



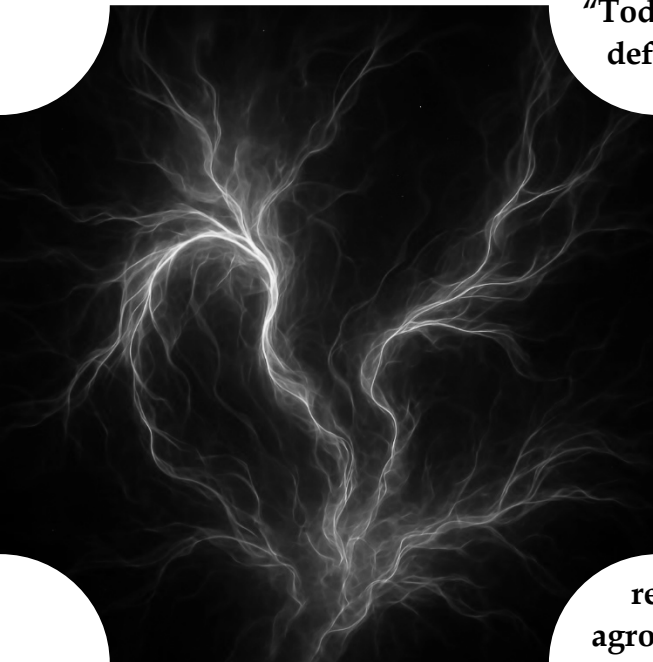
## Plasma frío, una tecnología que fortalece las semillas

Aracely Zulema Santana Jiménez<sup>1</sup>  
Belén Arely Camargo Olivas<sup>1</sup>  
Nora Aidée Salas Salazar<sup>1</sup>  
María Antonia Flores Córdova<sup>1</sup>  
Rogelio Sánchez Vega<sup>2</sup>  
María Janeth Rodríguez Roque<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Avenida Pascual Orozco, s/n, campus 1, colonia Santo Niño, Chihuahua, Chihuahua, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. Francisco R. Almada, km 1 s/n, Chihuahua, México.

\*Autor para correspondencia: [mjrodriguez@uach.mx](mailto:mjrodriguez@uach.mx)

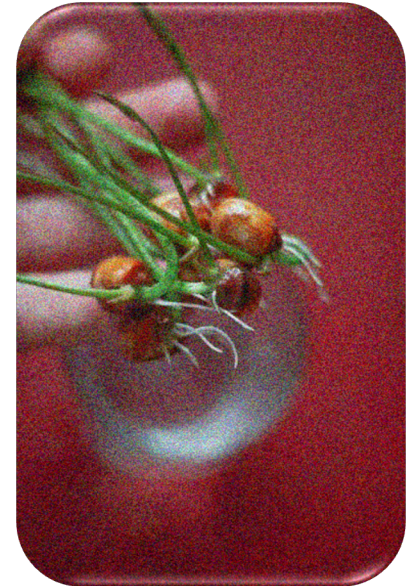


**“Todo empieza con una semilla” con esta frase podemos definir el inicio de nuestra alimentación pues la capacidad de germinación de las semillas determina la productividad agrícola. Sin embargo, la germinación se ve afectada por el cambio climático, las plagas o los microorganismos no deseados. Por lo tanto, es importante explorar nuevas tecnologías que hagan frente a esta problemática, como el plasma frío. Y ¿qué es el plasma frío? es un gas ionizado generado a baja temperatura, también es una tecnología que mejora la germinación, fortalece el vigor de las plántulas y, al mismo tiempo, protege al medio ambiente ya que no genera residuos químicos y puede reducir el uso de agroquímicos. Este artículo trata sobre la aplicación del plasma frío en semillas, ya que esta tecnología puede mejorar diversos aspectos de la germinación mediante cambios fisicoquímicos en la superficie de la semilla, desde la absorción de agua hasta el desarrollo de plántulas más resistentes a condiciones adversas, lo que resalta su potencial aplicación como una alternativa sostenible para mejorar la productividad agrícola.**



## Introducción

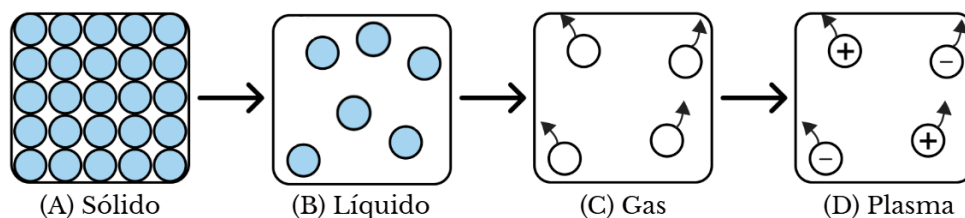
La germinación de las semillas es una etapa fundamental en la agricultura, principalmente para la obtención de alimentos. Sin embargo, la productividad agrícola enfrenta desafíos a nivel mundial como la sequía, las inundaciones, la alta salinidad, las temperaturas extremas, la baja supervivencia de las semillas debido a la contaminación por microorganismos y un mayor tiempo de germinación. Estos factores disminuyen el rendimiento de la producción de alimentos, por lo que los investigadores han propuesto alternativas para hacer frente a esta problemática, entre ellas destaca el plasma frío.



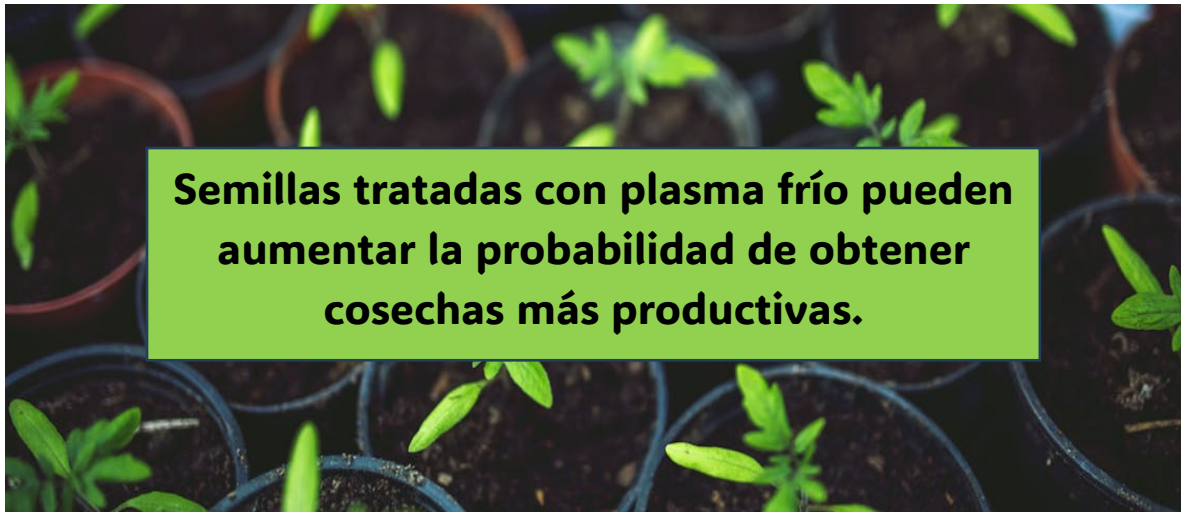
El plasma frío es el cuarto estado de agregación de la materia, también es una tecnología no térmica que se empezó a utilizar para desinfectar superficies. En los últimos años, se han explorado otras aplicaciones en la agricultura, especialmente en la germinación de semillas, ya que gracias a las partículas energéticas que componen al plasma, se pueden estimular procesos fisiológicos y bioquímicos en las semillas, favoreciendo su germinación.

### ¿Qué es el plasma frío?

El plasma es un gas con carga eléctrica, compuesto de radiación ultravioleta y partículas energéticas. Los niveles de energía en la materia se incrementan al pasar del estado sólido al líquido, luego al gaseoso y finalmente al plasma (Figura 1).



**Figura 1.** Estados de agregación de la materia y formación del plasma. (A) Sólido: las partículas permanecen ordenadas y unidas. (B) Líquido: Partículas móviles, pero aún cercanas. (C) Gas: Partículas separadas y con movimiento. (D) Plasma: gas donde los átomos están ionizados (átomos o moléculas con una carga eléctrica). Fuente: Elaboración propia.



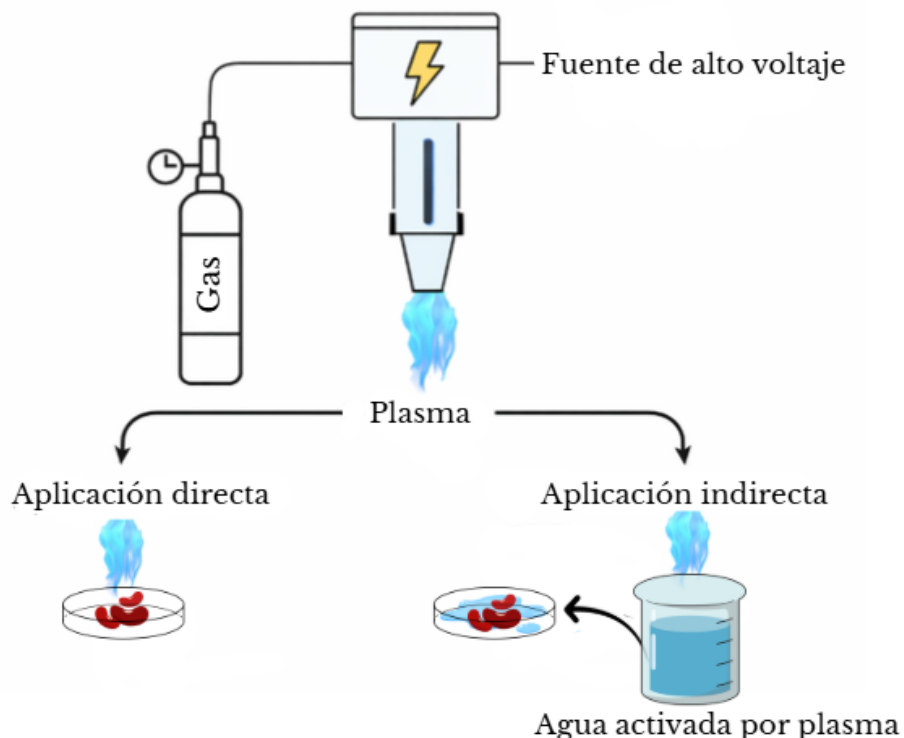
## Desarrollo

De acuerdo con sus condiciones de generación y a sus características, el plasma puede clasificarse en plasma térmico y plasma frío. En el plasma térmico, las partículas que lo componen presentan temperaturas similares y se encuentran en equilibrio, lo que da lugar a temperaturas elevadas. En el plasma frío solo los electrones poseen altos niveles de energía; el gas y las partículas más pesadas presentan valores cercanos a la temperatura ambiente, razón por la cual se denomina “plasma frío”.

Las especies reactivas, o partículas energéticas que se generan en el plasma frío, actúan rompiendo enlaces químicos de moléculas dañinas, inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos y estimulan procesos biológicos como la absorción de agua por la semilla durante la germinación, sin dejar residuos tóxicos. Estas son algunas de las razones principales por la que esta tecnología tiene potenciales aplicaciones en la agricultura.

### Aplicación de plasma frío en semillas

Un generador de plasma frío se compone principalmente de una fuente de energía eléctrica de alto voltaje y un reactor, donde se aplica electricidad para energizar un gas hasta convertirse en plasma. Su producción depende de diversos parámetros, como el tipo de gas utilizado y la configuración del sistema. Existen diversas formas de aplicar el plasma frío en semillas: de manera directa, mediante la exposición de las semillas al plasma, o de forma indirecta, a través de la inmersión de semillas en agua activada por plasma (Figura 2).



**Figura 2.** Esquema simplificado de un generador de plasma frío y sus formas de aplicación en semillas: aplicación directa y aplicación indirecta mediante agua activada por plasma.  
Fuente: Elaboración propia.

Independientemente del tipo de aplicación de plasma frío en semillas, los efectos pueden describirse de la siguiente manera (Figura 3):

1. Generación de especies reactivas: Al aplicar energía a un gas se forman partículas reactivas de oxígeno y nitrógeno, así como radicales libres y radiación.
2. Modifica la superficie de la semilla: Las especies reactivas eliminan o alteran componentes de la capa protectora externa de la semilla, como ceras o lignina.
3. Mejora la absorción de agua y nutrientes: La superficie modificada facilita la absorción de agua y de nutrientes.
4. Activación fisiológica y bioquímica de la semilla: Las especies reactivas tienen un efecto en la regulación hormonal y actividad enzimática involucradas en la germinación y desarrollo inicial, favoreciendo procesos asociados al crecimiento y al vigor.

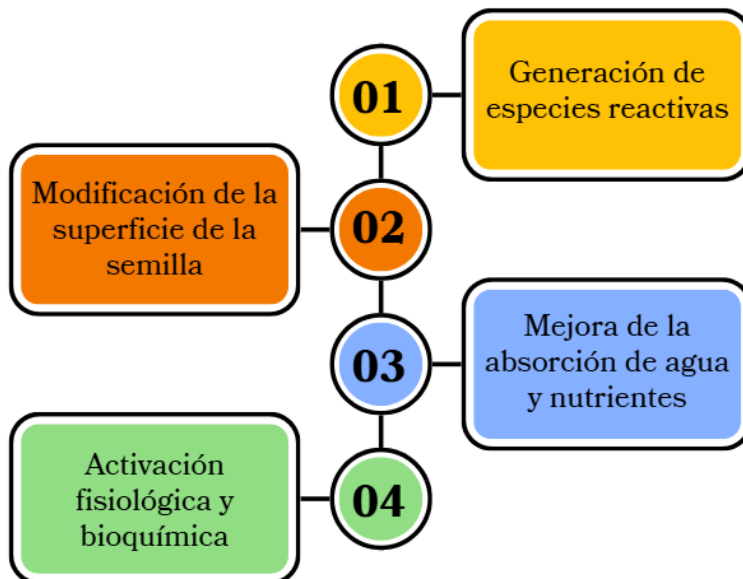


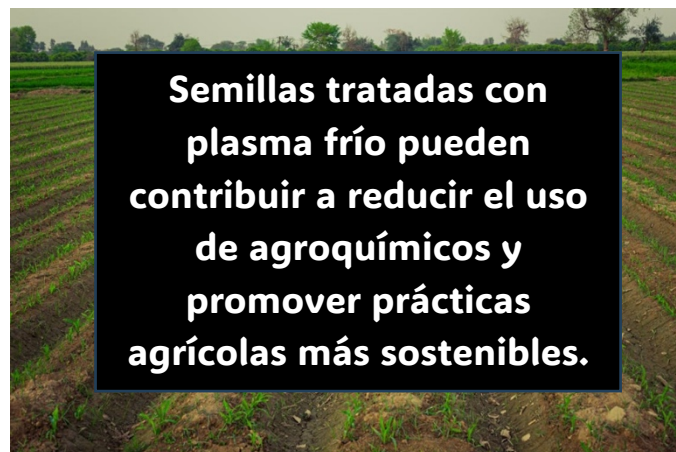
Figura 3. Efecto del plasma frío sobre las semillas.

### Semillas sanas, suelos productivos

Gracias a los efectos descritos anteriormente, las semillas tratadas con plasma frío dan lugar a plántulas más fuertes y con mayor crecimiento. Además, este tratamiento ofrece otros beneficios como la eliminación de microorganismos patógenos, una mayor resistencia a estrés ambiental y la mejora de la humectabilidad, es decir, el agua se distribuye mejor sobre la semilla, lo que facilita la hidratación.

Cabe mencionar que además de mejorar la germinación, el plasma frío también puede modificar minerales, pigmentos, enzimas y otros componentes nutricionales de las semillas, por ejemplo:

- El contenido de calcio y boro aumentó en semillas de tomate tratadas con plasma frío.
- En soya (*Glycine max* (L.) Merr), la proteína soluble, el azúcar soluble y la actividad de enzimas como la peroxidasa y la fenilalanina amonio liasa se incrementaron tras el tratamiento con descarga de plasma dieléctrico.
- En trigo (*Triticum* spp.), el contenido de clorofila aumentó en comparación con las semillas no tratadas.

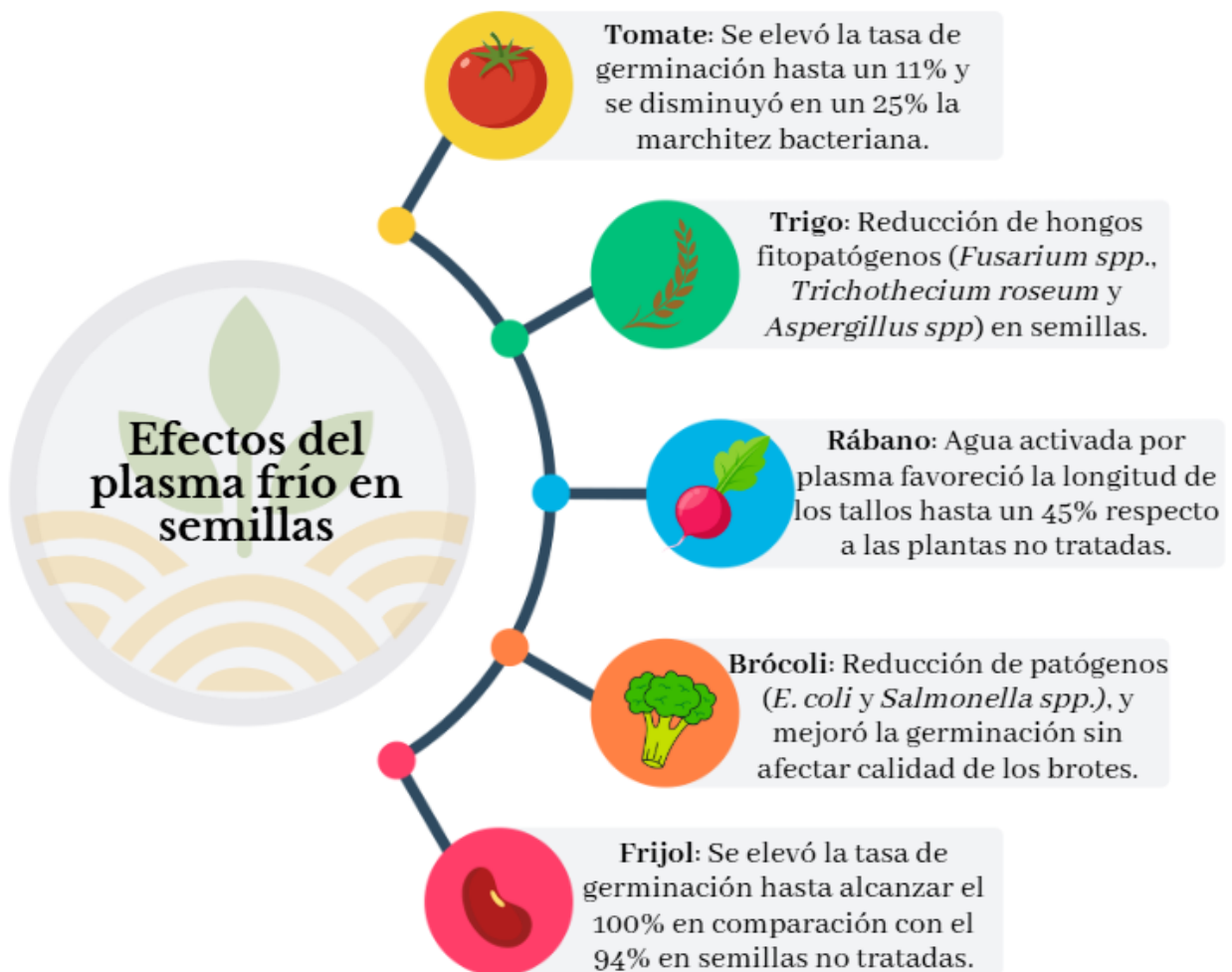




¿Qué relación tiene todo esto con el suelo? Cuando el plasma frío mejora la disponibilidad y aprovechamiento de nutrientes en el interior de la semilla, la plántula que emerge tiene una mayor capacidad de absorber y movilizar nutrientes desde el suelo. Por otro lado, la activación de enzimas relacionadas con la defensa contra el estrés ambiental fortalece la resistencia de la plántula y puede contribuir a reducir el uso de agroquímicos que dañan el suelo. Además, una plántula con un mayor contenido de clorofila establece una cobertura vegetal más eficiente y puede ser un indicador del estado en que se encuentra el suelo.

### Ejemplos de aplicación del plasma frío en semillas y cultivos.

Se ha demostrado a través de diversas investigaciones que el plasma frío, ya sea de forma directa o indirecta, puede beneficiar a diferentes cultivos (Figura 4).



**Figura 4.** Efecto del plasma frío y agua activada por plasma en la germinación y desarrollo inicial de distintos cultivos. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Rajan et al., 2023.



## Conclusiones

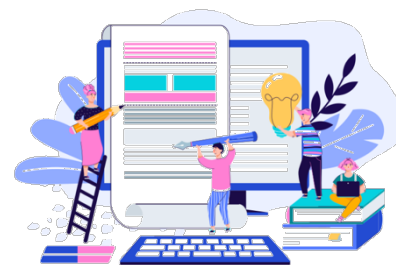
El plasma frío, aplicado de forma directa o indirecta, representa una alternativa ecológica capaz de mejorar la germinación y vigor de las semillas, sin dejar residuos químicos. Además, este tratamiento fortalece plántulas desde etapas tempranas,



promoviendo mayor absorción de nutrientes y resistencia a factores de estrés ambiental y contra patógenos. El uso de plasma frío en semillas puede contribuir a reducir la dependencia de agroquímicos, al potenciar la defensa natural de las plantas y mejorar la eficiencia del aprovechamiento del suelo. Por lo que, esta tecnología demuestra un impacto positivo en la interacción planta-suelo, favoreciendo la germinación, la cobertura vegetal y la fertilidad, lo que la hace una estrategia sostenible para la agricultura moderna.

## Literatura recomendada

- De La Rosa-Esteban, A. K., Reyna-Martínez, R., Reyes-Acosta, A. V., & Reyes-Acosta, Y. K. (2021). Tecnología de plasma no térmico en la industria agrícola-alimentaria y una breve descripción sobre sus posibles efectos en la germinación de semillas: revisión. *Journal of Bioprocess and Chemical Technology*, 15(26), 22-31.
- Puente-Díaz, Luis. (2024). Principios, aplicaciones y efectos de la aplicación de plasma frío en alimentos: una revisión actualizada. *Revista chilena de nutrición*, 51(2), 155-164. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182024000200155>
- Rajan, A., Boopathy, B., Radhakrishnan, M., Rao, L., Schlüter, O. K., & Tiwari, B. K. (2023). Plasma processing: a sustainable technology in agri-food processing. *Sustainable Food Technology*, 1(1), 9-49. <https://doi.org/10.1039/D2FB00014H>





### Semblanzas de autores



**M.C. Aracely Zulema Santana Jiménez.** Maestra en Ciencias y Tecnología de Alimentos por la Facultad de Ciencias Químicas de la UACH. 7 años de experiencia en la industria de alimentos. Actualmente doctorante en ciencias hortofrutícolas en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH.

**M.C. Belén Arely Camargo Olivas.** Maestra en Ciencias Hortofrutícolas por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (FACIATEC) de la UACH. Actualmente doctorante en ciencias hortofrutícolas en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua UACH.

**Dra. Nora Aidée Salas Salazar.** Doctora en Ciencias por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). Investigadora Nacional nivel 1, profesora investigadora de FACIATEC de la UACH. Línea de investigación: Poscosecha y Tecnología Agroalimentaria con énfasis en compuestos volátiles.

**Dra. María Antonia Flores Córdova.** Doctora en Ciencias en Horticultura por la Universidad Autónoma de Chapingo. Investigadora Nacional nivel 1, profesora investigadora de FACIATEC de la UACH. Línea de investigación: Poscosecha y Tecnología Agroalimentaria con énfasis en calidad y compuestos bioactivos.

**Dr. Rogelio Sánchez Vega.** Doctor en Ciencias y Tecnología Agraria y Alimentaria por la Universidad de Lleida, España. Investigador Nacional nivel 1, profesor investigador de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH. Línea de investigación: Alimentos Funcionales y Productos Lácteos.

**Dra. María Janeth Rodríguez Roque.** Doctora en Ciencias y Tecnología Agraria y Alimentaria por la Universidad de Lleida, España. Investigadora Nacional nivel 2, profesora investigadora de FACIATEC de la UACH. Línea de investigación: Poscosecha y Tecnología Agroalimentaria con énfasis en tecnologías no térmicas.

Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

**Terra Latinoamericana** es de publicación continua y publica artículos científicos originales de interés para la comunidad de la ciencia del suelo y agua.

**TERRA**  
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra>