

Nutrición Microbiología

MICROBIOLOGÍA

Movilizar las bacterias y los hongos del suelo en provecho de las plantas cultivadas supone una alternativa prometedora al uso intensivo de abonos y plaguicidas

Richard Conniff



TOMATES FRESCOS DE UN TENDERETE A PIE de carretera; cortados en rodajas y aliñados con una pizca de sal y pimienta y unas gotas de aceite de oliva, todo un placer veraniego. ¿Será esta una costumbre abocada a la desaparición? Posiblemente, sí.

Casi todos los años de la pasada década, los responsables de salud pública de la costa oriental de Estados Unidos han seguido el rastro de tres o cuatro brotes de salmonelosis cuyo origen se halló en los tomates locales. Los brotes suelen ser pequeños y afectan a entre 10 y 100 personas, pero en ancianos y niños la intoxicación puede acarrear la hospitalización e incluso la muerte.

Hace unos años, Eric Brown, director de microbiología del Centro de Seguridad Alimentaria y Nutrición Aplicada de la Agencia Federal de Fármacos y Alimentos de EE.UU. (FDA), comenzó a preguntarse por qué el fenómeno afectaba solo a la costa este. La salmonela probablemente llega a los tomates a través de las heces de gaviotas, tortugas, aves de corral y otros animales. ¿Por qué entonces no están contaminados también los tomates de la costa occidental?

La respuesta a esa pregunta la da un examen minucioso del microbioma, la comunidad de bacterias, hongos y virus que viven en íntimo contacto con las plantas. Mientras en la costa occidental los tomates conviven con bacterias del suelo que inhiben y destruyen la salmonela, en la oriental, aunque se han hallado cepas semejantes, existen en menor cuantía. Por ello, en un estudio piloto llevado a cabo en el estado de Virginia, la FDA ha cultivado una de estas bacterias indígenas, *Paenibacillus*, para pulverizarla después sobre tomateras jóvenes. Ha obtenido el mismo resultado: acabar con la salmonela. Brown espera que los cultivadores de tomate puedan utilizar este método a escala comercial en 2014 o 2015.

Añadir bacterias a un cultivo para prevenir una enfermedad humana supone el inicio de un camino inédito en el campo de la seguridad alimentaria. Podría extenderse a melones, espinacas, coles de Bruselas y otros cultivos que han acaparado titulares por causar brotes de *Salmonella* o *Escherichia coli*. El proyecto del tomate forma parte de un cambio más profundo en el cultivo de alimentos, basado en los nuevos conocimientos sobre la microbiota del suelo y las múltiples formas de dependencia entre microorganismos y plantas.

Podría tratarse de la antítesis de la revolución verde, que a mediados del siglo xx multiplicó la productividad agrícola con el



aporte masivo de fertilizantes, plaguicidas y agua. La revolución microbiana, en cambio, pretende aprovechar lo que ya existe: hasta 40.000 microorganismos en cada gramo de suelo. Hasta hace poco apenas se conocía esta comunidad —que podría ser bautizada como «agrobioma»—. Pero en la última década, la secuenciación de ADN de bajo coste y otras técnicas han ayudado a desvelar el mundo secreto de los microbios [véase «La vida bajo nuestros pies», por Janet K. Jansson y James I. Prosser; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, agosto de 2013]. Los botánicos pueden identificar ahora todos los miembros de la comunidad microbiana asociada a una planta. Y, al hacerlo, han comenzado a entender cómo se comportan las diversas especies en distintas estaciones o tipos de suelo, y han empezado a diseñar formas de manipularlas para promover el crecimiento vegetal.

Los edafólogos tienen que desentrañar tanta información nueva que Andrea Ottesen, el microbiólogo de la FDA que resolvió el caso de los tomates contaminados con salmonela, lo describe con un suspiro como una tarea descomunal. Pero poner en orden esa copiosa información para facilitar la labor de los agricultores parece apremiante a tenor de los enormes desafíos que afronta la agricultura: escasez de agua, episodios meteorológicos catastróficos e impredecibles (como la sequía del pasado verano que devastó el cinturón del maíz de EE.UU.), temores sobre la sostenibilidad de los abonos nitrogenados fabricados con combustibles fósiles y, por si no bastara, la perspectiva de dos mil millones de bocas más que alimentar a mediados de siglo.

Las nuevas investigaciones señalan a los microorganismos como una alternativa a los actuales métodos agrícolas y a la ingeniería genética que mitigaría algunos de esos problemas. Por ejemplo, los girasoles y otras plantas producen de forma natural el azúcar trehalosa, que contribuye a estabilizar las membranas de la célula vegetal y reduce el daño causado por los ciclos de desecación y rehidratación. Mediante ingeniería genética se han obtenido vegetales que sintetizan esa sustancia, como el maíz y las patatas. Pero Gabriel Iturriaga, del Centro de Investigación en Biotecnología de la Universidad Autónoma del Estado de México, espera tratar los cultivos sin necesidad de modificarlos genéticamente: para ello recurrirá a una bacteria productora de trehalosa, *Rhizobium etli*, que coloniza el entorno de las raíces (rizosfera) de las habas. Un primer experimento con una versión transgénica de la bacteria aumentó un 50 por ciento la cosecha en condiciones normales y salvó la mitad de ella en una sequía.

Los métodos microbianos también ofrecen a los agricultores una mayor flexibilidad. Uno de los inconvenientes de las plantas modificadas genéticamente para resistir la sequía es su escasa productividad en los años de lluvias abundantes. Por esa razón, los labradores intentan predecir el tiempo antes de escoger las semillas para la próxima siembra. Un cóctel de microorganismos que facilitara la adaptación de la planta a un cambio brusco en las condiciones de crecimiento resultaría de gran ayuda.

Russell Rodríguez y Regina Redman, de Adaptive Symbiotic Technologies, en Seattle, han estado trabajando con una micorriza

Richard Conniff es escritor especializado en comportamiento humano y animal. Su último libro publicado es *The species seekers: Heroes, fools, and the mad pursuit of life on earth* (W. W. Norton, 2010).



que parece incrementar la tolerancia de los cultivos convencionales de arroz y maíz a la salinidad, la sequía y el calor y frío intensos. El hongo habita en las raíces de la hierba *Dichanthium lanuginosum*, que soporta hasta 70 °C de temperatura en los suelos cercanos a las fuentes termales del Parque Nacional de Yellowstone. Esta gramínea resiste las altas temperaturas solo si está colonizada por el hongo y si este está infectado a su vez por un virus que actúa como un interruptor de la tolerancia al calor. Este descubrimiento ha desatado la búsqueda de micorrizas en ambientes inhóspitos, desde las dunas hasta los escarpes de alta montaña. Según Rodríguez, el propósito es conseguir una mezcla que mejore el rendimiento entre un 10 y un 15 por ciento en un abanico de condiciones cada vez más impredecible.

LA GUERRA DEL FOSFATO

Otros investigadores están retocando el agrobioma para facilitar el suministro de nutrientes esenciales a las plantas. Los agricultores saben desde hace siglos que las habas, los guisantes y otras leguminosas poseen un poder casi mágico para fertilizar el suelo. Y hace más de cien años los científicos descubrieron que los responsables de la absorción del nitrógeno atmosférico no son las plantas, sino las bacterias que colonizan sus raíces en el interior de nódulos.

Las plantas también requieren fosfato, un mineral sumamente escaso en los suelos de numerosos países tropicales. Los agricultores de los países en desarrollo suelen depender del mercado internacional de abonos fosfatados. En los años 2007 y 2008 el precio del fosfato y de otros fertilizantes experimentó un fuerte incremento, lo que contribuyó a desatar disturbios por el alza de los alimentos desde México hasta Bangladés. En algunos países los labradores han renunciado a utilizar el fosfato como abono y se exponen a sufrir una hambruna.

Sin embargo, desde hace décadas se conoce un remedio potencial a esa situación. Ciertos microbios del suelo, los hongos micorrícicos arbusculares, forman esporas y filamentos alrededor de las raíces que facilitan la absorción de fosfato. Pero hasta ahora no ha habido forma de producir en masa y esparcir el hongo con facilidad. El suelo enriquecido con las esporas puede acarrear de un país a otro, pero se desconoce el impacto ambiental generado por la introducción de hongos foráneos. Y las esporas suelen hallarse tan dispersas que el agricultor que quiera sembrar una planta como la mandioca tendría que verter una tonelada métrica de suelo enriquecido por cada hectárea cultivada.

EN SÍNTESIS

Los microorganismos que habitan el suelo y colonizan los cultivos no solo causan enfermedades humanas. En ciertos casos hacen todo lo contrario, pues actúan como centinelas de la seguridad alimentaria y ofrecen una sólida alternativa ecológica al uso masivo de abonos y plaguicidas.

La diseminación de bacterias en los cultivos formó parte de la estrategia en un estudio realizado en Virginia en el que se fumigó plántulas de tomate con ciertas bacterias del suelo que destruyen la salmonela. Se espera que esta estrategia prevenga los brotes de intoxicaciones alimentarias que cada año provocan los tomates crudos en la costa este de EE.UU.

La aplicación de hongos a plantas de mandioca, un proyecto impulsado por investigadores colombianos, favorece la absorción del fosfato por las raíces sin recurrir a abonos caros, una gran ayuda en los países tropicales, con suelos muy empobrecidos en nutrientes.

Con la ayuda de nuevas técnicas, algunas empresas han logrado por fin producir en masa los hongos y comercializarlos en un gel concentrado. Ahora el agricultor puede tratar una hectárea con el contenido de una botella de refresco. Equipos de investigación recolectan cepas autóctonas de hongos, seleccionan las que parecen mejores y las entregan al fabricante para que inicie la producción. Ian R. Sanders, de la Universidad de Lausanne, y Alia Rodríguez, de la Universidad Nacional de Colombia, emprendieron el año pasado estudios de campo con la mandioca, un tubérculo que forma parte de la alimentación básica en numerosos países en desarrollo.

A pie de campo, el campesino diluye el gel en un cubo de agua y durante unos segundos sumerge en él un saco de arpillera con esquejes de mandioca antes de plantarlos. En el primer período de pruebas, el tratamiento redujo a la mitad el uso de fosfato y mejoró el rendimiento un 20 por ciento. Sanders y Rodríguez están combinando múltiples cepas de hongos con las tres o cuatro variedades de mandioca más comunes. También están experimentando con las cepas en África y, de tener éxito, ampliarán el programa a media docena de países de ese continente, donde los agricultores de subsistencia podrán beneficiarse de la técnica.

Otra estrategia prometedora para la simbiosis agrícola implica el estudio de las señales químicas que los microorganismos intercambian para comunicarse. La escucha de esta conversación cotidiana permite identificar las bacterias más aptas para suministrar nutrientes a las plantas o descubrir debilidades de los patógenos. Tal estrategia ha permitido hallar un arma potencial contra *Xylella fastidiosa*, la bacteria responsable de la enfermedad de Pierce, que está causando estragos en las vides de California. El patógeno permanece latente en el insecto vector (la chicharrita *Homalodisca vitripennis*, un cicadélido) hasta que este se alimenta de la vid. Despierta en el interior de la cepa, pero después vuelve a caer en latencia cuando se acerca el momento de ser succionada por otro insecto similar.

«En pocas palabras, el estilo de vida que adopta *X. fastidiosa* para ser transmitida por el insecto es incompatible con su capacidad de proliferar en la planta», explica Steve Lindow, de la Universidad de California en Berkeley. El investigador tomó genes de la bacteria que esta emplea para entrar en latencia y los introdujo en el genoma de la vid. Cuando *Xylela* penetra en la planta, los transgenes de esta incitan a la bacteria a comportarse como si estuviera a punto de ser succionada por el insecto, lo que la hace inofensiva.

PROMESAS INCUMPLIDAS

Hasta ahora los nuevos métodos microbianos no han rendido los frutos esperados en el campo, en parte por la falta de financiación para convertir la investigación básica en aplicaciones prácticas. Los biólogos moleculares no se sienten inclinados a trasladar sus conocimientos a los agricultores. «Es la historia de dos mundos», afirma Ken Giller, de la Universidad de Wageningen, quien trabaja en África para mejorar el uso de las rizobacterias en las leguminosas fijadoras de nitrógeno. Según él, el estudio molecular de la genética de la fijación del nitrógeno ofrece un ejemplo fascinante. Mientras, los agricultores siguen tratando sus plantas con cepas bacterianas obtenidas hace treinta años. «Ello sucede en gran parte porque los científicos están obsesionados con hallar el siguiente mínimo detalle», opina Giller. Numerosos descubrimientos interesantes permanecen en el tintero y no se materializan en aplicaciones.

Muchos productos que han llegado a los campos de labranza resultan ineficaces porque no han sido probados correctamente



EXAMINANDO LA MANDIOCA: Una estudiante de Colombia inspecciona una planta tratada con un gel cargado de hongos que favorece la absorción de fosfato, un nutriente esencial.

o han sido fabricados sin cuidado, tal vez con intenciones fraudulentas. El Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) de Nigeria ha analizado 106 productos agrícolas, la mayoría de ellos microbianos. Todos menos cinco fracasaron porque no contenían el componente activo indicado en la etiqueta, presentaban una cantidad insuficiente de él o habían resultado ineficaces en los ensayos en invernadero y en el campo.

Una gran parte de los productos defectuosos proceden de Europa, Estados Unidos y Japón. En lugar de enfrentarse a los fabricantes, el IITA está instruyendo a los organismos reguladores de los países consumidores para que lleven a cabo sus propios controles de calidad. El instituto está elaborando un sello de garantía para que los compradores reconozcan los productos que cumplen unos estándares de calidad razonables.

Lograr que los agricultores entiendan las nuevas reglas del agrobioma va a resultar sumamente complicado, aunque también muy estimulante, opina Ann Reid, directora de la Academia estadounidense de Microbiología. Significa convencerlos de que su trabajo no es una mera cuestión de insumos y productos: un poco de agua por aquí, un poco de plaguicida por allá. Supone fomentar uno de los objetivos que la agricultura ha tenido siempre, la colaboración con la vasta comunidad microbiana del suelo. Si los agricultores y los científicos unidos culminan con éxito esta empresa, estaremos más cerca de poder alimentar a un mundo hambriento.

PARA SABER MÁS

Trehalose accumulation in *Azospirillum brasilense* improves drought tolerance and biomass in maize plants. Julieta Rodríguez Salazar et al. en *FEMS Microbiology Letters*, vol. 296, n.º 1, págs. 52-59, julio de 2009.

Microbes helping to improve crop productivity. Ann Reid en *Microbe Magazine*, vol. 6, n.º 10, octubre de 2011. <http://bit.ly/1aLQBDX>