



## Relevancia de las sustancias húmicas y no húmicas en la materia orgánica

Orlanda Tanahiri Garcia-Gonzalez<sup>1</sup>  
Damaris Leopoldina Ojeda-Barrios<sup>1</sup>  
Yesenia Campos-Gonzalez<sup>1</sup>  
Oscar Cruz-Alvarez<sup>1</sup>  
Marisela Calderon-Jurado<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Av. Universidad y Av. Pascual Orozco s/n, Universidad, 31110 Chihuahua, Chih.

<sup>2</sup>Programa Postdoctoral SECIHTI, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas.

\*Autor de correspondencia: [maryselacj@gmail.com](mailto:maryselacj@gmail.com)

**Las sustancias húmicas y no húmicas contribuyen a que el suelo se mantenga sano y lleno de nutrientes aportando elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Juntas, promueven un ecosistema saludable, mejorando la fertilidad del suelo y, por lo tanto, la productividad agrícola. Por su parte, la materia orgánica es fuente de micro y macroelementos, promueve la actividad microbiana y la formación de agregados del suelo, participando activamente en la regulación de los ciclos de nutrientes y en la disponibilidad gradual de los mismos para las plantas, lo que contribuye a un uso más eficiente y sostenible de los recursos del suelo. De esta manera, la materia orgánica no solo aporta fertilidad, sino que también mantiene al suelo como un sistema vivo, dinámico y resiliente frente a procesos de degradación. El uso adecuado de estas sustancias permite conservar la fertilidad del suelo, mejorar su calidad a largo plazo y prevenir diferentes problemas como la erosión, desnutrición, entre otros.**



### Introducción

El suelo es un sistema complejo y dinámico que presenta una estructura altamente diversa, resultado de la interacción entre sus componentes físicos, químicos y biológicos. Está constituido por agua, aire, minerales (arena, limo y arcilla), materia orgánica, nutrientes y una amplia diversidad de organismos, entre los que se incluyen bacterias, hongos, actinomicetos, algas, protozoarios y fauna edáfica como nematodos, insectos y lombrices. Además, en contextos actuales, también pueden encontrarse compuestos emergentes como residuos antropogénicos (por ejemplo, micro plásticos), los cuales pueden influir en la dinámica del suelo.



Todos estos componentes interactúan de manera integral para sostener procesos esenciales como el ciclado de nutrientes, la formación de estructura, la retención de agua y el soporte para el crecimiento vegetal, lo que permite la producción de cultivos en respuesta a la creciente demanda de alimentos. En este contexto, la materia orgánica desempeña un papel central, ya que no solo actúa como fuente de nutrientes, sino que también es un componente clave en la formación y estabilidad de la estructura del suelo. La materia orgánica contribuye a la agregación de partículas, mejora la porosidad, favorece la retención de agua y sirve como sustrato energético para los microorganismos, promoviendo así la biodiversidad edáfica. Más que considerarse un “nutriente estructurador”, la materia orgánica debe entenderse como un componente estructural y funcional del suelo, esencial para mantener su calidad, fertilidad y resiliencia frente a procesos de degradación (ver Figura 1).

**La materia orgánica no es simplemente parte del suelo; es su esencia vital, el motor silencioso que equilibra los procesos físicos, químicos y biológicos, haciendo posible la fertilidad y la productividad de los cultivos.**



**Figura 1.** Interacción funcional de las sustancias húmicas y no húmicas en la dinámica de la materia orgánica del suelo.



La materia orgánica del suelo se origina a partir de la descomposición de residuos de origen vegetal y animal, como hojas, raíces, restos de cultivos, excretas y organismos muertos. Este proceso no debe confundirse con la desnitrificación, ya que esta última es una transformación específica del nitrógeno en condiciones anaerobias; en cambio, la formación de materia orgánica es un proceso más amplio que involucra la degradación biológica de estos residuos por microorganismos del suelo ver (Figura 2).



**Figura 2.** Degradación y estabilización de residuos orgánicos a través de vermicompostaje con lombrices.

Durante esta descomposición, ocurren transformaciones microbiológicas y reacciones físico-químicas que dan lugar a compuestos más complejos y estables conocidos como sustancias húmicas. Estas sustancias se caracterizan por presentar un alto peso molecular, es decir, están formadas por estructuras grandes y complejas con múltiples anillos y cadenas de carbono, lo que le confiere estabilidad y resistencia a la degradación.

Las sustancias húmicas son complejos orgánicos de gran tamaño que contienen principalmente carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N) y azufre (S), y son responsables del color café oscuro a negro característico de los suelos ricos en materia orgánica. Estas moléculas poseen grupos funcionales como carboxilos (-COOH) y fenoles (-OH aromáticos), los cuales se caracterizan por su capacidad para intercambiar cargas, retener cationes y participar en reacciones químicas que regulan la disponibilidad de nutrientes. Dentro de las sustancias húmicas, se distinguen los ácidos húmicos, que tienen mayor peso molecular, color oscuro y baja solubilidad en condiciones ácidas, y los ácidos fúlvicos, que son más pequeños, de color amarillo a marrón claro, y solubles en agua en un amplio rango de pH.





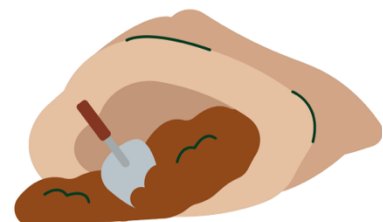
El menor peso molecular de los ácidos fúlvicos (generalmente entre - 500 y 2,000 Da) y su mayor contenido de oxígeno se asocian con una mayor proporción de grupos funcionales oxigenados, como carboxilos y grupos hidroxilo, que aumentan su reactividad química y su capacidad de interacción con nutrientes y minerales. En este sentido, más que referirse a “grupos anhidros”, es más preciso hablar de grupos funcionales oxigenados, los cuales son responsables de muchas de las propiedades químicas de estas sustancias, como la solubilidad, la capacidad de quelación y la interacción con el suelo y las plantas.

Las sustancias húmicas y no húmicas desempeñan un papel fundamental en la nutrición de las plantas, ya que favorecen la disponibilidad y asimilación de nutrientes y energía, al mismo tiempo que contribuyen a prevenir el deterioro del suelo. Además, participan en procesos de recuperación y mejora de suelos, tanto mediante prácticas tradicionales como tecnificadas en la agricultura.

**La materia orgánica es el eje funcional del suelo. Las sustancias húmicas estabilizan el carbono y mejoran el intercambio catiónico.**

Su comportamiento en el suelo depende de factores como el pH y la salinidad. Por ejemplo, en suelos alcalinos, ciertos grupos químicos presentes en estas sustancias adquieren cargas negativas, lo que modifica su estructura y la forma en que interactúan con nutrientes y minerales. Asimismo, la presencia de sales influye en la estabilidad de estas interacciones, afectando su capacidad para retener o liberar nutrientes.

Las sustancias húmicas se mantienen unidas por distintos tipos de interacciones químicas – como enlaces iónicos, fuerzas débiles y enlaces covalentes – que determinan su estabilidad y funcionamiento en el suelo. Estas se originan principalmente a partir de la descomposición de residuos vegetales y animales, mediante procesos en los que compuestos como la lignina y los azúcares se transforman en estructuras más complejas y estables. Por esta razón, pueden encontrarse en prácticamente todos los tipos de suelo, ver (Tabla 1). En este sentido, el presente escrito tiene como objetivo analizar la interacción y la relevancia de las sustancias húmicas y no húmicas que conforman la materia orgánica, destacando su papel en la fertilidad y sostenibilidad de los suelos.



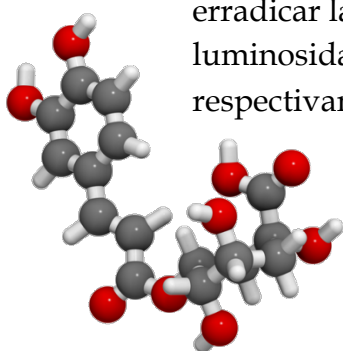


**Tabla 1.** Características principales de los ácidos, húmicos, fúlvicos y huminas en el suelo.

<b>Ácido fúlvico</b>	Sus tonalidades de amarillo a café claro y su solubilidad en agua bajo cualquier circunstancia de pH. Tienen una estructura química que interactúa con metales, minerales y otros componentes orgánicos del suelo, lo que los convierte en necesarios para el ciclo de nutrientes y en su accesibilidad para nutrir las plantas.
<b>Ácido húmico</b>	Son una mezcla de moléculas generadas por la oxidación y la degradación de la materia orgánica. Se generan mediante un proceso gradual de humificación. Este procedimiento de degradación, creación y entendimiento establece la calidad de los ácidos húmicos presentes en el suelo. Se encuentra en suelos castaños oscuros o grisáceos.
<b>Huminas</b>	Es la parte insoluble de la materia orgánica del suelo (MOS), que se conserva tras la extracción de los demás componentes de la MOS que pueden ser solubles en una base de agua. Suele ser un componente importante de la MOS la humina, sin embargo, su insolubilidad y su carácter inalterable han complicado su investigación. Se encuentra en suelos con tonalidades negras.

Asimismo, la materia orgánica desempeña un papel fundamental en el crecimiento de los cultivos, ya que contribuye al equilibrio nutrimental del suelo y favorece la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas. Esto se debe a que es una fuente importante de micro y macroelementos esenciales para la nutrición vegetal. Además, la materia orgánica sostiene la actividad de la microfauna del suelo, incluyendo bacterias responsables de procesos como la nitrificación, así como hongos, insectos y lombrices. Estos organismos interactúan de manera dinámica, promoviendo un ambiente biológico activo y equilibrado.

Como resultado de estas interacciones, se generan compuestos bioactivos como polifenoles, sustancias orgánicas con efecto protector, fitohormonas como auxinas naturales y moléculas señalizadoras que influyen en el desarrollo y adaptación de las plantas. Así como, la materia orgánica promueve la transformación físico química de los suelos, mejorando las características naturales de los suelos como son la estructura, percolación, filtración, porosidad, granulosis, coadyuva a erradicar la erosión y pérdida de nutrientes al suelo, mejorando la acidez, pH, luminosidad, oxigenación y temperatura edáfica. hidrógeno, nitrógeno y azufre respectivamente.





### **Efecto de las sustancias húmicas en la estructura del suelo**

Las características de las estructuras moleculares de las sustancias húmicas influyen directamente en la calidad del suelo, ya que su forma compleja y ramificada les permite interactuar con las partículas del suelo y mejorar su organización. En particular, en los suelos arcillosos, donde es común la compactación, los ácidos húmicos favorecen la formación de agregados más estables, lo que reduce la dureza del suelo y lo hace más manejable. Como consecuencia, se incrementa la permeabilidad y la aireación, facilitando el movimiento del agua y el intercambio de gases. Estas mejoras crean condiciones más favorables para el desarrollo de las raíces y la actividad microbiana, contribuyendo así a un suelo más sano y productivo. En suelos más arenosos, los ácidos húmicos les permiten tener un elevado intercambio catiónico y retención de agua.

### **Interacción con la raíz y la rizosfera**

Las sustancias húmicas estimulan el crecimiento radicular de los cultivos y favorecen el intercambio catiónico entre el suelo, la raíz y los microorganismos presentes en la rizosfera. Este proceso se relaciona con estructuras como la banda de Caspary, una capa impermeable ubicada en la endodermis de las raíces que regula el paso de agua y nutrientes hacia el interior de la planta. Asimismo, contribuyen a la formación de agregados del suelo, lo que mejora su estructura, reduce la densidad aparente y aumenta la capacidad de retención de humedad aprovechable.

En conjunto, estos efectos elevan la fertilidad del suelo, optimizan la nutrición radicular y pueden ayudar a disminuir condiciones de alcalinidad, favoreciendo un entorno más adecuado para el desarrollo vegetal. La pérdida de nutrientes por lixiviación o lavado de nutrientes, los ácidos fúlvicos tienen una gran importancia agronómica por su posibilidad de aprovechamiento en fertilizantes de aplicación foliar radicular aumentando la producción de las cosechas su absorción y unión con iones metálicos es muy importantes su función fisiológica vegetal. Entre los procesos fisiológicos que estimulan la germinación de granos y semillas, solubilización de nutrientes vía rizosfera, formación de raíces adventicias, respiración radicular, síntesis de proteínas, división celular, ionización de moléculas.





### **Importancia de los ácidos fúlvicos en la nutrición vegetal**

Los beneficios de los ácidos fúlvicos en las plantas se observan principalmente en la raíz de los cultivos y frutales. Estos pueden utilizarse como enraizantes y como mejoradores de la nutrición vegetal, facilitando el transporte de nutrientes a través del xilema y floema. Además, participan en la producción de vitaminas y minerales esenciales. Asimismo, los ácidos fúlvicos intervienen en procesos fisiológicos como la respiración celular, la permeabilidad de las membranas y la inducción de auxinas, las cuales favorecen la elongación de raíces, tallos y ápices. También tienen la capacidad de interactuar con iones de metales como el potasio (K) y el magnesio (Mg), mejorando su disponibilidad para las plantas y actuando como acondicionadores orgánicos del suelo. Sus efectos también se reflejan en la calidad de los cultivos, ya que contribuyen a la maduración, mejoran la textura y el color de los frutos, y favorecen la formación de clorofila, lo que incrementa la fotosíntesis.

### **Papel en la remediación y dinámica del suelo**

Las sustancias húmicas desempeñan un papel clave en la biorremediación de suelos contaminados. Actúan como agentes que pueden transformar metales pesados como hierro (Fe), cobre (Cu) y manganeso (Mn) en formas más estables (quelatos), reduciendo su toxicidad. Este proceso ocurre gracias a su capacidad de solubilización e interacción con los metales a través de grupos carboxílicos, lo que permite su inmovilización o transformación en formas menos dañinas (Tabla 2).

Estas sustancias intervienen directamente en la clasificación de los suelos y de sus procesos característicos de transformación, la movilidad de arcillas e intercambio catiónico, disponibilidad de sales en el suelo, movilidad de calcio y cantidad de componentes orgánicos nutrimentales, la presencia de fosfatos y azufre, las reservas orgánicas del suelo. Los ácidos fúlvicos son moléculas de tamaño considerablemente más reducido que resultan útiles tanto en usos foliares como en el suelo, donde suministran nutrientes esenciales a través de la membrana celular vegetal.



Las sustancias húmicas y no húmicas constituyen las dos grandes fracciones de la materia orgánica del suelo y cumplen funciones esenciales en su dinámica y funcionamiento.





### Aportación de las sustancias húmicas y no húmicas

Estas sustancias son componentes fundamentales del suelo que cumplen funciones clave para la salud de los ecosistemas y la productividad agrícola, destacando funciones tales como:

- **Refuerza la Estructura del Suelo:** Las sustancias húmicas, como los ácidos húmicos y fúlvicos, ayudan a aglutinar partículas del suelo, mejorando la estructura del suelo y aumentando la porosidad, lo que facilita la aireación y el drenaje.
- **Conserva y retiene agua:** aumenta la capacidad del suelo para retener agua, lo cual es esencial en climas áridos y es de gran ayuda en las plantas que están expuestas en períodos de sequía.
- **Intercambio catiónico (CIC):** tiene la capacidad de retener y liberar nutrientes esenciales (como el calcio, magnesio y potasio), lo que mejora la nutrición y fertilidad del suelo.
- **Fitoextracción:** Actúan como agentes quelantes, ayudando a inmovilizar metales pesados y otros contaminantes, reduciendo la toxicidad en el suelo.
- **Bioestimulación del suelo:** promueve la actividad microbiana, proporciona un ambiente favorable y nutrientes, mejorando así la salud del suelo y la capacidad de proporcionar nutrientes a las plantas.
- **Aporte de Nutrientes:** Incluyen minerales y otros compuestos inorgánicos que son fundamentales para la nutrición de las plantas, proporcionando elementos como fósforo, azufre y hierro.
- **Balance del pH:** Ayudan a regular el pH del suelo, mejorando su acidez o alcalinidad según sea necesario para diferentes cultivos.
- **Interacción con Sustancias Húmicas:** Trabajan en conjunto con las sustancias húmicas para mejorar la fertilidad y la estructura del suelo, facilitando el acceso de las plantas a los nutrientes.
- **Estabilidad del Suelo:** Contribuyen a la cohesión de las partículas del suelo, lo que ayuda a prevenir la erosión y la pérdida de nutrientes.





**Tabla 2.** Aportación benéfica de las sustancias húmicas y no húmicas.

Tipo de sustancias	Descripción	Ejemplos	Beneficios
<b>Sustancias húmicas</b>	Son moléculas complejas de tonalidad café o negro, poseyendo características coloidales e hidrofílicas. Poseen la habilidad para adsorber y desintegrar iones, así como para liberar nutrientes a largo y mediano plazo.	Humus Carbón Turba Huminas Ácido úlmico Ácidos fúlvicos Ácidos húmicos Ácido himatomelánico Humato potásico	Las plantas potencian la asimilación de nutrientes. Fomentan el crecimiento de microorganismos en el suelo. Fomentan el desarrollo de agregados en el suelo. Incrementan la capacidad del suelo para intercambiar cationes (CIC). Resultan neutralizantes en suelos ácidos y alcalinos. Controlar el nivel de pH en los terrenos Optimizan y mejoran la asimilación de nutrientes y agua por las plantas. Promueven la presencia de micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) Mantienen la erosión a través del escurrimiento superficial. Solubilizan minerales esenciales.
<b>Sustancias no húmicas</b>	Las sustancias no húmicas representan restos de vegetación muertos, raíces descompuestas y seres vivos del suelo, o sus elementos.	Restos vegetales muertos Raíces muertas Organismos del suelo Carbohidratos Proteínas Grasa	Sustancias de dispersión no modificadas o levemente modificadas, donde las estructuras tisulares continúan siendo en su mayoría morfológicamente perceptibles, sin embargo, pueden ser utilizados para realizar composta que después puede formar parte del suelo.

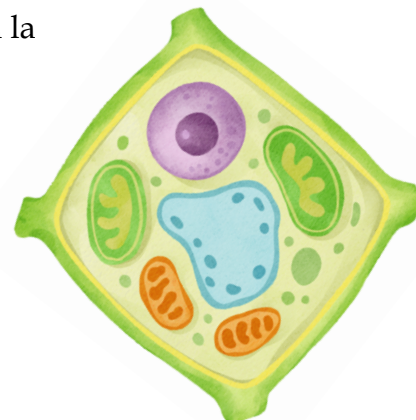
Tanto los componentes húmicos como los no húmicos son esenciales para mantener el balance del suelo. La correcta administración y entendimiento son fundamentales para fomentar la sostenibilidad en la agricultura y la preservación del entorno natural. La mezcla de ambos compuestos en la materia orgánica del suelo es fundamental para garantizar un ecosistema agrícola eficiente y resiliente, ver (Figura 3).



**Figura 3.** Las sustancias ácidas fúlvicos, húmicos y huminas que fortalecen la estructura y fertilidad del suelo, los cuales provienen de los residuos de descomposición vegetal.

Finalmente, la presencia de las sustancias húmicas y de la materia orgánica es vital para el balance del suelo, su presencia ayuda a tener control de una gran cantidad de procesos físico químicos, estructurales, fisiológico, biológicos, nutrimentales y enzimáticos la relación de carbono orgánico de los suelos que ayuda a la fertilidad de los cultivos y a su productividad.

La asimilación de los metales pesados que las sustancias húmicas ayudan a convertirse en metales biodegradados por el suelo para biorremediar los problemas en los suelos que hacen que se erosione o empobrezca en nutrientes, el papel de las sustancias húmicas y de la materia orgánica otorga una calidad fisiológica y nutrimental a los suelos. Por otra parte, su participación en los procesos enzimáticos celulares y participación en la generación hormonal en los cultivos para el desarrollo y crecimiento de los mismos a los cultivos su manejo dependerá siempre de la capacidad técnica de los profesionistas y estudiosos de la materia para poder seguir dando recomendaciones de su uso, así como también conocer más de las cualidades estructurales que estas sustancias dan a la agricultura (Figura 4).





- ✓ Forman complejos (quelatos) con metales como Cd, Pb, Cu, Ni y Zn.
- ✓ Disminuyen la biodisponibilidad de metales altamente tóxicos como Pb y Cd al inmovilizarlos.
- ✓ En algunos casos (ej. ácidos fúlvicos), pueden aumentar la movilidad del metal, facilitando su transporte hacia la raíz.
- ✓ Actúan como amortiguadores del pH, influyendo en la solubilidad de los metales.

**Resultado:** generalmente reducen la toxicidad directa, pero pueden modificar su movilidad dependiendo del tipo de sustancia húmica y del pH.

**Figura 4.** Las sustancias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas)

## Conclusiones

Las sustancias húmicas y no húmicas desempeñan un papel fundamental en la dinámica del suelo, al actuar de manera complementaria en la disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica y la mejora de sus propiedades físicas y químicas. Su aplicación en cultivos, especialmente en árboles frutales, ha demostrado ser eficiente, al favorecer una rápida absorción de nutrientes y una respuesta positiva en el desarrollo vegetal, particularmente cuando se integran con prácticas de tecnificación agrícola.

En conjunto, estas fracciones de la materia orgánica fortalecen la fertilidad del suelo, estimulan el desarrollo radicular y optimizan el aprovechamiento de nutrientes, lo que se traduce en una mayor productividad agrícola. Además, contribuyen a la sostenibilidad del sistema suelo-planta al mejorar su estructura, resiliencia y capacidad de recuperación ante condiciones adversas. Por ello,

comprender la interacción y función de las sustancias húmicas y no húmicas permite diseñar estrategias de manejo más eficientes, orientadas a conservar la calidad del suelo y garantizar sistemas agrícolas más productivos y sostenibles.

La materia orgánica, más que un componente del suelo, es el eje que sostiene su funcionamiento, al integrar procesos físicos, químicos y biológicos esenciales para la vida y la producción agrícola.

¡La materia orgánica es maravillosa!





## Agradecimientos

El autor de correspondencia agradece a SECIHTI por el apoyo otorgado a través de la Convocatoria de Estancias Posdoctorales por México 2025 (CVU: 961356), el cual hizo posible la realización del presente trabajo.

## Literatura recomendada

- Hayes, M. H., Mylotte, R., & Swift, R. S. (2017). Humin: its composition and importance in soil organic matter. *Advances in agronomy*, 143, 47-138.
- Zavarzina, A. G., Danchenko, N. N., Demin, V. V., Artemyeva, Z. S., & Kogut, B. M. (2021). Humic substances: hypotheses and reality (a review). *Eurasian Soil Science*, 54, 1826-1854.
- Yang, F., Tang, C., & Antonietti, M. (2021). Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms. *Chemical Society Reviews*, 50(10), 6221-6239.
- Gerke, J. (2022). The central role of soil organic matter in soil fertility and carbon storage. *Soil Systems*, 6(2), 33.



## Semblanza de autores

**Marisela Calderón-Jurado.** Ingeniera Hortícola con Maestría y Doctorado en Ciencias Hortofrutícolas por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, con experiencia en investigación en frutales de zona templada y flores comestibles, participación en congresos y seminarios nacionales e internacionales. Actualmente es estudiante de posdoctorado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación.

**Damaris Leopoldina Ojeda-Barrios.** Profesora-investigadora adscrita a la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas UACH, miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), Nivel II. Es líder del Cuerpo Académico UACH-CA-17 Hortofruticultura, donde ha sido responsable en diversos proyectos de investigación con financiamiento externo. Ha publicado más de 70 contribuciones originales en revistas científicas indexadas y libros con editoriales internacionales. Presidenta de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

**Yesenia Ocampo-González.** Es Químico Bacteriólogo Parasitólogo. Cuenta con estudios de posgrado como Maestra en Ciencias de la Productividad Frutícola y actualmente está por concluir el Doctorado en Ciencias Hortofrutícolas. Ha impartido clases durante 7 años a nivel licenciatura, guiando a sus estudiantes de manera académica y también en labores sociales, involucrándolos en proyectos que beneficien a las personas más vulnerables de la sociedad.

**Orlanda Tanahiri García-González.** Maestra en Ciencias Hortofrutícolas por la UACH, donde actualmente realiza estudios de doctorado en la misma disciplina. Desarrolla un proyecto de investigación sobre biofortificación de razas criollas de frijol de la Sierra Tarahumara. Cuenta con experiencia profesional en investigación aplicada y desarrollo de soluciones agrícolas, adquirida durante su trayectoria en Innovak Global.

**Oscar Cruz-Álvarez.** Investigador de la UACH. Es Ing. Agr. Esp. en Fitotecnia, M.C. y D.C. en Horticultura por la Universidad Autónoma Chapingo. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) nivel I, y de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS A.C.).

