su-Field) originalmente destinado a resolver problemas de ingeniería para determinar el efecto antagonístico de *Trichoderma asperelloides* frente a *Fusarium*, patógeno presentado en plantas de cítricos encontrando como el resultado final ideal el uso de *T. asperelloides* como agente de control patógeno en plantas de cítricos (*Citrus sinensis*) en el norte de Veracruz, México.

**Palabras clave:** TRIZ, *Fusarium*, patógeno, campo-sustancia.

### **ABSTRACT**

The inventive problem solving theory (TRIZ), is the result of the meticulous analysis of patents worldwide, it is part of a system of principles and algorithms where the possibility of finding innovative solutions to scientific problems is amplified, overcoming psychological inertia based on paradigms. The present work proposes a biological analysis using the TRIZ analytical tool with the use of the Field-Substance Analysis (Su-Field) originally intended to solve engineering problems to determine the antagonistic effect of *Trichoderma asperelloides* against *Fusarium*, a pathogen present in citrus plants. finding as the ideal final result the use of *T. asperelloides* as a pathogen control agent in citrus plants (*Citrus sinensis*) in the north of Veracruz, Mexico.

**Keywords:** TRIZ, *Fusarium*, pathogen, field-substance.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la naranja (*Citrus sinensis*) en México, es uno de los cultivos de mayor importancia en estados como San Luis Potosí, Tamaulipas, Nuevo León y Veracruz (Magdaleno-Hernández *et al.*, 2015).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) destacó que en 2017, Veracruz aportó el 50% de la producción nacional de naranja, posicionando al país en los primeros lugares como productor mundial; llevando el producto a mercados nacionales e internacionales. Entidades Veracruzanas como Álamo, Temapache aportan 2.3 millones de toneladas producidas en una superficie de 165 mil hectáreas (SAGARPA. 2018).

El cultivo de la naranja se desarrolla en suelos permeables y poco calizos con un pH de 5.5 a 6 en una temperatura de 20 a 25 °C para su óptimo desarrollo siempre que se mantengan condiciones de precipitación media anual de 1200 a 2000 mm. (SIAP, 2016).

Los cítricos se ven afectados por diversos factores que llegan a limitar la producción, lo que trae consecuencias desde el punto de vista económico, entre los que destacan los de origen fitopatológico, que son causados por hongos (Rocha-Peña *et al.*, 2009).

## ANTECEDENTES

La gomosis es una enfermedad de los cítricos que puede ser ocasionada por diferentes patógenos, tales como, *Fusarium spp.* cuya sintomatología es un exudado de goma en las ramas y en la base del tallo (Klotz, 1950).

TRIZ es una metodología desarrollada para dar solución a problemas tecnológicos en el campo de la ingeniería, en la actualidad es usada para dar solución a problemas de manera sistemática proponiendo una solución rápida y efectiva

evitando la inercia psicológica (Moreira Barradas *et al.*, 2014).

Está compuesta por herramientas como análisis multiventana, 39 parámetros de contradicción y 40 principios de inventiva los cuales forman parte de los que se conoce como Matriz de contradicciones de TRIZ (Yang *et al.*, 2018).

Los 40 principios de innovación tecnológica es la aportación más importante del profesor G. Altshuller a su vez estas son la base de la “Matriz de contradicciones”, los 40 principios son sugerencias genéricas para llevar a cabo una acción determinada, dentro de un sistema tecnológico, con objeto de eliminar alguna contradicción técnica (Coronado *et al.*, 2005).

En el sector agrícola se ha propuesto el uso del análisis Campo-Sustancia de TRIZ como herramienta alternativa para encontrar de una manera sistemática y efectiva en la solución de problemas (Yang *et al.*, 2018).

El análisis Campo-Sustancia (substance-field analysis) forma parte del sistema de soluciones estándares de TRIZ (Bukhman, 2012). [9]. Está conformado por dos grupos de componentes los cuales interactúan entre sí; el primer grupo de componentes son las Sustancias que pueden ser cualquier tipo de material, molécula, gas, entre otros y el segundo grupo de componentes que se refiere a los campos, que pueden ser: magnético, eléctrico, químico o térmico.

Se ha utilizado el análisis de campo-sustancia para sistemas biológicos que actúan en diversos campos y entornos para definir una ontología para funciones biológicas [10]. Por lo que se propone un análisis Su-field para el problema de la gomosis en cítricos.

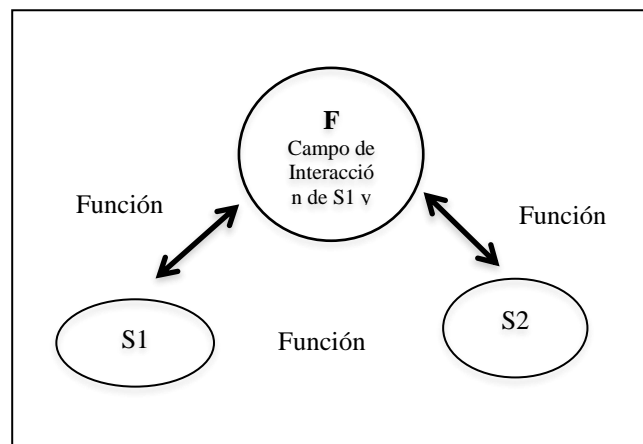
## MATERIALES Y MÉTODOS

Para efectos del estudio se consideraron muestras tomadas de 20 árboles de 16 años de edad de la variedad valencia (*Citrus sinensis* L.), de una huerta en el ejido La Laja de Coloman, en el municipio de Tuxpan, en el norte del estado de Veracruz, México.

Las muestras fueron tomadas de árboles con sintomatología típica de gomosis: exudado de goma, agrietamiento, presencia de cancro y exposición de leña (Acosta-Pérez *et al.*, 2014).

Estudios han identificado a TRIZ como un núcleo principal de conocimiento idóneo que permite cerrar la brecha entre la biología y la ingeniería. Se utilizó TRIZ para analizar sistemas biológicos discutidos previamente lo que permitió proponer la matriz Bio-TRIZ, que es una matriz de contradicción extendida que incorpora soluciones biológicas a conflictos de ingeniería (Cohen *et al.*, 2015).

Se hace uso del análisis Campo- sustancia (Su-field) para determinar la situación, el problema y la posible solución en base al siguiente modelo (Fig. 1) (Bukhman, 2012):



**Figura 1.** Modelo Campo-Sustancia (Su-Field) de un problema existente.

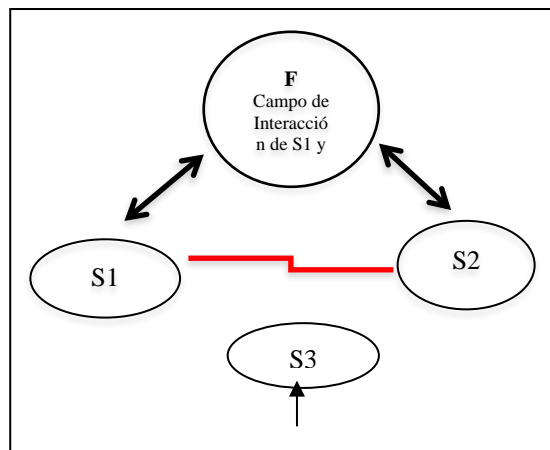
Toda vez que una función está definida como una interacción entre dos sustancias y un campo. La sustancia A (S1) interactúa con la sustancia B (S2) para realizar una determinada función (acción). La sustancia A es la unidad de trabajo que realiza la función, y la sustancia B es el objeto objetivo que recibe la función (Bukhman, 2012).

Se define en base al modelo Su-field como elemento A al *Fusarium sp*, hongo que genera la

enfermedad en cítricos (elemento B) y quien ejercerá función negativa generando la enfermedad (gomosis).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base al análisis Su-field realizado, se propone el uso de la Sustancia 3 (S3), donde S3 actúa como solución al efecto creado entre S1 y S2 (Figura.2).



**Figura 2.** Modelo Campo-Sustancia (Su-Field) propuesta de solución

Se identifica el agente causal de la enfermedad a través de la observación directa, donde se analizaron las características del micelio de la colonia y las estructuras reproductivas del hongo.

Al haber identificado el agente causal de la enfermedad a través de la observación directa, donde se analizaron las características del micelio de la colonia y las estructuras reproductivas del hongo se propone el uso de un antagonista (S3).

El campo donde se ejercerá la función es el medio de cultivo Papa, Dextrosa y Agar (PDA), compuesto por 200 g de papa previamente pelada, 20 g de dextrosa (BDBioxon®), 15 g de agar bacteriológico (BDBioxon) y 1000 mL de agua destilada.

Según literatura, los organismos antagonistas, son aquellos que inhiben el desarrollo de otros microorganismos, los géneros más utilizados son *Streptomyces*, *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Trichoderma* [12].

Con base en lo anterior, se evaluó la capacidad antagonista de *Trichoderma asperelloides* frente

a un aislado de *Fusarium sp.* proveniente de *Citrus sinensis*.

Los tratamientos fueron: T1= *T. asperelloides* Ta15b frente a *Fusarium sp.*; T2= *T. asperelloides* Ta15b; y TC= *Fusarium sp.* se utilizaron cajas Petri de vidrio de 9 cm de diámetro. Cada caja fue considerada como unidad experimental.

Las observaciones macroscópicas evidenciaron la interacción antagonista-patógeno, dando como resultado el *T. asperelloides* como antagonista in vitro frente al crecimiento de *Fusarium sp.*, por lo que el uso de *T. asperelloides* puede ser efectivo en reducir daños de gomosis en cítricos.

## CONCLUSIONES

Utilizar TRIZ es ampliar el panorama en materia de innovación, ya que permite encontrar la solución de manera precisa a la problemática planteada encontrando el resultado final ideal.

El análisis Campo-Sustancia permite analizar conjunto completo de funciones biológicas y pueden ser reproducidos o comparados con

sistemas tecnológicos, este acercamiento puede ayudar a los investigadores y no practicantes de TRIZ a cerrar la brecha entre la biología y la ingeniería ya que esta herramienta permite encontrar una solución analógica para un sistema biológico usando herramientas de sistemas técnicos.

*Trichoderma* es un hongo muy importante, actúa como micoparásito bajo una simbiosis antagónica con *Fusarium sp.* Las hifas de *Trichoderma* se adhieren y se enrollan en las hifas de *Fusarium sp.*, de esta forma conlleva al debilitamiento y la muerte del patógeno. *Trichoderma asperelloides* es un hongo antagónico que reduce considerablemente la gomosis causado por *Fusarium sp.* en el norte del estado de Veracruz permitiendo así una mejoría en la sanidad del cultivo de los cítricos.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México  
Al Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca  
A la Universidad Veracruzana

#### LITERATURA CITADA

Magdaleno-Hernández, A., García-Salazar, J. A., Omaña-Silvestre, J. M., Hernández-Romero, O., & Cruz-Galindo, B. (2015). Análisis competitivo de sistemas de producción de naranja (*Citrus sinensis*) en Nuevo León, México. *AGRO*, 249.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Delegación SAGARPA Veracruz, (2018). <https://www.gob.mx/sagarpa/veracruz/articulos/aporta-veracruz-el-50-de-la-produccion-nacional-de-naranja?idiom=es>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2016.

Rocha-Peña M.A., Peña del Río M.A. (2009). Prevención y manejo de enfermedades de cítricos. En: Rocha-Peña, M.A., y Padrón Chávez, J.E. (eds). *EL cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1.* Instituto Nacional De Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán. México. 324-356 p.

Klotz L.J. (1950). Gum diseases of Citrus in California. Circular. California Agricultural Experiment Station. 396 p.

Moreira Barradas, J. M., Abdelfattah, A., Matula, S., & Dolezal, F. (2014). Effect of fertigation on soil salinization and aggregate stability. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 141(4), 05014010.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000806](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000806)

Yang, L., Yi, S., Mao, X., & Tao, G. (2018). Innovation Design of Fertilizing Mechanism of Seeder Based on TRIZ Theory. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (17), 141-145.

<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.077>

Coronado, M., Oropeza, R., & Rico Arzate, E. (2005). Innovación sistemática mediante TRIZ. México, D.F.: Panorama.

Bukhman, I (2012). TRIZ Technology for Innovation. Cubic Creativity Company.

Cohen, Y. H., Reich, Y., & Greenberg, S. (2015). Substance Field Analysis and biological functions. *Procedia engineering*, 131, 372-376.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.416>

Acosta-Pérez J.A., Ortiz-García C.F., Zaldívar-Cruz J.M., Rodríguez-Cuevas M., Bautista-Muñoz C.C., De la Cruz Castillo-Aguilar C. 2014. Identificación del agente causal e importancia de la gomosis en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 28(3): 245-258.

Tenorio, R., & Mollinedo, P. A. (2016). Capacidad inhibitoria de filtrados de *Trichoderma inhamatum* y *Caiophora andina* sobre fitopatógenos de *Theobroma cacao*. *Revista Boliviana de Química*, 33(3), 116-126.

Copyright (c) 2020 L. Cruz Rivero, K. L. Silva Martínez, J. C. González Cárdenas, Pablo Elorza Martínez y R. Purroy Vásquez



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciente o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)