

MICROORGANISMOS DEL SUELO

Descubren una especie de bacteria que degrada biomasa

Identificada como *Paenibacillus xylanivorans*, la cepa xilanolítica A59^T fue aislada en suelos de bosque nativo de la Patagonia, en el sur de la Argentina. Gracias a la secuenciación del ADN, determinaron que tiene la capacidad para descomponer xilano y celulosa, dos componentes de la pared celular vegetal usados en la producción de bioetanol. Su hallazgo permite conocer un poco más sobre el misterioso universo de las comunidades que viven en el suelo.

POR CECILIE ESPERBENT
FOTOGRAFÍA MATIAS OTTAVIANI
FOTOS GENTILEZA INVESTIGADORES

El suelo, además de arena, limo y arcilla, está integrado por bacterias, hongos, algas, virus, protozoarios y actinomicetos, que funcionan colectivamente. Son tantos y tan pequeños, que encontrarlos, identificarlos y caracterizarlos no es tarea sencilla. De hecho, a pesar de los esfuerzos de cientos de investigadores de todo el mundo, solo se conoce el 1 % de los microorganismos que habitan bajo los pies.

Los microorganismos del suelo tienen múltiples funciones, algunos son promotores del crecimiento de las plantas, otros actúan como biofertilizantes, están los que pueden transformar residuos y,

La nueva especie de bacteria *Paenibacillus xylanivorans* tiene la capacidad para descomponer xilano y celulosa, dos componentes de la pared celular vegetal que podrían usarse en la producción de bioetanol.

también, los patogénicos que afectan la salud de las plantas.

Identificada como *Paenibacillus xylanivorans*, la nueva especie de bacteria descubierta por investigadores argentinos tiene la capacidad para descomponer xilano y celulosa, dos componentes de la pared celular vegetal que podrían usarse en la producción de bioetanol.

Eleonora Campos es bióloga, trabaja en el Instituto de Biotecnología del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) del INTA, en Hurlingham –Buenos Aires– y, desde 2009, se dedica a estudiar la biología molecular de bacterias celulolíticas para la generación de biocombustibles. “Nos dedicamos a estudiar las bases moleculares de los mecanismos que han desarrollado las bacterias del suelo para degradar las estructuras que poseen las plantas y utilizar los azúcares contenidos en las mismas”, señaló.

Como parte de este trabajo, en 2014 Campos y Silvina Ghio –investigadora del INTA– lograron aislar una nueva especie de bacteria. “Al estudiar su genoma y las características bioquímicas, vimos que era parecida a otras, pero tenía particularidades que la distinguían del resto, tanto en la pared celular como en

algunas de las proteínas que secretaba”, explicó Campos.

La cepa A59^T es una bacteria Gram positiva, anaeróbica facultativa, formadora de endosporas y tiene forma de bastón. Sus condiciones de crecimiento óptimas son 30 °C con un rango de 28 a 37 °C, un pH 7 con un rango de 5 a 10 y tolera hasta el 7 % de NaCl (cloruro de sodio).

De acuerdo con el análisis de secuencia del gen de ARN 16S, el aislado se coloca filogenéticamente en el mismo grupo que *Paenibacillus taichungensis* BCRC 17757 T (identidad de secuencia de nucleótidos del 99,7 %) y *Paenibacillus pabuli* NBRC 13638 T (99,1 %) y está estrechamente relacionado con *Paenibacillus tundrae* A10b^T (98,8 %). Sin embargo, los estudios filogenéticos basados en el gen que codifica para la enzima girasa –*gyrB*– colocaron a A59^T en una rama separada de todas las demás cepas.

El hallazgo se produjo a partir de una muestra de suelo recolectada en un bosque nativo de la Patagonia argentina. Campos puso el foco en lo que ocurre en el manto que cubre la superficie, en donde hay hojas o troncos en estado de descomposición. “Allí están actuando los microorganismos, que descomponen los



polisacáridos en elementos más pequeños –azúcares– y los utilizan como fuente de carbono”, ilustró.

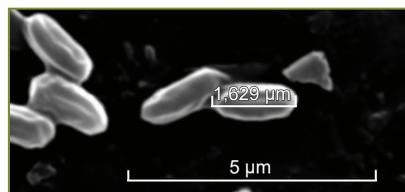
A la par, en el laboratorio, Campos investiga cómo mejorar y replicar el procedimiento biológico para la degradación de la biomasa vegetal. Así, a partir del estudio del genoma y del conjunto de proteínas secretadas –secretoma– de aislamientos bacterianos celulolíticos nativos de la Argentina, lograron reconocer las enzimas activas sobre carbohidratos y, además, desarrollar y caracterizar una biblioteca de enzimas recombinantes. “Este estudio nos permitió conocer en detalle los procesos de deconstrucción de los polisacáridos”, indicó Campos.

El xilano es un polisacárido estructural de la biomasa, es decir, es uno de los componentes de la pared celular vegetal. Es el segundo polisacárido más abundante –después de la celulosa– y, también, se degrada más rápido. “Estas características nos impulsan a profundizar los estudios para aprovecharlo en distintas aplicaciones biotecnológicas”, manifestó Campos y ejemplificó: “Estas bacterias, entre otros usos, permiten generar polisacáridos cortos –xilooligosacáridos– que pueden tener una función prebiótica y utilizarse en suplementos dietarios para mejorar la diges-

tibilidad de los alimentos para humanos y animales”.

En foco

La bacteria *Paenibacillus xylanivorans* es un bacilo, es decir, tiene forma de bastón. Posee un tamaño de 1,93 – 2,28 micrómetro (μm) de largo por 0,65–0,77 de ancho. Crece en distintas fuentes de carbono, pero especialmente en xilano y en residuos de biomasa lignocelulósica, como la paja de trigo y la paja de caña de azúcar.



μm : Un micrómetro, micrón o micra es una unidad de longitud equivalente a una milésima parte de un milímetro.

Un misterioso universo

En un gramo de suelo existen más de 10.000 millones de microorganismos. Allí, es tal la diversidad que existe que se pueden encontrar organismos descomponedores, fijadores, promotores, secuestradores, mineralizadores y hasta recicladores.

En ese marco, las bacterias y los hongos transforman y descomponen los productos químicos. El ciclo del nitrógeno, por ejemplo, se da porque determinados microbios cambian las formas orgánicas de nitrógeno al ion amonio. Otros lo cambian de amonio a nitrato y otros transforman el nitrato a nitrógeno gaseoso, que luego pasa a la atmósfera. De manera similar, si los microorganismos detectan un contaminante orgánico, se ponen a trabajar transformándolo y descomponiéndolo, hasta que se convierte en dióxido de carbono y agua.

“Estas bacterias, entre otros usos, permiten generar polisacáridos cortos –xilooligosacáridos– que pueden tener una función prebiótica y utilizarse en suplementos dietarios para mejorar la digestibilidad de los alimentos para humanos y animales” (Eleonora Campos).



“(La metagenómica) Es la herramienta que nos permite analizar comunidades enteras de microorganismos sin la necesidad de aislados, como ocurría tradicionalmente” (Ariel Amadio).

En un gramo de suelo existen más de 10.000 millones de microorganismos. Se pueden encontrar organismos promotores fijadores, secuestradores, descomponedores, mineralizadores y hasta recicladores.

Desde la década de 1950, diversos estudios se enfocaron en las comunidades de microorganismos y cómo interactúan para conocer qué procesos desarrollan de manera individual y cuáles de modo colectivo. Con el avance de la biología molecular y la incorporación de nuevas herramientas, como la metagenómica, los científicos pueden entender un poco más sobre las comunidades que viven en el suelo.

Ahora bien, ¿qué es la metagenómica? Ariel Amadio, especialista del INTA Rafaela –Santa Fe–, explicó que se trata del estudio de las secuencias del genoma de los diferentes microorganismos que componen una comunidad, extrayendo y analizando su ADN de forma global. “Es la herramienta que nos permite analizar comunidades enteras de microorganismos sin la necesidad de aislados, como ocurría tradicionalmente”, indicó.

A partir del conocimiento del ADN, es posible identificar cuáles son los microorganismos que están presentes en el suelo y, gracias a sus genes, se puede saber qué funciones cumplen. El próximo paso es entender cómo reaccionan frente a las diversas actividades

agropecuarias. “No es difícil imaginar que las prácticas agrícolas son determinantes de la estructura de las comunidades microbianas del suelo”, expresó Amadio quien puso el foco sobre el manejo agrícola adecuado para conservar la diversidad de microorganismos que existe.

Comunidades en suelos patagónicos

El bosque andinopatagónico nativo se extiende en una amplia franja del suroeste de la provincia de Santa Cruz. Allí, en un clima templado-frío, predominan las especies de *Nothofagus pumilio* (lenga) y *Nothofagus antarctica* (ñire). Esta última es utilizada –en un 90 % de la región– como sistemas silvopastoriles –en donde en una misma unidad de superficie coexisten el bosque, el estrato herbáceo y el ganado ovino o vacuno–.

En este ambiente, un equipo de investigadores de la Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz del INTA, en colaboración con la Universidad Nacional de la Patagonia Austral y el CONICET, observan, analizan la actividad de los microorganismos que se encuentran en los suelos de la zona sur de la provincia y evalúan las variaciones que presentan, según los distintos usos del suelo. “Es importante conocer qué comunidades componen el suelo para promover prácticas que tiendan a preservarlas, en un marco de uso sustentable de los bosques nativos”, afirmó Verónica Gargaglione, especialista del área de Investigación Forestal, Agrícola y Manejo del Agua de esa unidad del INTA.

En el sur de la Patagonia el clima es templado-frío. Con una temperatura media anual entre 5,5 y 8 °C, una preci-

pitación media anual de 550 milímetros aproximadamente y vientos intensos (de hasta 100 kilómetros por hora) –principalmente en primavera y verano–, las condiciones ambientales son poco favorables para el desarrollo microbiano y, si bien los microorganismos de la zona están adaptados, pueden ser más susceptibles a los cambios que se producen en el ambiente natural influidos, por ejemplo, por el uso de estos sitios con pastoreo animal.

“Aprender sobre los organismos microscópicos del suelo es fundamental



Verónica Gargaglione.

Laetisaria un hongo en suelos de la Argentina

Descrito por primera vez en 1979, el género *Laetisaria* contiene cuatro especies conocidas y fue identificado en muestras de suelo de Australia, Países Bajos, Estados Unidos, Chile y, ahora, en la Argentina, en donde se registró en muestras de suelo que tenían una historia de 15 años de cultivo continuo de cebolla en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del INTA en la provincia de Buenos Aires.

“Es un género de hongos muy poco estudiado en el mundo, porque es muy difícil de aislar y de conservar”, afirmó Viviana Barrera —especialista en micología del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA) del INTA Castelar— y líder del equipo que alcanzó ese logro en la Argentina.

Laetisaria es un género de hongo nativo que tiene potencial en el marco del control biológico para combatir otros hongos perjudiciales para los cultivos. “Tiene potencial de bioinsumo, es una alternativa al uso de productos de síntesis química”, aseguró la investigadora del INTA.

En el INTA Castelar, el grupo de investigación de Insumos Fúngicos del IMYZA, cuenta con una colección de 12 aislamientos obtenidos de suelos cultivados en rotaciones con cebolla. Estos aislamientos presentan morfología similar al género *Laetisaria* y, gracias a estudios filogenéticos con secuencias rDNA-ITS, se pudieron identificar algunas de las cepas nativas como pertenecientes a *Laetisaria arvalis*. Este trabajo de investigación se realiza con la colaboración de Laura Levin, investigadora del Instituto de Micología y Botánica (Inmibo) del CONICET y de Eliana Melignani, mediante su beca pos doctoral.



Cultivo de cebolla.

por el rol que cumplen en todos los ecosistemas terrestres, debido a que —entre otras cosas— realizan la descomposición de la materia orgánica”, ejemplificó Gargaglione, quien junto con docentes y alumnos de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral se enfocan en el estudio de la biología del suelo en la Patagonia Sur.

“Aprender sobre los organismos microscópicos del suelo es fundamental por el rol que cumplen en todos los ecosistemas terrestres, debido a que —entre otras cosas— realizan la descomposición de la materia orgánica” (Verónica Gargaglione).

La descomposición es un proceso complejo y gradual, en el que pueden influir numerosos factores, como la temperatura y humedad del ambiente, la constitución de la comunidad microbiana y la cantidad y calidad del recurso a degradar. Bacterias, hongos, actinomicetos, meso y macrofauna trabajan al unísono —como una gran orquesta sinfónica— en la fragmentación de la materia orgánica (reducción de tamaño a partículas más pequeñas), lixiviación (salida de materiales solubles por acción del agua) y mineralización (conversión de una forma orgánica a una inorgánica) de los detritos orgánicos.

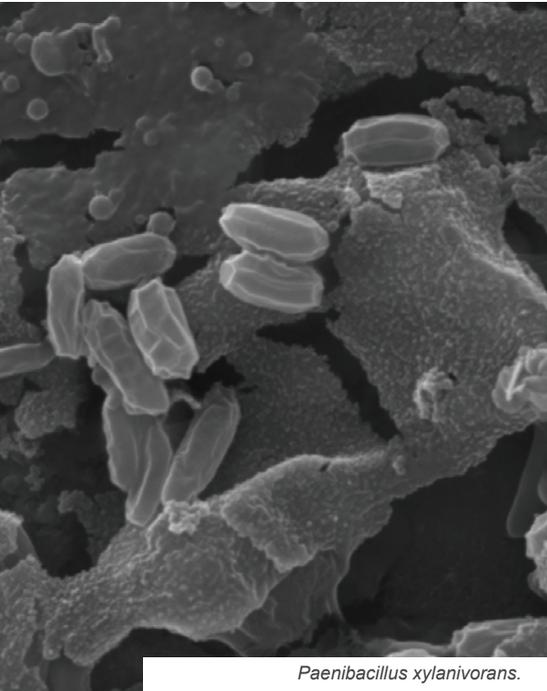
“Este proceso silencioso, que se da bajo el suelo y que solo es posible gracias a las diferentes comunidades de microorganismos que existen, es de vital importancia en todos los sistemas”, señaló Gargaglione quien aseguró: “Permite que los residuos muertos de plantas y animales sean degradados, convertidos en nutrientes y puedan ser nuevamente aprovechados por las plantas”.

Cada ecosistema posee particularidades y está expuesto a condiciones

climáticas que lo afectan de modos diferentes. “En un ecosistema todo se encuentra muy relacionado”, expresó la investigadora del INTA quien advirtió: “Si no hay comunidades de microorganismos que tengan la capacidad para reciclar la materia orgánica y proveer nutrientes a las plantas, a la larga, la fertilidad del suelo cae y esto impacta en la producción de materia vegetal, con la consecuente disminución del alimento disponible para el ganado”.

Gargaglione es pionera en el estudio de los microorganismos que interactúan en el suelo del bosque de ñire en el sur de la Patagonia. “En los primeros trabajos comparamos la biología del suelo del bosque en su estado natural y bajo las posibles modificaciones que tendrían al ser utilizados como sistemas silvopastoriles con pastoreo de ovejas o vacas”, explicó y añadió: “Para determinar la influencia de la ganadería, observamos los microorganismos del suelo en sitios con distintas cargas de pastoreo (alta y baja)”.

Según resultados preliminares, no se encontraron diferencias significativas en



Paenibacillus xylanivorans.



Eleonora Campos.

la cantidad de microorganismos presentes en el bosque primario y en el bosque bajo uso silvopastoril, aunque “es importante destacar que el bosque bajo uso silvopastoril presentó una menor cantidad de biomasa microbiana que el primario”, explicó Gargaglione quien detalló: “Esta disminución correspondió a un 24 % menos en primavera y a un 34 % menos para el verano”.

Los microorganismos del suelo son considerados un indicador sensible ante cambios en la fertilidad del suelo. Por esto, es importante monitorearlos para detectar a tiempo cambios que indiquen una degradación en el ecosistema.

Hoy en día, investigadores del INTA avanzan en conocer el estado actual de la biología del suelo de estos bosques nativos en el sur de la Patagonia, pero “es importante continuar el seguimiento para evaluar si existen tendencias positivas o negativas en cuanto a su continuidad en el tiempo”, manifestó Gargaglione.

Hongos como bioinsumos

En el suelo, los hongos tienen un importante rol debido a sus funciones ecológicas —como descomponedores de materia orgánica— y, también, por las propiedades fitopatogénicas de algunas especies. En los últimos años, el control biológico de plagas y enfermedades sur-

ge como alternativa al uso de productos de síntesis química. En este sentido, el desarrollo de un bioinsumo no solo implica conocer las características del ambiente, de los cultivos, las interacciones biológicas y comprender los ciclos productivos, sino que, además, su uso evita que se elimine la flora benéfica que habita en el suelo.

Así, gracias a la incorporación de controladores naturales se logra disminuir y hasta anular —en algunos casos— el impacto de las plagas y enfermedades en las plantas y en los suelos. “Si bien esta estrategia no es una técnica innovadora ni moderna, se trata de una alternativa beneficiosa y en auge que permite reducir el uso de insumos químicos y reducir, así, el impacto en el ambiente”, analizó Viviana Barrera —especialista en micología del Instituto de Microbiología y Zootología Agrícola (IMyZA) del INTA Castellar—.

De acuerdo con Barrera, “se pueden seleccionar las cepas de microorganismos más eficientes para combatir ciertas enfermedades en vegetales, o bien combinarlas con otras cepas. A su vez, se las puede complementar con estrategias como la solarización, enmiendas o rotaciones”.

El desarrollo del primer fungicida biológico del país que se aplica de forma directa sobre semillas y controla más del 40 % de los hongos del suelo que afec-

tan al trigo y otros cereales, es un buen ejemplo. Desarrollado por un equipo de investigadores del INTA junto con la empresa argentina Rizobacter, “Rizoderma es un bioinsumo que limita el daño que ocasionan los organismos fitopatógenos en el cultivo y evita que se elimine la flora benéfica del suelo”, explicó Barrera.

Asimismo, el INTA avanza con investigaciones vinculadas al uso de los hongos micorrícicos para el manejo de la podredumbre carbonosa y la muerte súbita de la soja, ambas enfermedades causadas por hongos del suelo.

“La ventaja de emplear un producto biológico es que contribuye a restaurar el equilibrio del suelo”, dijo Barrera quien aclaró que la función de este nuevo producto no es destruir al patógeno por completo, sino limitar el daño que ocasionan los organismos fitopatógenos en el cultivo. De ese modo, con esta aplicación, “es posible obtener una mayor emergencia de plantas ya que, normalmente, cuando los patógenos atacan en el estado de semilla, se observa una disminución del *stand* de plantas”, indicó.

Más información: Eleonora Campos campos.eleonora@inta.gov.ar; Ariel Amadio amadio.ariel@inta.gov.ar; Verónica Gargaglione gargaglione.veronica@inta.gov.ar; Viviana Barrera barrera.viviana@inta.gov.ar