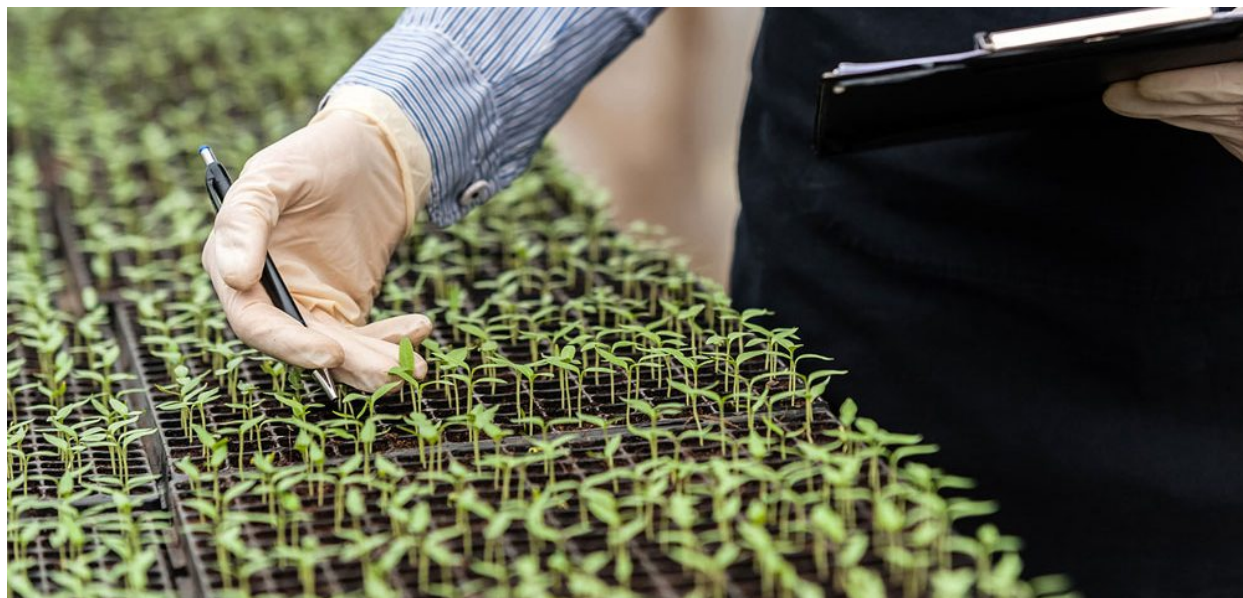


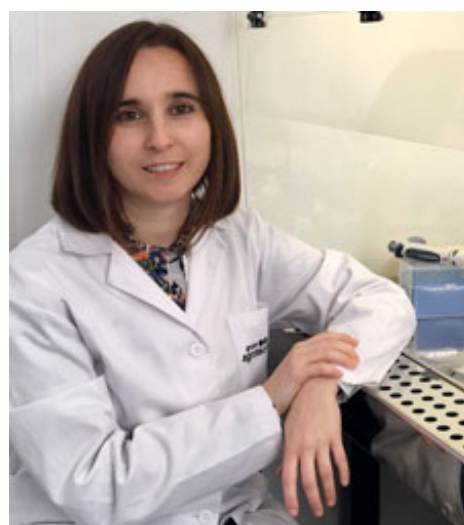
# Los microorganismos: aliados de las plantas frente a los efectos del cambio climático y otros estreses abióticos

 [aeфа-agronutrientes.org/los-microorganismos-aliados-de-las-plantas-frente-a-los-efectos-del-cambio-climatico-y-otros-estreses-abioticos](http://aeфа-agronutrientes.org/los-microorganismos-aliados-de-las-plantas-frente-a-los-efectos-del-cambio-climatico-y-otros-estreses-abioticos)



**Noemí Herrero Asensio**, Doctora en Microbiología y Genética por la Universidad de Salamanca, cuenta con una amplia trayectoria investigadora a nivel nacional e internacional. Ha realizado estancias predoctorales en el Imperial College de Londres, y trabajado como investigadora en prestigiosas instituciones como el Instituto Agrario de San Michele All'Adige en Italia y la Academia de las Ciencias de la República Checa. **Noemí ha centrado sus investigaciones principalmente en el estudio de microorganismos** con potencial para su uso en agricultura, como los hongos entomopatógenos y los hongos endofíticos. Adicionalmente, el estudio de los virus que infectan a estos hongos ha ocupado también gran parte de sus estudios.

En la actualidad, **Noemí desempeña el cargo de directora del departamento de I+D+i de Grupo Agrotecnología**, empresa dedicada desde 1997 al desarrollo, producción y comercialización de productos innovadores para la agricultura. **Grupo Agrotecnología** se integró en **AEFA** en el año 2004, participando durante todo este tiempo de forma activa en ella y como ejemplo desde 2012 *Enrique Riquelme*, CEO de **Grupo Agrotecnología**, desempeña el cargo de secretario al frente de esta Asociación.



Actualmente, la preocupación sobre los efectos que el cambio climático está empezando a tener en distintas regiones cultivables del planeta está aumentando a todos los niveles. De este modo, dado que estos efectos han comenzado a notarse, debemos tomar conciencia y empezar a

actuar de forma consecuente con esta nueva realidad. Es importante **contribuir a la disminución de los efectos del cambio climático** modificando hábitos y moviéndonos hacia prácticas agrícolas más limpias. También es fundamental buscar herramientas y soluciones que ayuden a afrontar las condiciones adversas de los cultivos a las que se enfrentará la agricultura del mañana, para lo cual, es crucial aumentar los esfuerzos y recursos en investigación. En relación con esta importante problemática, Noemí nos hablará en esta entrevista acerca del trascendental papel que los microorganismos podrían desempeñar en un futuro como aliados de las plantas en su lucha contra los efectos del cambio climático y otros estreses abióticos.

¿Qué significado tiene en la actualidad el cambio climático para la agricultura mundial?

---

A día de hoy, estamos empezando a tomar conciencia de los efectos que el cambio climático puede llegar a tener en un futuro sobre nuestros cultivos. Esto se debe en gran parte a que un importante número de agricultores está sufriendo en sus explotaciones los efectos devastadores de este cambio climático. Nuestra imparable emisión de gases a la atmósfera está provocando que se incremente la temperatura del planeta. Esta subida de temperaturas está teniendo consecuencias nefastas, como el deshielo de los polos, el aumento de fenómenos meteorológicos extremos, así como la modificación de las estaciones climáticas.

Las previsiones de la comunidad científica no son muy alentadoras, y si no bajamos el ritmo, el cambio climático, unido al aumento de la población mundial, supondrá una amenaza a la seguridad alimentaria en todas partes. **La agricultura es extremadamente sensible** a este cambio, así, a modo de ejemplo, se prevé que en 2050 más del 50% de las zonas cultivables del planeta estarán afectadas por fuertes problemas de sequía. Por ello, es crucial el **empleo de prácticas agrícolas más limpias** y también la búsqueda de nuevas herramientas que ayuden a las plantas a tolerar las nuevas condiciones de cultivo a las que estarán sometidas.



¿Con qué herramientas contamos en este momento para paliar los efectos de este cambio climático en la agricultura?

---

Como ya he comentado, una de las peores consecuencias del cambio climático es la falta

de agua. Si bien, existen otros estreses abióticos a los que las plantas pueden estar sometidas a lo largo de su ciclo de vida y que se ven acentuados en mayor o menor medida por el cambio climático, hablamos de temperaturas extremas, salinidad, cambios en el pH, riadas, heladas, elevados índices de UV o metales pesados.

Actualmente, para combatir los problemas de sequía nuestra agricultura cuenta con distintas herramientas culturales, como la gestión sostenible del riego, la adecuación de cultivos a las condiciones de humedad disponible, la alternancia y diversificación de cultivos, los periodos de barbecho, la construcción de diques, etc. También existen productos en el mercado con efecto osmoprotector, formulados a base de extractos de algas, glicina betaína, hidrolizados proteicos o azúcares que ayudan a equilibrar el balance hídrico celular.

Otra de las herramientas con la que cuenta nuestra agricultura, es la relacionada con la obtención de variedades de plantas resistentes a distintos estreses abióticos como la sequía, salinidad, etc. Estas variedades pueden ser conseguidas mediante técnicas tradicionales de breeding, a través del desarrollo de variedades transgénicas o mediante técnicas más punteras de edición génica. Por otro lado, también se está dedicando gran cantidad de recursos a la **investigación para la creación de bioestimulantes con base microbiana**, que protejan a los cultivos frente a la falta de agua y otros estreses abióticos. La idea final es conseguir una tecnología que sea respetuosa con el medio ambiente y rentable. Parece ser que los microorganismos podrían ser esta tecnología.

¿En qué medida los microorganismos pueden ayudar a nuestros cultivos a hacer frente a distintos estreses abióticos?

---

La mayor parte de las investigaciones disponibles en esta línea han sido desarrolladas durante las dos últimas décadas. Así, en 2009 se acuñó el término **IST** (del inglés “*Induced Systemic Tolerance*”) o tolerancia sistémica inducida, para designar a los cambios inducidos en las plantas por rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPRs), los cuales van a desencadenar un aumento de tolerancia frente a estreses abióticos en estas plantas.

**Los microorganismos constituyen una importante parte del suelo**, de manera que aquellos suelos colonizados con un mayor número de microorganismos y una mayor diversidad de estos van a ser suelos más sanos y más compatibles con nuestros cultivos. Estos microorganismos van a estar involucrados tanto en la descomposición de la materia orgánica como en la solubilización de nutrientes, haciéndolos disponibles para la planta y **contribuyendo fuertemente a su nutrición**. No obstante, esta actividad no es uniforme en el suelo, sino que está concentrada en la región que rodea a la raíz o rizosfera. Esto se debe a que la planta a través de los exudados que expulsa por sus raíces va a reclutar a distintas especies de microorganismos que le proporcionan ayuda, según sus necesidades nutricionales o de protección frente a situaciones de estrés abiótico o biótico. De este modo, la explotación de los microorganismos para desarrollar estrategias que ayuden a conseguir el máximo de nuestros cultivos parece inmediata. Por ello, el conocimiento de este **diálogo planta-microorganismo** y de los mecanismos por los que los microorganismos generan tolerancia en las plantas frente a estreses abióticos, es fundamental.

## ¿Qué tipo de microorganismos pueden ayudar a nuestros cultivos a hacer frente a los estreses abióticos?

---

Existen estudios que demuestran que, prácticamente, dentro de todos los grupos de microorganismos que son susceptibles de colonizar el suelo de manera natural, hay cepas que tienen capacidades como inductores de tolerancia frente a estreses abióticos en distintos tipos de cultivos. Así, **existen rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPRs)** con estas capacidades, y también bacterias endofíticas o actinobacterias. En el caso de los hongos, se ha comprobado que diversas especies de micorrizas arbusculares tienen la capacidad de inducir tolerancia a algunos de los principales estreses abióticos a los que los cultivos están sometidos, como la sequía, salinidad, temperaturas extremas... Lo mismo ha sido observado para diversas especies de hongos endofíticos.



## ¿Cuál es el mecanismo de acción de estos microorganismos?

---

Es imposible generalizar a la hora de hablar de un mecanismo de acción único por el que **los microorganismos inducen tolerancia a diversos estreses abióticos en la planta**. Ni siquiera entre especies similares los mecanismos van a ser los mismos. De hecho, en muchos casos se sabe que ciertas especies de microorganismos son capaces de inducir tolerancias, pero se desconoce totalmente el mecanismo por el que se llega a estos resultados.

La mayor parte de estreses abióticos afectan a las plantas en varios niveles, aunque normalmente este estrés va asociado a la producción de especies reactivas del oxígeno, las cuales van a afectar negativamente a la planta, produciendo daño celular, toxicidad metabólica, inhibición de la fotosíntesis o cambios en los niveles hormonales. De acuerdo con esto, los mecanismos que van a seguir algunos microorganismos a la hora de frenar estos efectos negativos van a ser variados: actuando a nivel hormonal, contribuyendo a la

acumulación de metabolitos protectores en las plantas, a través de mecanismos antioxidantes, ayudando a aumentar la toma de nutrientes en la planta o favoreciendo la homeostasis iónica.

¿Podrías ilustrarnos con algún ejemplo que refleje algunos de estos mecanismos de acción?

---

A nivel hormonal, se sabe que **algunas bacterias son capaces de inducir en la planta el aumento de la producción de ciertas hormonas**. Este es el caso de distintas especies bacterianas capaces de inducir la síntesis de auxinas en plantas bajo estrés hídrico. Las auxinas están implicadas en la producción de raíces laterales, de este modo, estos microorganismos contribuyen a un cambio en la morfología radicular de la planta que va a ser más compatible con situaciones de estrés hídrico. Si bien, en otras ocasiones son directamente las bacterias las que van a producir estas hormonas.

Otras cepas bacterianas van a ser productoras de ACC deaminasa o bien, van a inducir la producción de esta enzima en planta. La deaminasa va a degradar al precursor del etileno, bajando así los niveles de esta hormona en las plantas. Esta bajada en los niveles de etileno va a contribuir a la eliminación de los efectos deletéreos de esta hormona cuando es producida en exceso ante una situación de estrés en las plantas.

Algunos metabolitos como, glicina betaína, ciertos aminoácidos y proteínas o poliaminas van a acumularse por lo general en plantas que muestran cierta tolerancia al estrés hídrico y salino. En concreto, la acumulación de prolina ayuda a la estabilización de estructuras subcelulares como membranas y proteínas. Además, la prolina también es capaz de secuestrar radicales libres y tamponar el potencial redox celular. De este modo, se conocen cepas **bacterianas y micorrizas** que son capaces de inducir la acumulación de prolina y otros metabolitos protectores ante condiciones de estrés, induciendo así tolerancia en la planta.

Por otro lado, algunas cepas bacterianas son capaces de inducir la síntesis de enzimas antioxidantes en plantas sometidas a estreses abióticos. Estas enzimas, entre las que se encuentran la superóxido dismutasa (SOD), la catalasa (CAT) o la peroxidasa (POX), van a ayudar a bajar los niveles de especies reactivas del oxígeno, disminuyendo así los efectos nocivos que estas especies tienen en plantas estresadas.

¿Cuál es el peso que la formulación tiene en la producción de bioestimulantes con base microbiana?

---

La **bioformulación**, como tal consiste en el tipo de preparado o carrier en el que microorganismos vivos o latentes son suministrados sobre el objetivo, que puede ser una planta o el suelo. Este preparado o bioformulado va a permitir un fácil manejo, un periodo de almacenamiento más o menos largo y una buena efectividad del producto final. De este modo, la **tecnología del bioinoculante** va a depender básicamente de dos factores, el tipo de cepa microbiana y la formulación del inóculo. No obstante, los últimos avances en bioformulación han hecho que las tecnologías desarrolladas en esta línea puedan adaptarse sin muchos cambios a casi cualquier tipo de cepa microbiana. Si bien, aún son escasos los recursos destinados a la investigación de estas bioformulaciones, a pesar de su papel central en la obtención de una tecnología de inóculo exitosa.

## ¿Qué tipo de bioformulados existen?

---

Los bioformulados van a variar según el tipo de carrier utilizado en su preparación. Estos carriers pueden ser sólidos o líquidos, y van a poder incluir osmoprotectores, agentes adherentes, nutrientes, etc., que aseguren la calidad de los inoculantes microbianos, la cual va a radicar principalmente en el número de células viables presentes en el inóculo.

En un inicio, se desarrollaron exclusivamente bioformulados sólidos. Hay una multitud de carriers empleados en la elaboración de estos inóculos sólidos: suelos (turba, carbón, arcillas, etc.), desechos vegetales, materiales inertes (vermiculita, perlita, perlas de alginato, etc.). En cuanto a las formulaciones líquidas, que fueron desarrolladas con posterioridad, son típicamente acuosas, con base a aceites o productos basados en polímeros. Existen formulados líquidos que no solo están compuestos a base de microorganismos y sus nutrientes, sino que además llevan incorporados **protectores celulares especiales** y/o aditivos que promueven la viabilidad celular durante el almacenamiento del producto y después de su aplicación en semillas o directamente al suelo.

## Y una vez conseguidos ¿cómo se aplican los bioformulados de forma efectiva en el campo?

---

Evidentemente elegir y conseguir el bioformulado correcto constituye los principales factores para asegurar el éxito del bioestimulante final. Si bien, hacerlo llegar de una forma efectiva al campo a través de un método de aplicación adecuado, es otro importante reto. Así, **los bioformulados sólidos o líquidos pueden aplicarse en campo** de formas muy diversas: tratamiento de semillas, aplicación al suelo, mojado de raíces, aplicación de tipo foliar, etc. Estas aplicaciones dependerán enormemente del tipo de microorganismo presente en el formulado y del tipo de cultivo sobre el que se aplicará.

Ahora bien, una vez que el inóculo está presente en el suelo o planta objetivo, tendrá que hacer frente a la microbiota nativa, llegando a competir con ella o desarrollando sinergias. De estas relaciones microbianas, dependerá en cierta medida que los microorganismos puedan desarrollar su función y, por tanto, que el bioestimulante sea efectivo en el campo. En este paso serán cruciales las características genéticas y fenotípicas de los microorganismos presentes en el inóculo.

## ¿Y cómo se encuadran estos bioestimulantes con base microbiana dentro de la legislación actual?

---

Recientemente se ha publicado el RD 999/2017, por el que se modifica el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes. Este RD, en su Anexo I, Grupo 4 (Otros abonos y productos especiales), incluye **nuevos tipos de productos fertilizantes que incorporan microorganismos** cuya acción es facilitar la disponibilidad de nutrientes para la planta.

Las **acciones de los microorganismos** regulados bajo este RD 999/2017, serán siempre del tipo: ayudan al incremento de la cosecha; disminuyen las necesidades de aportar nutrientes; mejoran la calidad de la cosecha; mejoran la resistencia de la cosecha a estrés abiótico (sequía, heladas, calor, etc.); ayudan a adelantar la cosecha; favorecen el

enraizamiento. Por lo tanto, según la nueva normativa, el uso de microorganismos es perfectamente compatible con la elaboración de productos que protejan a los cultivos frente a diversos estreses abióticos.

Además, estamos a la espera de la aprobación de un Reglamento Europeo, relativo a los productos Fertilizantes y Bioestimulantes, previsiblemente en 2020. Este Reglamento también regulará el **uso de microorganismos** o sus partes, en los productos fertilizantes y bioestimulantes.

¿Qué lugar ocupan los productos con base microbiana dentro del mercado global de insumos agrícolas? ¿Cuáles son las perspectivas de futuro?

---

Los productos con base microbiana tienen un relevante papel dentro del panorama biológico mundial. En referencia al **mercado de los biofertilizantes** destacan los fijadores de nitrógeno como grupo principal. Los productos usados para mejorar la absorción de nutrientes del suelo, como solubilizadores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y otros solubilizadores específicos, así como los hongos micorrícicos, también formarían parte significativa de los biofertilizantes.

En cuanto al mercado de los biopesticidas, las bacterias seguidas de los hongos abarcan la mayor parte del mismo, un 90%. Las predicciones son alentadoras, se prevé que el 58% de los biopesticidas en el 2020 esté basado en microorganismos, seguido de un 30 % basado en bioquímicos y el 13% en macroorganismos. En 2015 la línea de productos con base microbiana alcanzó un mercado de 1,4 billones de dólares, en el 2020, se estima que alcance los 3 billones y en el 2025, supere los 6,7 billones de dólares.