



CONFERENCIAS INAUGURALES

Desde 2007 aportando conocimientos para la sustentabilidad agrícola en el ámbito bonaerense

Susana M. Carletti

Microbiología Agrícola. Depto. Ciencias Básicas. Universidad Nacional de Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Con conocimiento que varios microbiólogos de suelo expertos visitarían Argentina, surgió la idea de organizar una reunión para convocarlos a difundir en el ámbito universitario los adelantos en sus investigaciones. Fue así que en marzo de 2007 se desarrollaron en la Sede Central de la Universidad Nacional de Luján (UNLu) las *“Primeras Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos para una Agricultura Sustentable”*. El espíritu de esa reunión fue la actualización de los conocimientos de Microbiología Agrícola en un ambiente de mutuo intercambio entre profesionales e investigadores del área. Esos prestigiosos investigadores extranjeros y otros argentinos brindaron conferencias plenarias e integraron una mesa redonda de discusión y nuevas propuestas en un área de vital importancia para la agricultura sustentable.

Gracias al éxito del evento surgió la propuesta de realización de Jornadas similares con continuidad cada dos años en el ámbito de las Universidades de la provincia de Buenos Aires. De la misma forma se realizaron las II en Azul (2009), las III en Pergamino (2011), las IV en Balcarce (2014) y las V en La Plata. Cada una con su lema pero siempre con la propuesta en forma de disertaciones y foros de discusión acerca del apasionante mundo de los microorganismos beneficiosos y su empleo como bioinsumos en pos de la sustentabilidad agrícola.

Todas las Jornadas contaron con el auspicio de diversas instituciones. Asimismo participaron diferentes empresas que apoyaron económicamente la realización de las reuniones. En todos los casos asistieron entre 100 y 150 profesionales y alumnos de grado y posgrado provenientes de universidades, profesionales del medio productivo y de empresas afines, e investigadores vinculados a la temática.

Se realizaron muestras dinámicas abarcando temas asociados a prácticas agrícolas. En la UNLu tuvimos oportunidad de observar el proceso de tratamiento de semillas con inoculantes y las máquinas para su realización. En Balcarce se mostró un perfil de suelo, ensayos de soja y maíz en parcelas de campo, biofertilización en cultivos hortícolas y una demostración de aeromodelismo y drones con aplicación de uso agrícola.



Descontamos el éxito de estas Jornadas Bonaerenses que llegan a Lomas de Zamora para su VI edición y esperamos que se sigan realizando en otras Universidades de la provincia de Buenos Aires en los años venideros.



Abordajes y perspectivas de las JOBMAS, para producir dejando menos huellas

María Flavia Luna

CINDEFI, CCT-La Plata, CONICET, UNLP; CIC-PBA

Las Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos para una Agricultura Sustentable se realizaron por primera vez en Luján en 2007 por iniciativa de la Dra. Susana Carletti, con el objetivo de acercar la investigación académica, la industria de inoculantes y los productores agrícolas a un foro común de discusión y presentación de nuevas tecnologías y sus potenciales aplicaciones, como así también de las necesidades emergentes en el sector productivo. Gracias al éxito de estas primeras Jornadas, se decidió darle continuidad, y es así que se llevaron a cabo nuevamente en Azul (2009), Pergamino (2011) y Balcarce (2014), llegando en 2016 a La Plata para su quinta edición, V JOBMAS, a cargo del Dr. Anibal Lodeiro y la Dra. Flavia Luna, autora de este resumen. Desde las primeras JOBMAS, las disertaciones estuvieron principalmente relacionadas a la interacción rizobio-leguminosa, ya que desde comienzos del siglo pasado se desarrolló y se produjo en Argentina un insumo biológico constituido por bacterias fijadoras nitrógeno simbióticas denominado inoculante que se aplica a las semillas desde ese entonces a la actualidad en el cultivo de leguminosas y en el caso de nuestro país es de gran impacto su empleo en soja. Luego, se incorporaron temáticas en relación a otros microorganismos que no sólo tenían la capacidad de fijar nitrógeno, sino también de aumentar la biodisponibilidad de fósforo, producir fitohormonas, antagonizar el efecto de fitopatógenos, entre otros, agrupados con el nombre de Plant Growth Promoting Microorganisms (PGPM). Posteriormente el panorama se amplió y se comenzó a hablar acerca del desarrollo y uso de bioinsumos para su uso como biofertilizantes, biocontroladores, o bioestimulantes, que según el Comité Asesor en Bioinsumos de Uso Agropecuario (CABUA), creado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (Resol. SAGyP 7/2013), los bioinsumos agropecuarios se definen como todo aquel producto biológico que consista o haya sido producido por micro/macro organismos, artrópodos o extractos de plantas, y que estén destinados a ser aplicados como insumo en la producción agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética y en el saneamiento ambiental. De esta manera se fueron desarrollando temáticas sobre los avances en conocimientos de los PGPM y la experiencia de su uso como bioinsumos en diferentes cultivos extensivos. Por otro lado, y siendo La Plata una zona eminentemente hortícola, en las V JOBMAS se decidió dar una fuerte impronta a la investigación, desarrollo y potencialidad de los bioinsumos en el sector de los cultivos intensivos incluyendo presentaciones de profesionales del INTA-AMBA así como investigadores de la Universidad de Luján, de Mar del Plata y de La Plata dedicados al estudio y desarrollo de bioinsumos para este sector. Al respecto, hemos concluido que aún son escasas las investigaciones y el desarrollo de esta tecnología para los cultivos hortícolas, habiendo una inadecuada difusión de sus ventajas y una oferta de inoculantes inapropiados para el mercado hortícola. Por otro lado, entendiendo que no



sólo es beneficioso el estudio y la aplicación de bioinsumos que ayuden al resto de los organismos del suelo a mejorar el desarrollo de los cultivos y disminuir el uso de agroquímicos, sino que también es indispensable el conocimiento de las comunidades bióticas del suelo y sus interacciones, se fueron desarrollando temáticas relacionadas a la importancia de los microorganismos de suelo sobre la sustentabilidad y productividad de los cultivos, comprendiendo que escaso el conocimiento del conjunto de microorganismos que habitan el suelo, es decir, su microbioma. Finalmente, como temática también a resaltar en las V JOBMAS, se incorporó el estudio de PGPM endófitos que integran el microbioma de las plantas, contribuyendo así al conocimiento de aspectos básicos de las interacciones entre plantas y microorganismos.

Independientemente del enfoque particular de cada JOBMAS, podemos decir que tenemos el objetivo común de realizar una *“Producción agrícola a través del manejo y uso de microorganismos para que otros nos puedan seguir dejando menos huellas”*.



Los nuevos paradigmas de la microbiología agrícola y manejo de microbiomas del suelo

Luis G. Wall

CONICET-Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.

El desarrollo del conocimiento científico y la creciente conciencia ambiental de la humanidad están cambiando el paradigma de la agricultura de un modelo químico a uno biológico. El suelo no es sólo un soporte físico y químico para el cultivo de plantas. El suelo es un complejo sistema vivo en el que se desarrollan los cultivos. Durante los últimos años, hemos estudiado los efectos del manejo del suelo sobre las propiedades biológicas, desde el ADN hasta las lombrices, buscando integrar los conocimientos de la bioquímica del suelo, la microbiología, la fauna y la física del suelo. El objetivo final es contribuir a lograr construir un nuevo modelo que explique la relación estructura-función en el suelo y que dicho modelo permita tomar decisiones al productor agrícola y a los actores involucrados en el uso del suelo en nuestro país. Podemos decir que al menos distinguimos dos elementos del manejo agrícola con importantes efectos sobre la biología del suelo: los efectos mecánicos de labranza y los efectos fisiológicos de los cultivos. Hemos analizado los efectos de los cultivos sobre la microbiología del suelo en un grupo de ensayos impulsados por la Regional Pergamino-Colón de AAPRESID, que compara los efectos de la diversificación y la intensificación de la rotación de cultivos en las características del suelo y el rendimiento de los cultivos. A partir de un lote con una única historia agrícola en siembra directa, se plantearon 5 tratamientos diferentes con diferentes índices de intensificación de rotación de cultivos (IIR) -calculados como: días del año con plantas/365 días, desde 0,55 para rotación de cultivos típica (Trigo/Soja-Maíz-Soja) a 1 en el caso de una pastura consociada y con intensificaciones intermedias con el uso de cultivos de cobertura y cultivos de invierno. Los tratamientos se replicaron en 3 establecimientos de la región noreste bonaerense. Se analizaron perfiles enzimáticos del suelo, perfiles de ácidos grasos de lípidos totales del suelo, diversidad bacteriana por perfiles genéticos del suelo, abundancia de meso-, macrofauna -analizando diferentes grupos taxonómicos- y proporción de microagregados del suelo. Después de tres años de tratamiento, no se habían encontrado diferencias significativas en los parámetros químicos y físicos de la calidad del suelo. Por el contrario, todos los datos biológicos y bioquímicos fueron capaces de discriminar entre los tratamientos del suelo. Algunas actividades biológicas muestran una buena correlación con IIR, lo que sugiere la potencialidad de esos parámetros biológicos/bioquímicos como variables de índices de salud del suelo. Los microbiomas del suelo definidos por las proporciones de los grandes grupos taxonómicos de bacterias mostraron variaciones de acuerdo a la variación del índice de intensificación de las rotaciones. Algunos grupos como las Actinobacterias tienden a disminuir



mientras que el grupo de los Bacteroidetes tienden a aumentar. Estos resultados muestran que es posible manejar y modificar los microbiomas del suelo con herramientas de manejo agronómico. En su conjunto, los datos muestran el valor de los análisis bioquímicos y biológicos del suelo para monitorear las prácticas de manejo y encontrar aquellas que conjugan la búsqueda de una mayor productividad con un uso sustentable, de bajo impacto ambiental, del recurso suelo.



Explorando la microbiota en búsqueda de insumos bioenergéticos

Daniel Grasso

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Suelos-Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.

Nuestra gran dependencia de los combustibles fósiles posee enormes riesgos para la sobrevivencia de la sociedad tal como la conocemos hoy. El primero es el agotamiento de las reservas con las consecuencias que conlleva en cuanto al impacto en el costo y disponibilidad de la energía. El otro aspecto es el cambio climático global causado por el incremento neto del CO₂ debido a la combustión de los combustibles fósiles.

Nuestro consumo de combustibles fósiles aumentará un 60 % en los próximos 25 años a menos que los reemplacemos. Estamos en una crisis energética provocada por años de abandono de las fuentes de energía alternativas. Hay muchas soluciones posibles y varias de esas hacen uso de los microorganismos.

El bioetanol obtenido a partir de biomasa lignocelulósica es un combustible que posee claras ventajas ambientales (reducción de emisión de CO₂ en más del 90 %). A su vez al igual que el etanol de 1^a generación puede emplearse directamente como combustible para el transporte sin requerir grandes modificaciones en la red de distribución o en los motores. La eficiencia de la etapa de sacarificación es clave para lograr la optimización del proceso, y la diversidad de enzimas utilizadas es un aspecto esencial. No existe un coctel universal. Esto hace que la búsqueda de enzimas de utilidad para la transformación de biomasa en biocombustibles sea un área de investigación y desarrollo de permanente interés. Las enzimas celulolíticas se encuentran ampliamente distribuidas. Los organismos celulolíticos se encuentran en ambientes tan disímiles como los suelos, el estómago de rumiantes e insectos. Estos organismos pueden ser bacterias, hongos o eucariotas superiores. En la presente charla se muestra a modo de ejemplo el desarrollo del trabajo realizado en la obtención de enzimas empleando diversas herramientas (microbiológicas bioquímica, biología molecular, genómica, metagenómica) para lograr identificar, aislar, expresar y caracterizar bioquímicamente enzimas con potencial aplicación en un proceso de obtención de etanol lignocelulósico.



Sensibilidad de parámetros microbiológicos como indicadores de calidad de suelo: su contribución al monitoreo del manejo sustentable

Silvia Toresani

Microbiología Agrícola, Fac. Cs. Agrarias, UNR, Argentina.

El empleo de prácticas de manejo inadecuadas ha acelerado los procesos de degradación en diferentes zonas del planeta, afectando la calidad de los suelos. La calidad del suelo, establecida por la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo es *la capacidad funcional de un determinado tipo de suelo que permita mantener la productividad vegetal y animal, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire, sostener la salud humana, con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo* (SAG, 2005). La misma puede cambiar en el corto y mediano plazo como consecuencia de las características del suelo, las condiciones ambientales y el uso del suelo. Es un desafío la búsqueda e identificación de indicadores sensibles asociados a las propiedades edáficas (físicas, químicas y biológicas) que permitan monitorear de manera eficaz los cambios que se puedan producir. Los indicadores biológicos pueden constituirse en una señal temprana de mejora o advertencia de los cambios en la calidad del suelo, incluso antes que las propiedades físicas y químicas. En proyectos de investigación del equipo de trabajo de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR, constituido por docentes, investigadores y ayudantes alumnos de Microbiología Agrícola y Edafología se monitorearon indicadores microbiológicos en ensayos de larga duración de las EEA INTA Marcos Juárez, Oliveros, Pergamino y Rafaela con diferentes sistemas de labranza (labranza convencional, siembra directa, escarificado) rotaciones agrícolas (soja, maíz, trigo) con y sin cultivos de cobertura (trigo, avena y vicia), rotaciones agrícola-ganaderas (4 años de rotaciones agrícolas, seguidas por 4 años de pasturas perennes) y ensayos con diferentes índices de intensificación agrícola sustentable. Se evaluaron: carbono de la biomasa microbiana, actividad enzimática (fosfatasa ácida, deshidrogenasa, betaglucosidasa, arilsulfatasa, ureasa, hidrólisis del diacetato de fluoresceína -FDA), índice de Shannon-H, y como parámetro químico carbono orgánico total. En todos los casos se utilizó un suelo de referencia, con bajo impacto antropogénico. En todas las situaciones, las variables microbiológicas permitieron destacar la actividad de mayor aporte al uso sustentable del suelo al mostrar los valores más cercanos a los de la situación de referencia, destacándose la respuesta a la inclusión de los cultivos de cobertura en la rotación, en los 3 ensayos estudiados, siendo la actividad de la enzima fosfatasa la que detectó más rápidamente los cambios en los sistemas de cultivo, mostrando valores más altos al aumentar la participación de gramíneas, en los ensayos de intensificación agrícola con respecto al monocultivo de soja. En la rotación agrícola-ganadera, se detectaron incrementos en las variables al pasar del ciclo agrícola al pastoril. El carbono de la biomasa microbiana resultó un indicador sensible y con buena correlación con las actividades enzimáticas y carbono orgánico total, pero menos estable en función del tiempo que fosfatasa. Lo mismo sucede con FDA, que refleja menor impacto por ejemplo a la inclusión de los cultivos de cobertura y a la intensificación agrícola. Los

Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 6 (2) 2019



indicadores microbiológicos permitieron diferenciar entre labranza convencional y siembra directa, pero no resultaron sensibles para diferenciar situaciones en las cuales se había aplicado escarificador para descompactar el suelo. En el ensayo de intensificación agrícola sustentable (INTA Oliveros), al finalizar el tercer ciclo completo de las secuencias de cultivo en rotaciones, se aplicaron indicadores moleculares para evaluar el impacto en la diversidad microbiana del suelo. El índice de Shannon-H mostró diferencias significativas entre tratamientos, presentando las rotaciones un mayor valor con respecto al monocultivo de soja. Se observó un incremento del 30 % en el patrón de bandas del gel de las rotaciones con gramíneas, en bacterias totales.



El IICA y la CIAO: Apoyo institucional a la producción sustentable en las Américas

Juan Manuel Gámez

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) - Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica (CIAO), Argentina.

El IICA es un organismo especializado del Sistema Interamericano, perteneciente a la Organización de los Estados Americanos (OEA), con sede central en Costa Rica y Representaciones en 34 Estados. Sus fines son estimular, promover y apoyar los esfuerzos de sus Estados Miembros para lograr el desarrollo sostenible de la agricultura y el bienestar de las poblaciones rurales. La Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica (CIAO) es una instancia técnica creada en Julio del 2008 por los Ministros de Agricultura de América a través del Comité Ejecutivo del IICA, con el fin de contribuir al desarrollo de la actividad orgánica en los países de las Américas y facilitar el comercio de sus productos. Las contribuciones de la Agricultura Orgánica (AO) al desarrollo de los sectores agropecuarios se asocian a la producción sostenible de alimentos, a la generación de ingresos, a la seguridad alimentaria y el mejoramiento de la calidad de vida de los productores que se dedican a esta actividad, los cuales en gran proporción están ligados a la agricultura familiar. También se reconocen contribuciones innegables a la conservación de los recursos naturales, a la biodiversidad y a la mitigación del cambio climático, entre otras, las cuales son parte inherente de esta forma de producción.

De los 181 países con registros sobre AO certificada surge que hubo 69,8 millones de hectáreas de AO (1,4 % del total de tierras agropecuarias), incluyendo tierras en transición en 2017 (últimos datos actualizados a nivel global, informe FiBL-IFOAM, 2019). Esto es, 12 millones de hectáreas más en comparación con el año anterior. Se estima que en esta actividad participan 2,9 millones de productores, de los cuales alrededor del 80% se encuentran en países en vías de desarrollo en Asia, África y América Latina y el Caribe (ALC). Mientras tanto los mercados domésticos más grandes se hallan en los EEUU y Europa, superando entre ambos el 90% de las ventas globales, que generaron durante 2017 un volumen de negocios de casi 97.000 millones de dólares.

Los países del continente americano poseen 10,05 millones de hectáreas de AO, lo que representa 16 % del total global. ALC representan 8 millones de hectáreas, mientras que los EEUU y Canadá poseen 3,2 millones. Los países adscritos a la CIAO representan el 88 % de la superficie destinada a la AO en ALC, alcanzando más del 14,3 % de dicha superficie a nivel mundial. Por otro lado, se estiman en unos 475.000 los productores orgánicos del hemisferio americano, lo que representa el 17 % del total de productores a nivel mundial. De estos, el 16 % del total están ubicados en ALC y el 1 % restante en los EEUU y Canadá.



La tendencia en el incremento de la superficie a nivel mundial se mantiene consolidada desde fines de la década de los noventa, cuadruplicándose la superficie desde 1999 a 2017. Aún más acentuado fue el incremento del número de productores, que pasó de aproximadamente 200 000 a 2,8 millones.

Se estima que durante 2017 se generaron 97.000 millones de dólares (*Ecovia Intelligence 2018*) en términos de ventas domésticas (o 92.000 millones de Euros, según el informe de FiBI-IFOAM), con un incremento firme año a año por sobre el 10 %. El mercado de los Estados Unidos es el de mayor volumen, con casi 40.000 millones de euros (o 43.200 millones de dólares según Organic Monitor), representando el 43 % del total global. Es seguido por el mercado europeo con 37.700 millones de euros (41%). El ranking lo completa China con el 8%, y Canadá con el 3 %. El mercado de ALyC es aún incipiente llegando a un 0,9 % del total global.

El mercado doméstico de ALC es aún incipiente y, si bien hay en la actualidad mayor conciencia por la producción sostenible y saludable, la región conserva un fuerte perfil como abastecedora de los mercados más desarrollados. La excepción en la región es Brasil, el cual tiene un marcado perfil de desarrollo del mercado interno como contribución a la seguridad alimentaria y a la agricultura familiar.



Producción Orgánica y Microbiota Edáfica. Sinergia al servicio de la producción sustentable

Mariano Lattari

Dirección Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), Argentina.

La Producción Orgánica se basa en 4 principios fundamentales (SALUD, ECOLOGÍA, EQUIDAD y PRECAUCIÓN) establecidos por la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM), los cuales tienen como finalidad sentar las bases para su crecimiento y desarrollo. A su vez, el *Codex Alimentarius* cuenta con directrices (GL 32-1999) para este tipo particular de producción. En dicho documento se define a la agricultura orgánica como un sistema holístico de gestión que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Esto se consigue empleando, siempre que sea posible, métodos culturales, biológicos y mecánicos, minimizando el uso de insumos externos y en contraposición al uso de materiales sintéticos. Algunas de las finalidades de este tipo particular de sistema productivo son: Reutilizar los desechos de origen vegetal y animal a fin de devolver nutrientes a la tierra, reduciendo al mínimo el empleo de recursos no renovables, Incrementar la actividad biológica del suelo, Mantener la fertilidad del suelo a largo plazo y Aumentar la diversidad biológica del sistema productivo en su conjunto.

A nivel nacional, el marco regulatorio vigente está conformado principalmente por la Ley 25.127/1999, sus respectivos Decretos Reglamentarios (97/2001 y 206/2001) y la Resolución SENASA N°374/2016, la cual establece el Sistema de producción, comercialización, control y certificación de productos orgánicos en Argentina. Al respecto, el área competente en producción orgánica del servicio está desarrollando la evaluación de insumos comerciales, registrados en el ámbito del SENASA, con el fin de integrar el Listado Oficial de Insumos Comerciales Aptos para la Producción Orgánica, permitiendo su disponibilidad de utilización al universo de operadores del sector.

Es importante destacar que la Sinergia entre la Producción Orgánica y el Microbioma Edáfico se manifiesta al integrar determinadas prácticas productivas (Ej. cultivos de cobertura, abonos verdes, etc.) con la adición de fertilizantes orgánicos y biológicos (Ej. estiércoles compostados, inoculantes, micorrizas, etc.), lo cual permiten incrementar el contenido y disponibilidad de materia orgánica, agua y oxígeno. Esta situación predispone el desarrollo de una rica diversidad de organismos tanto microbianos (Ej. hongos y bacterias) como macrobianos (Ej. lombrices y artrópodos edáficos). Con lo cual, se garantiza una provisión justa y constante de nutrientes a las especies vegetales, las cuales a partir de su rizodeposición (Ej. hidratos de carbono complejos, ácidos orgánicos, enzimas, hormonas, etc.) estimulan el desarrollo del bioma con el cual interacciona. En conclusión, como resultado de lo mencionado, podremos contar con un suelo sano y productivo para las generaciones actuales y futuras.



Casi todo lo que deberías saber sobre el género *Azospirillum* y su impacto en Agricultura

Fabricio Cassán, Gastón López, María Verónica Mora.

Laboratorio de Fisiología Vegetal y de la Interacción Planta-microorganismo, Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.

Se considera que *Azospirillum* es uno de los géneros microbianos más utilizados en nuestro continente para la formulación de inoculantes destinados al tratamiento de especies no leguminosas. La capacidad de *Azospirillum* sp. y particularmente *A. brasilense* para promover el crecimiento de plantas inoculadas ha sido evaluada y comprobada en cientos de experimentos. Argentina es uno de los países latinoamericanos donde el uso de bioinsumos del tipo biofertilizantes o inoculantes tiene una larga historia desde su implementación y está más afianzado, tanto a nivel de la producción de insumos por parte de las empresas especializadas del sector, como por la adopción de esta tecnología a nivel de los productores agropecuarios. *A. brasilense* Az39 es reconocida como la cepa de mejor performance y se recomienda desde hace más de 40 años para la fabricación de inoculantes destinados a una gran variedad de cultivos, pero fundamentalmente para maíz y trigo, así como soja en sistemas de co-inoculación. En América del Sur, existen 106 productos biológicos que contienen *Azospirillum* como principio activo disponibles para su comercialización. La producción se realiza por más de 70 empresas y se formula principalmente en soportes líquidos con garantías comprendidas entre 6-12 meses. Del total de productos, al menos 90 de ellos se desarrollan en Argentina, 14 en Brasil y los demás en Uruguay. *A. brasilense* es la única especie utilizada para la formulación de inoculantes en todo el continente. Por otro lado, *A. brasilense* Az39 es el principio activo en más utilizado por las empresas de América del Sur con cerca del 80 % de uso general (75 productos). Aunque su utilización se ha recomendado para más de 15 cultivos, se aplican principalmente en maíz, trigo y en soja en co-inoculación con *Bradyrhizobium*. Según los datos de 2018, se comercializaron más de 6.0 millones de dosis de inoculantes de *Azospirillum* en América del Sur, que cubrirían entre 4.5-6 millones de hectáreas cultivadas. El impacto de la inoculación se estima en promedio entre 7.0-10.0 % con una frecuencia de éxito superior al 80 % de los casos. En resumen, podemos decir que *A. brasilense* es uno de los microorganismos con mayor historia de uso exitoso, comprobado en la agricultura de América del Sur.



Suelos antárticos contaminados con hidrocarburos: microorganismos autóctonos y estrategias de biorremediación

Walter P. Mac Cormack

Instituto Antártico Argentino, FFYB, UBA, Instituto Nanobiotec, (UBA-CONICET), Argentina.

A pesar de su aislamiento y la ausencia de una población humana estable, la Antártida sufre el efecto de la actividad antrópica. Los suelos cercanos a las bases científicas y logísticas presentan cierto grado de contaminación, especialmente por hidrocarburos derivados del petróleo, ya que prácticamente toda la energía que requieren las bases deriva del uso de combustibles fósiles. Como signatario original del Tratado Antártico de 1959 y de su Protocolo de Protección ambiental nuestro país es responsable, ante la comunidad internacional, de la conservación de los ambientes naturales en donde se encuentran asentadas las bases. Además, la Argentina es responsable ante el Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) del cuidado de cuatro Zonas Antárticas Especialmente Protegidas (ZAEPs). Es conocido que la biorremediación es una herramienta adecuada para el tratamiento de suelos afectados por contaminantes orgánicos, representando una estrategia amigable con el medio ambiente y económicamente viable. Por ello, el Departamento de Microbiología Ambiental del Instituto Antártico Argentino ha trabajado en el estudio de diversos aspectos de la biorremediación de suelos antárticos contaminados por hidrocarburos. Dado las particulares condiciones ambientales antárticas, así como las restricciones que el tratado antártico impone a la introducción de organismos alóctonos, los procesos de biorremediación deben realizarse "in situ" y estar mediados por microorganismos nativos. Se han aislado diversas cepas y consorcios bacterianos que mostraron una gran capacidad de degradación de hidrocarburos, tanto alifáticos como aromáticos. El estudio de las condiciones ambientales que optimizan la biodegradación mostró que la bioestimulación con N y P es esencial para el éxito del proceso. Diversos ensayos a campo (en microcosmos, en parcelas de terreno y en sistemas de biopilas), bajo las estrictas condiciones ambientales antárticas confirmaron la necesidad de la bioestimulación, cuyos niveles se han optimizado para los suelos de la Base Carlini, resultando en una C:N:P = 100:17,6:1,73. Por otro lado, los estudios acerca de la eficiencia del bioaumento (inoculación de organismos degradadores al suelo a tratar) no han mostrado resultados concluyentes, sugiriendo que la inoculación de los suelos con microorganismos degradadores no otorgaría una ventaja significativa, al menos aplicada al inicio del tratamiento. Estudios independientes de cultivo han mostrado que los hidrocarburos causan un efecto notable sobre las comunidades naturales, reduciendo significativamente su diversidad y favoreciendo la dominancia de grupos capaces de tolerar/utilizar los contaminantes. También se ha podido detectar, por PCR en tiempo real, un incremento significativo del número de copias del gen *nahAc* (involucrado en la vía de degradación de hidrocarburos aromáticos) en los suelos contaminados con respecto a los suelos alejados del foco de contaminación. En cuanto a los grupos bacterianos presentes, en los suelos prístinos se ha detectado una importante diversidad, dominada por los filia Proteobacteria y Actinobacteria. La

Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 6 (2) 2019



presencia de los hidrocarburos favorece a ciertos grupos de proteobacterias, especialmente del género *Pseudomonas* y otros relacionados, quienes parecen actuar como estrategas r. En etapas posteriores, cuando la disponibilidad de fuente carbono se reduce, prosperan algunas actinobacterias, como *Rhodococcus*, que parecen cumplir el rol de estrategas k. Actualmente estamos estudiando algunos grupos que podrían actuar como indicadores de contaminación, como miembros del filum Chloroflexi, que parece prácticamente desaparecer en presencia de los contaminantes. En conclusión, la presencia de hidrocarburos en los suelos antárticos causa un profundo efecto sobre la microbiota. Los procesos de biorremediación “in situ” pueden reducir significativamente la presencia de estos contaminantes, especialmente mediante el ajuste de la relación C: N: P.



MESA REDONDA 1

Biofilms microbianos de importancia agrícola: estado actual y perspectivas futuras

Patricia L. Abdian

CONICET-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA), Argentina.

Actualmente se reconoce que la mayor parte de los microorganismos en ambientes naturales viven en forma de biofilms, siendo responsables de un gran número de servicios ecosistémicos. Los biofilms son agregados multicelulares rodeados por una matriz polimérica que es producida y secretada al medio extracelular por los microorganismos residentes. En estas comunidades, los microorganismos se diferencian de sus formas de vida libre o planctónicas formando organizaciones complejas de las que derivan propiedades emergentes. Como ejemplos de estas propiedades se pueden mencionar, la creación de hábitats diversos por la existencia de gradientes localizados, favoreciendo la biodiversidad; el establecimiento de un sistema digestor externo por la retención de enzimas líticas en la matriz; la formación de micro-consorcios sinérgicos dado por el establecimiento de interacciones cooperativas entre microorganismos; el aumento de la tolerancia/resistencia a condiciones ambientales desfavorables por el entorno protegido que brinda la matriz extracelular; etc.

Aunque gran parte de las investigaciones sobre biofilms se han desarrollado en el ámbito clínico o industrial, existe un creciente interés en el estudio de biofilms formados por microorganismos del suelo, por su enorme potencial de aplicación en prácticas agrícolas. En un repaso del conocimiento actual sobre la formación de biofilms por microorganismos modelo, examinaremos el estado actual y cómo en el futuro podríamos ser capaces de capitalizar el potencial que ofrecen los biofilms para el manejo de las tecnologías de inoculación.



Regulación de la síntesis de los dos sistemas de flagelos de *Bradyrhizobium diazoefficiens*

Elías Mongiardini

Instituto de Biotecnología y Biología Molecular (IBBM), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata-CCT-La Plata, CONICET, Argentina.

Bradyrhizobium diazoefficiens es el par simbiótico de soja más utilizado en la formulación de biofertilizantes para esta leguminosa debido a su capacidad para fijar el N_2 atmosférico. Durante el establecimiento de una simbiosis fijadora, la bacteria debe superar ciertas barreras entre las que destaca la competencia con bacterias presentes en el suelo. Este problema, conocido como competencia para la nodulación, se ve influenciado por diversas variables, como la capacidad de nadar de los microorganismos.

Para realizar el movimiento de natación, *B. diazoefficiens* utiliza dos sistemas de flagelos independientes. Un sistema subpolar formado por un único filamento grueso y un sistema lateral compuesto por varios filamentos finos. El flagelo subpolar parece estar expresado de manera constitutiva y su regulación está íntimamente relacionada a la regulación de la división celular. Por otro lado, los flagelos laterales se expresan de manera inducible, dependiendo de diversas señales como la fuente de carbono presente en el medio de cultivo, la viscosidad o la tortuosidad del camino que deben recorrer. A pesar de que la biosíntesis y funcionamiento de estas estructuras representan un costo muy alto para la célula, *B. diazoefficiens* es capaz de sintetizar ambos sistemas flagelares en medios líquidos, y ha adaptado el uso de ambos para generar patrones de natación únicos.

El sistema del flagelo lateral está codificado en un único *cluster* de genes que contiene todos sus componentes estructurales y reguladores, mientras que el sistema subpolar comprende 5 o 6 *clusters* de un número variable de genes dispersos a lo largo del genoma. Cada sistema se regula de manera independiente de manera similar a modelos previamente estudiados. El sistema lateral tiene cierta similitud con los flagelos descritos en *Ensifer meliloti* y *Rhizobium leguminosarum*, mientras que el subpolar se asemeja a los descritos en *Caulobacter crescentus* y *Rhodobacter sphaeroides*. A pesar de que cada sistema regula su síntesis de manera independiente, parece existir una relación funcional entre ambos. De manera similar a como ocurre en otras bacterias, como *Vibrio parahaemolyticus*, el flagelo subpolar parece ser capaz de percibir ciertas condiciones del medio, controlando la inducción de la síntesis del sistema lateral.

Nuestro laboratorio se aboca al estudio de la síntesis y regulación de estos dos sistemas flagelares, haciendo hincapié en la búsqueda de soluciones para la competencia para la nodulación.



La doble cara del metabolismo de auxinas en *Bradyrhizobium japonicum*

Daniela Torres, Florencia Donadío, Fabricio Cassán

Laboratorio Fisiología Vegetal y de la Interacción Planta Microorganismo. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.

Bradyrhizobium japonicum E109 es la única bacteria recomendada por el INTA para la formulación de inoculantes para soja y es una de las más utilizadas en los últimos 40 años en nuestro país. La vasta información de su comportamiento agronómico, pero la escasa información a nivel molecular nos impulsó a secuenciar su genoma en el 2012. El análisis genómico reveló que ésta bacteria contiene un único replicón de 9.224.208 pares de bases y secuencias génicas relacionadas con mecanismos de promoción del crecimiento vegetal y del estilo de vida rizosférica como la fijación biológica de nitrógeno y la producción de fitohormonas como el ácido indol-3-acético (AIA). El análisis bioinformático, determinó que en E109 existen secuencias codificantes para 3 de las vías de síntesis de AIA descritas en bacterias: la vía del indol piruvato (IPyA), indol-acetonitrilo (IAN) y la vía indol acetamida (IAM); sin embargo, en nuestras condiciones experimentales no pudimos identificar concentraciones significativas de AIA en cultivos de ésta cepa. Este resultado contradictorio fue también observado por otros investigadores, que notaron que diferentes cepas de *Bradyrhizobium* sp. no tenían capacidad de sintetizar AIA y por el contrario, podían degradarlo cuando se adicionaba exógenamente. El estudio del metabolismo de AIA en E109 reveló que esta bacteria es incapaz de sintetizar AIA y conjugar AIA con amidas, aunque tiene capacidad para hidrolizar AIA-amidas como de catabolizar auxinas naturales y sintéticas, como IBA (ácido indol butírico) y ANA (ácido acético-1-naftaleno). En la profundización del catabolismo de AIA en ésta cepa encontramos que es capaz de degradar AIA de manera constitutiva, pero degrada a mayor velocidad en fase exponencial y que la degradación es de origen enzimático. La búsqueda de enzimas relacionadas con esta capacidad nos llevó a identificar de manera bioinformática secuencias similares a otras descritas para el clúster *iac* de *Pseudomonas putida* 1290 que contiene 10 genes y que es responsable de degradar el AIA con fines nutricionales. A diferencia del primero, E109 posee un clúster de 5 genes donde *iacC* e *iacD*, codifican para una 3-fenilpropionato dioxigenasa. La mutación del gen *iacC*, evidenció la incapacidad de la bacteria en degradar AIA confirmando que esta enzima es la responsable del catabolismo en ésta bacteria. La evaluación del comportamiento simbiótico en plantas de soja con el mutante deficiente en *iacC* inducido por la presencia de AIA exógeno evidenció un incremento en la nodulación y en el número de nódulos en raíces primarias, sugiriendo un papel regulador de éste gen en el establecimiento de la simbiosis.



Bioinsumos: Registro de Fertilizantes Biológicos, Acondicionadores y Enmiendas en Argentina

Carla Louge

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), Argentina.

Para comercializar productos en Argentina, se deberá cumplir con lo establecido en la Ley N° 20.466 de Fertilizantes y Enmiendas y sus Decretos reglamentarios, el 4830/73 y 1624/80, este último incorpora a los fertilizantes biológicos a la normativa.

La Resolución SENASA 264/11 es un Manual de Procedimientos donde se indican los requisitos técnicos que deben cumplir los productos que se inscriben en el Registro Nacional de Fertilizantes y Enmiendas para su aprobación.

Según esta resolución, están sujetos a registro los productos, las empresas, los laboratorios elaboradores de biológicos y mezclas físicas.

La normativa clasifica a los productos biológicos en FERTILIZANTES, ENMIENDAS y ACONDICIONADORES. Se considera *Fertilizante Biológico* a aquellos que contienen un microorganismo o varios, como principal componente, sobre un soporte y se los clasifica en tres grandes grupos, las bacterias fijadoras de nitrógeno, los promotores de crecimiento (PGPR) y los co-inoculados.

La concentración mínima permitida para inscribir los productos formulados a base de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* es de 1×10^8 ufc/ml o gr al vencimiento y el porcentaje mínimo de nodulación es igual a 80 %. En el caso de los *Azospirillum*, la concentración mínima al vencimiento es de 1×10^7 ufc/ml o gr.

Se considera *Enmienda* a toda sustancia o mezcla de sustancias de carácter inorgánico, orgánico o biológico que incorporada al suelo modifique favorablemente sus caracteres físicos, fisicoquímicos, químicos o biológicos, sin tener en cuenta su valor como fertilizantes.

Los *Acondicionadores Biológicos* son aquellas sustancias que contienen microorganismos que poseen la facultad de modificar en forma positiva la eficacia agronómica mejorando las propiedades físico- químicas del suelo, cultivo y/o producto, pudiendo acompañar la aplicación de fertilizantes y enmiendas.

Aquellos productos, fertilizantes, enmiendas o acondicionadores a registrar que no cuentan con antecedentes de uso en el país, respecto a su composición, tecnología de fabricación y/o usos propuestos, se consideran de USO EXPERIMENTAL.

Esto significa que deberán presentar ensayos de eficacia agronómica en zonas agroecológicas distintas, en invernáculo y/o a campo durante tres campañas agrícolas, si se obtienen resultados favorables en la primera campaña se dará la aprobación experimental, con la cual se puede comercializar el producto. Luego de tres campañas de resultados satisfactorios se otorgará el número definitivo.



Aporte de la REDCAI al control de calidad de bioinsumos de uso agropecuario

Silvia Toresani

Microbiología Agrícola, Fac. Cs. Agrarias, UNR, Argentina

La Red de Calidad de Inoculantes (REDCAI), surge en el año 2005, a partir de la necesidad de los diferentes laboratorios microbiológicos de empresas y servicios a terceros de contar con un espacio de trabajo y discusión que permita el abordaje de los diferentes aspectos relacionados con el **Control de Calidad de Inoculantes**. Al hablar de **calidad** referimos a “*la totalidad de parámetros que debe reunir un producto o un servicio para cumplir con el fin para el que fue fabricado o desarrollado*”; a la vez que definimos a un **sistema de control de calidad** como “*una herramienta de gestión tendiente a disminuir, eliminar y prevenir no conformidades. Tiene en cuenta las necesidades y expectativas del cliente y las necesidades e intereses de la empresa o el laboratorio de servicio*”. Con la finalidad avanzar en el desarrollo de protocolos comunes, precisos, simples y verificables para el control de calidad de inoculantes, dando confiabilidad a los resultados obtenidos, se conformó una red de laboratorios públicos y privados. La INTERLAB se *constituye en un mecanismo externo para la evaluación de la aptitud analítica e integra a todos aquellos profesionales interesados en conocer y mejorar su desempeño en la metodología para evaluar la calidad de un inoculante*. Si bien el trabajo se inicia con inoculantes para soja, *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*, en 2007 se formaron nuevos grupos de trabajo con el fin de estandarizar protocolos para otros inoculantes a base de *Azospirillum*, *Pseudomonas* y micorrizas. Con posterioridad y dada la impronta que adquirieron los productos a base de otros microorganismos en el marco de una agricultura sustentable, se conformaron nuevos grupos de trabajo tales como *Bacillus*, Hongos no micorrícicos y Bacterias lácticas. También iniciaron su trabajo grupos transversales como el de Validación Agronómica y Biología Molecular, para avanzar en el acuerdo de un protocolo de referencia de ensayo a campo e iniciar el trabajo de análisis y consenso de un protocolo para certificación de género, especie y cepa del microorganismo diana de cada producto biológico, tal como lo establece la reglamentación vigente, Resolución SENASA 0264/2011. Los Talleres REDCAI, nos permiten compartir las experiencias y los resultados obtenidos por cada grupo y profundizar la capacitación en las temáticas de trabajo. En los mismos, el trabajo por grupo y los plenarios permiten discutir las fortalezas y debilidades de cada grupo y planificar las actividades factibles de llevar adelante en el año siguiente. Los grupos iniciales, con más integrantes, mayor número de “rondas” (envío de una muestra patrón de un inoculante a base de un microorganismo específico) y productos de uso más masivo como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*, han logrado avanzar en el consenso de más metodologías de evaluación tales como la estandarización de bioensayos y la revisión de los protocolos ya publicados en el “Manual de procedimientos microbiológicos para

Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 6 (2) 2019



la evaluación de inoculantes”, en 2013, con la finalidad de proponer mejoras que faciliten el análisis. Los grupos *Bacillus*, *Pseudomonas* y Bacterias lácticas iniciaron el análisis de muestras patrón en el marco de los primeros acuerdos de protocolo de consenso. El grupo de Validación Agronómica se encuentra en la redacción de un protocolo con condiciones mínimas a considerar en un ensayo a campo para inoculante para soja. Considerando la importancia que el uso de los **bioinsumos**, “*producto biológico que consista o haya sido producido por microorganismos o macroorganismos, extractos o compuestos bioactivos derivados de ellos y que esté destinado a ser aplicado como insumo en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética (CABUA)*”, ha tomado en el marco de una agricultura en armonía con la salud ambiental, la REDCAI debe reafirmar la importancia de su aporte en la evaluación de la calidad de los mismos, en sintonía con los entes de fiscalización.



CABUA: Políticas de promoción para el desarrollo y uso de bioinsumos en el sistema agropecuario Argentino

Roberto Alfredo Barcia

Dirección de Biotecnología. Secretaría de Gobierno de Agroindustria. Ministerio de la Producción y el Trabajo, Argentina.

El Comité Asesor en Bioinsumos de Uso Agropecuario (CABUA) es un órgano intersectorial de gestión, concertación y formulación de proyectos para el sector de los Bioinsumos. Creado en el ámbito de la COMISION NACIONAL ASESORA DE BIOTECNOLOGIA AGROPECUARIA (**CONABIA**) en diciembre de 2013. Entre sus funciones se encuentran: Articular a los distintos sectores (empresas, sector académico y sector público). Brindar asesoramiento sobre los requisitos técnicos de calidad, eficacia y bioseguridad que deberán reunir los Bioinsumos. Proponer nuevas normas y emitir opinión en relación a la regulación y promoción de los Bioinsumos.

Según la CABUA, un bioinsumo es: "Todo producto biológico que consista o haya sido producido por microorganismos o macroorganismos, extractos o compuestos bioactivos derivados de ellos y que estén destinados a ser aplicados como insumos en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética e incluso en el saneamiento ambiental agropecuario." Podemos encontrar: Fertilizantes biológicos (Solubilizadores de P, Fijadores de N, PGPR). Fitoestimulantes y/o fitorreguladores. Control biológico (Control de plagas y agentes biofitosanitarios). Tratamiento de subproductos agropecuarios y producción de energía (Ej. bioetanol).

En el marco de lo que se ha dado en llamar la bioeconomía, el aporte de los bioinsumos se basa en que: Son productos de origen biológico y por lo tanto biodegradables Pueden ser microorganismos benéficos, extractos microbianos, extractos vegetales, moléculas producidas por microorganismos, plantas e insectos. Mejoran la calidad y/o la sanidad de los cultivos Aumentan la producción agrícola , en el marco de un sistema de manejo integrado.

Una de las principales razones para la creación de CABUA es la de proponer formas de perfeccionar el sistema regulatorio para los bioinsumos, especialmente en lo relacionado con la aparición de productos innovadores. La CABUA se ha propuesto como objetivo central el ampliar el desarrollo, presencia y diversidad de bioinsumos agropecuarios en el mercado formal, con el propósito de posibilitar el acceso a mercados internacionales, conquistar mercados que exigen productos libres de residuos químicos, aumentar la seguridad tanto para el productor como para el consumidor, disminuir la presencia de bioinsumos de dudoso origen y calidad en el mercado informal. Para esto es necesario adecuar el sistema de gestión y registro de bioinsumos, incrementar los procesos de investigación, innovación y desarrollo (I+i+D) de bioinsumos y facilitar el acceso de los productores agropecuarios a la información, capacitación y asistencia técnica en el manejo y uso de bioinsumos.



Protocolo de Nagoya y el uso de Microorganismos en desarrollo tecnológico: avances y desafíos en el contexto nacional

Cecilia Carmarán

Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, FCEYN, UBA, Argentina.

El Convenio de Diversidad Biológica (CBD), ratificado por Argentina en 1994 (Ley 24.375) tiene 3 objetivos centrales: la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. El CBD trae consigo un cambio de paradigma en términos del reconocimiento de la soberanía de los Estados, sobre sus recursos naturales, y sobre sus recursos genéticos, los cuales hasta ese momento se consideraban de libre acceso y patrimonio de la humanidad. Este nuevo paradigma presentó un gran desafío en el contexto internacional con vistas particularmente a poner en funcionamiento el tercer objetivo del Convenio. El protocolo de Nagoya, ratificado por Argentina en 2017, emerge como respuesta a este desafío, implementar la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Adicionalmente al Protocolo de Nagoya, en Argentina el artículo 124 de la Constitución Nacional, “corresponde a las provincias el dominio originario sobre los recursos naturales existentes en su territorio”; leyes y resoluciones provinciales completan el universo normativo dentro del cual se deben enmarcar gran parte de las investigaciones científicas nacionales. La implementación del protocolo de Nagoya a nivel nacional comenzó con voluntades asimétricas, sin embargo, esfuerzos conjuntos, nuevas normativas, su difusión y puesta en práctica, comienzan a conformar un marco más claro acerca de los procedimientos normativos necesarios para desarrollar nuevas tecnologías basadas en el uso de organismos, aplicando buenas prácticas en el quehacer científico. En esta presentación brindo una aproximación desde la ciencia a este escenario, analizando el camino recorrido y los desafíos aún por superar.



MESA REDONDA 3

Aprendizajes de respuestas de cultivos a la inoculación con *Azospirillum* spp. en condiciones extensivas

Martín Díaz-Zorita, Maria Laura Ramos

Bayer Argentina - Crop Science

Azospirillum sp. es uno de los géneros de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal más estudiados que coloniza cientos de especies de plantas. Si bien son abundantes los registros de mejoras en productividad de cultivos, principalmente ante condiciones de estrés ambiental, su inclusión en los sistemas agrícolas modernos es aún limitado. Es objetivo de esta presentación resumir y discutir algunas experiencias sobre el análisis y posicionamiento de prácticas de inoculación con *Azospirillum* sp. para la producción extensiva de cultivos de secano. Son varios los modos de acción de esta bacteria en relación con las plantas, por lo que los efectos de su inoculación se explican mayormente por efectos aditivos y selectivos no únicos en interacción con las condiciones de crecimiento de las plantas. Las respuestas a la inoculación con *Azospirillum* sp según cultivos, ambientes de producción (sitios, condiciones ambientales y de manejo) y atributos evaluados (biomasa total, producción de granos, etc.). Frecuentemente se describen mejoras que se reflejan mayormente durante el desarrollo temprano de los cultivos, con aumentos relativos en el crecimiento de las raíces conduciendo a mayor eficiencia en la captación y transformación de recursos. En presencia de condiciones estresantes iniciales (i.e. disponibilidad de nutrientes, precipitaciones, etc.) la magnitud y frecuencia de estos beneficios es mayor. En promedio, estudios recientes de inoculación bajo condiciones frecuentes de producción muestran aumentos medios del 14 % en el rendimiento de cereales de invierno, del 9,5 % en los de verano y del 6,6 % en leguminosas. Las mejoras se describen en un 70 % de los casos y son poco frecuentes bajo condiciones severas de estrés (i.e. ausencia de fertilización, sequía prolongada, etc.). La variabilidad en la ocurrencia de las respuestas, junto con su magnitud y la aleatoriedad en los factores participantes en su manifestación descrita entre campañas, regiones y dentro de los sitios de producción nos conduce a valorar su interpretación probabilística para su posicionamiento. Es así como estudios simples (comparaciones apareadas) dispersas bajo diversas condiciones de producción en combinación con la cosecha de precisión, contribuyen a la colecta abundante de datos que aproximan cuantitativamente a la percepción de los productores sobre el riesgo u oportunidad de inclusión para la producción extensiva de cultivos.



Resultados de la evaluación a campo de organismos PGPR en el centro sur bonaerense

Martín Zamora

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Chacra Experimental Integrada de Barrow, Argentina.

Los sistemas productivos de la región mixta cerealera del sur de la provincia de Buenos Aires han evolucionado en función de los cambios tecnológicos producidos en los últimos tiempos. La mayor productividad de los cultivos junto con un mayor precio internacional de los granos fomentaron el avance de la agricultura por sobre la ganadería, la cual quedó confinada en corrales o en lotes de baja capacidad productiva. La prolongación de los ciclos agrícolas en el tiempo modificó el tradicional esquema mixto integrado, descuidando en muchos casos las rotaciones planificadas y determinando secuencias poco armónicas, poniendo en dudas la sustentabilidad a largo plazo. Numerosos estudios indican que la agricultura actual ha tenido un fuerte impacto sobre la calidad física, química y biológica del suelo. La actividad biológica de los suelos tiene un papel preponderante en el logro de cultivos de alta producción. El mejoramiento en la calidad microbiológica de los suelos agrícolas debida a la incorporación de organismos seleccionados por sus funciones en diversos procesos que contribuyen con la implantación, desarrollo y producción de cultivos, es una alternativa que contribuye al logro de mejores cultivos.

El uso de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPB) ha ganado un lugar importante en el mundo hacia una agricultura sostenible. Los PGPB son un grupo de microorganismos capaces de conferir efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin causar daños ni al huésped ni al ambiente. Estos microorganismos estimulan el crecimiento de las plantas como consecuencia de la fijación de nitrógeno, la producción de fitohormonas y el aumento de la disponibilidad de minerales, así como el control biológico de patógenos.

El objetivo de las experiencias fue evaluar a campo el efecto de la inoculación y de co-inoculación a la semilla con diferentes microorganismos PGPR (del género *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, entre otros) y su combinación con fertilizantes químicos sobre la productividad de diferentes cultivos en el centro sur bonaerense.



Prácticas de manejo para cerrar brechas de rendimiento en cultivos extensivos. Contribuciones desde la microbiología de suelos.

Gustavo N. Ferraris

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Pergamino, Argentina.

Se estima que la población mundial sobrepasará los 9 mil millones de personas en 2050. Este requerirá la producción de un 60 % más de alimentos, con una superficie cultivada en disminución por la urbanización, la degradación de algunas áreas y la imposibilidad de sumar nuevas tierras al cultivo a causa de la fragilidad de estos ambientes. Por este motivo, la mayor producción de alimentos deberá provenir de la intensificación, a través de la incorporación de tecnologías de insumos y procesos, tanto en Argentina como en el resto del mundo.

Los cultivos de gramíneas en nuestro país expresan un gran potencial productivo y alta exigencia de factores de producción, entre ellos fertilizantes. Esta sensibilidad a la oferta de recursos determina una considerable brecha de rendimiento entre los actuales y alcanzables a campo. Los rendimientos actuales expresan una considerable tasa de ganancia, que en Argentina está relacionada con la intensificación tecnológica y se ve favorecida por escenarios de buenas precipitaciones en varias de las últimas campañas. Sin embargo esta tasa debería ser incrementada para alcanzar los niveles deseados de producción de alimentos.

Como alternativa para cerrar estas brechas de rendimiento, se ha propuesto una mejora conjunta e interdisciplinaria de los sistemas de producción, más que el ajuste de prácticas individuales de cultivo. En Argentina, buena parte de las brechas de rendimiento se explican a causa de deficiencias nutricionales, como consecuencia de una agricultura tradicionalmente extractiva. Como alternativa y complemento al incremento permanente en las dosis de fertilizantes minerales, se podría buscar el camino de mejorar la eficiencia agronómica de los fertilizantes, por medio de una mayor eficiencia en la absorción, utilización y transformación agronómica de los nutrientes. El uso de microorganismos promotores del crecimiento de las plantas (PGPM) ha demostrado ser una alternativa exitosa en este sentido. La bibliografía reúne un sin número de citas sobre PGPM de probada eficacia como *Pseudomonas sp.*, *Azospirillum sp.*, *mycorrhizae*, cuyos efectos podrían ser agrupados en: i) Promoción del crecimiento en sí mismo; ii) Efectos de biocontrol y mejora de la tolerancia a patógenos; iii) Fijación de nitrógeno no simbiótica, solubilización de nutrientes y mejora de la eficiencia de fertilizantes y iv) Otros efectos asociados. Últimamente, se han sumado otras especies relacionadas con el biocontrol, a cuyo ejemplo pueden servir las especies del género *Trichoderma*. En ocasiones cepas de este hongo no micorrítico llegan a reemplazar completamente los fungicidas químicos. Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* desplazan al fitopatógeno son 1) Competición directa por el espacio o por los nutrientes, 2) producción de metabolitos antibióticos, ya sean de naturaleza volátil o no volátil y 3) Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 6 (2) 2019



Micoparasitismo directo de determinadas especies de *Trichoderma* sobre los hongos fitopatógenos. Con efecto análogo podrían mencionarse *Bacillus* y hongos del género *Penicillium*.

La contribución de la microbiología a la producción agrícola tiene un potencial aun insospechado. Es considerada una práctica amigable por los productores y la sociedad. La síntesis y fabricación tiene un fuerte arraigo local. Tanto los laboratorios como los agricultores han mejorado los procesos de producción y uso, hasta familiarizarse con la práctica. Es posible que estemos atravesando los primeros pasos de tecnologías destinadas a ser una parte insoslayable de nuestros sistemas productivos.



La interacción rizobio-leguminosa como herramienta para reducir la dependencia de los fertilizantes nitrogenados en los agrosistemas

Carlos F. Piccinetti

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA), Argentina.

Las investigaciones orientadas a la selección de rizobios por su eficiencia para fijar N en la simbiosis funcional con leguminosas siguen corroborándose con evaluaciones de campo, ya que las cepas recomendadas por IMYZA-BPCV son utilizadas en la mayoría de las formulaciones de inoculantes rizobianos. Los aportes de la FBN sobre diferentes ambientes y cultivos en Argentina son muy relevantes y varían entre 33-83 % para la arveja, 43-79 % para la vicia con 17-89 y 46-155 kg N ha⁻¹, respectivamente, el garbanzo entre 23-61 % con 22-39 kg N ha⁻¹, el poroto entre 15-65 % con 26-65 kg N ha⁻¹ y soja entre 30-71 % con 42-253 kg N ha⁻¹. Sin embargo, en los esquemas de agricultura continua se sigue dependiendo en gran medida de la cantidad y frecuencia del uso de los fertilizantes nitrogenados. El N remanente de las fertilizaciones trajo aparejado contaminaciones de cursos de agua o incrementos de las emisiones de gases con efecto invernadero. En este contexto, la inclusión de leguminosas distintas a soja y asociadas a distintos propósitos (granos o servicios) pueden convertirse en la herramienta clave para disminuir la dependencia del uso de estos fertilizantes. El aprovechamiento dependerá de su ubicación temporal dentro de las secuencias de cultivos, en función de la oferta edafoclimática. El punto de partida resulta del conjunto de recursos ricos en N que generan las leguminosas y dejan en superficie (biomasa vegetativa) como en el suelo (nódulos, rizodeposiciones y raíces). Estos son fuentes de nutrientes indispensables que estimulan la actividad biológica edáfica. Por lo tanto, aprovechar la biodisponibilidad de moléculas (p. e. auxinas, giberelinas, sideróforos, aminoácidos, etc) y elementos (N, P, K, Fe) podrían satisfacer gran parte de las demandas nitrogenadas y otros nutrientes de los cultivos de gramíneas (p. e. maíz, sorgo, trigo, etc). Esta oferta de compuestos nutritivos y elementos derivados de la actividad microbiana que comenzó con la inclusión de una leguminosa se pretende mantener con las sucesiones de cultivos. Los resultados observados en secuencias cortas de maíz con antecesor arveja o vicia (arveja o vicia-maíz de segunda) revelaron que la fertilización nitrogenada no tuvo respuestas cuando los cultivos antecesores estuvieron inoculados y en el caso de vicia (*Vicia villosa*) tampoco necesitó el uso de herbicidas antes de la siembra del maíz. La inclusión de tréboles (trébol rojo, trébol persa o trébol subterráneo) como cultivos de servicios y garbanzo (grano) también son promisorias. Alternativas estivales de ciclos muy cortos (crotalaria o poroto), sembrados en febrero (luego de la cosecha de maíz de primera) pueden aprovechar las lluvias otoñales y dejarían un aporte extra de N para el trigo. Por otro lado, la utilización de haba en la pequeña agricultura familiar (haba-maíz, haba-quinua) o en frutales de hojas caducas es posible para sostener o mejorar la productividad. Si bien los resultados son alentadores, requieren de una búsqueda continua de nuevas alternativas para desarrollarlas y producir mejor. Por lo tanto, existe la posibilidad de



reducir la dependencia de los fertilizantes nitrogenados en nuestros agrosistemas en función de la interacción rizobio-leguminosa, siendo clave la funcionalidad de la simbiosis.



MESA REDONDA 4

Coinoculación de plantas de soja con *Bradyrhizobium japonicum* y *Trichoderma harzianum*: coexistencia de ambos microorganismos y nodulación en presencia de nitratos

Esteban Tomás Iturralde, Delfina Colla, Anibal Lodeiro, Julieta Pérez Giménez

Laboratorio de Interacciones entre Rizobios y Soja (LIRyS), Instituto de Biotecnología y Biología Molecular (IBBM), UNLP-CCT La Plata-CONICET

La soja es el cultivo extensivo más importante de Argentina por el impacto que genera en nuestra economía. Una disminución en el rendimiento se puede deber a diversos factores, entre ellos, las condiciones ambientales desfavorables y los factores bióticos, como las malezas, plagas y enfermedades.

En los cultivos de soja, los productores agropecuarios inoculan *Bradyrhizobium* spp. seleccionados por su alta capacidad fijadora de N₂ pero esto, no atenúa el uso de agroquímicos como fungicidas. Por ello, se busca el desarrollo de inoculantes combinados que, además de los rizobios, incluyan bioprotectores.

Trichoderma harzianum es un hongo del suelo de rápida proliferación, utilizado en horticultura y en cultivos extensivos por sus efectos inhibidores de hongos fitopatógenos. En experimentos de cultivos duales en los que se enfrentaron los principales hongos patógenos de soja y *T. harzianum* Th5cc, demostramos que esta cepa puede controlar el crecimiento de la mayoría de los fitopatógenos ensayados.

Los ensayos de compatibilidad que realizamos entre *B. japonicum* E109 y *T. harzianum* Th5cc mostraron que no se inhibe la esporulación del hongo, ni el crecimiento de la bacteria luego de estar en contacto con el mismo.

Finalmente, al inocular plantas con ambos microorganismos, se comprobó que la nodulación de los rizobios no se afecta por la presencia del hongo. A su vez, las plantas coinoculadas presentaron nódulos cuando se las regó con altas concentraciones de KNO₃, condición en la cual el rizobio sólo no fue capaz de nodular. Estos nódulos tenían apariencia de pseudonódulos pero su interior era rojo y el análisis de su ultraestructura mostró la presencia de células ocupadas por simbiosomas con bacteriodes.

Los resultados nos indican que *T. harzianum* Th5cc podría combinarse con los rizobios de los inoculantes para los cultivos de soja con el fin de mejorar la protección contra fitopatógenos y la nodulación aún en presencia de formas asimilables de N en el suelo.



Caracterización de aislamientos nativos de hongos del género *Cladorrhinum* y su potencial como agentes antagonistas y promotores del crecimiento vegetal

Mara E. Martín

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CABA, Argentina.

El género *Cladorrhinum* incluye hongos saprótrofos del suelo, perteneciente a la familia *Lasiosphaeriaceae* (*Sordariales*, *Ascomycota*). Entre sus representantes, *C. foecundissimum*, ha sido reportado como un potencial agente de biocontrol de *Rhizoctonia solani* en remolacha. También se observó acción de promoción del crecimiento vegetal en cepas de *C. foecundissimum* que colonizaron las raíces de plantas de algodón en forma endófitas.

En este trabajo se planteó un estudio polifásico del género *Cladorrhinum* spp., incluyendo aislamientos nativos de Argentina. El estudio fue abordado analizando el rol de estas cepas en la promoción del crecimiento vegetal y como agente de biocontrol. Con el fin de seleccionar algunas de estas cepas con potencial como biofungicidas y biofertilizantes, se desarrollaron ensayos analizando aspectos relacionados a su fisiología y sus potenciales aplicaciones biotecnológicas.

Se comprobó la habilidad de la cepa *C. samala* INTA-AR 1 para incrementar la biomasa radicular de plantas de tomate, la cual fue comparable con lo observado con la cepa de referencia de *C. foecundissimum* CBS 180.66. Este efecto de promoción de crecimiento vegetal tuvo relación con la colonización superficial del hongo en períodos tempranos de la interacción, seguido de una colonización endofítica en períodos prolongados. Se logró un formulado de la cepa *C. samala* INTA-AR 1 a base del cultivo fúngico sobre arroz bajo condiciones de fermentación en estado sólido que resultó efectivo para ser utilizado como inóculo en plantas de tomate y su efecto sobre la promoción del crecimiento vegetal. La concentración del inóculo de *C. samala* aplicado resultó tener una relación directamente proporcional a los niveles de clorofila en las hojas.

Se seleccionó la cepa *C. samala* INTA-AR 7 con mayor actividad antagonista y se estableció como parámetro el rango de acción frente a diferentes patógenos. Este comportamiento fue testeado en el patosistema *F. oxysporum* - tomate en el cual se observó una tendencia de *C. samala* INTA-AR 7 a reducir la incidencia del patógeno.

Este trabajo aporta información sobre el potencial de la especie *C. samala* comparado con *C. foecundissimum* en relación a diferentes características fenotípicas analizadas, además brinda información para las bases de datos de biodiversidad de microorganismos fúngicos con potencial biotecnológico de Argentina.



PRESENTACIONES ORALES

Hongos micorrícicos arbusculares: Generalidades y potencialidad como inoculantes biológicos. Detección y manipulación

Fernanda Covacevich

INBIOTEC, CONICET/EEA INTA Balcarce, Argentina.

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA, phylum Glomeromycota) habitan los suelos de una amplia diversidad de ecosistemas, tanto naturales como de uso agrícola. Su importancia se fundamenta en que establecen simbiosis mutualistas con aproximadamente el 90 % de las especies vegetales y son reconocidos por su aporte a la nutrición, principalmente fosforada, de las plantas, contribución en mitigación de estrés tanto biótico como abiótico, así como en el mantenimiento de la textura del suelo. Por su característica de simbiontes obligados, su manipulación y multiplicación con fines de producción de inoculantes es más compleja que para el de otros microorganismos, tanto bacterias como hongos. Esto es porque no pueden cultivarse en medios axénicos libres de la planta hospedadora y por lo tanto su multiplicación es más lenta. Aun así, se han obtenido contundentes resultados en ensayos en macetas de respuestas positivas a la inoculación, tanto individual conformada por consorcios de HMA, como por la co-inoculación con otros microorganismos (particularmente hongos y bacterias solubilizadores de P).

En el Laboratorio de hongos del INBIOTEC y en el Laboratorio de Microbiología de suelos del INTA, Balcarce, se monitorean cambios en la abundancia y diversidad de HMA asociados a prácticas de manejo tradicional y su comparación con estrategias de manejo sustentables. Dichos monitoreos se realizan tanto a través de metodologías clásicas, como a través de indicadores moleculares. Se ha detectado que prácticas conservacionistas tienden a favorecer la abundancia, actividad y diversidad de los HMA nativos. Además, se realizan ensayos de inoculación tanto individual con HMA como co-inoculaciones con bacterias solubilizadoras de P y/o hongos *Trichoderma*. Se han detectado respuestas positivas de crecimiento y mayores absorciones de nutrientes por la inoculación en diversas plantas de importancia agrícola, tanto hortícolas como cereales. Además, se han detectado indicios de protección de infección por nemátodos luego de la inoculación con HMA. La potencialidad de uso como bio-inoculantes estaría orientada principalmente hacia cultivos (principalmente hortícolas) que pasan por etapa de trasplante así como en cultivos extensivos implantados en ambientes marginales y suelos pobres.



Estrategias de aplicación de antagonistas del género *Trichoderma*

Viviana Andrea Barrera

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA), Argentina.

La necesidad de una gestión sostenible de la producción agrícola guía al sector productivo a adoptar métodos de control alternativos a los agroquímicos. De este modo se logran preservar los recursos biológicos a medida que se intensifica la producción disminuyendo la contaminación de los recursos naturales.

La aplicación de antagonistas, también denominados agentes de control biológico, es una alternativa que está siendo adoptada con mayor frecuencia en el mundo. Entre los microorganismos más utilizados se encuentran cepas de hongos (*Trichoderma*, *Clonostachys* y *Penicillium* etc.) y, en el caso de las bacterias los géneros más comunes corresponden a *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Streptomyces*, entre otros.

Las estrategias de control biológico de hongos fitopatógenos de suelo incluyen dos tipos de estudios: uno es la aplicación directa de los antagonistas formulados para el control de las poblaciones de fitopatógenos. El otro estudio consiste en incrementar las poblaciones de antagonistas existentes en el Sistema edáfico por medio del manejo cultural.

Es muy frecuente encontrar que el fenómeno antagonista *in vitro* muestra baja correlación con los resultados observados en los ensayos en invernáculo y en campo. Este hecho implica que las investigaciones incluyan un alto número de cepas para experimentar bajo condiciones semicontroladas con distintos patosistemas para seleccionar la más eficiente. La formulación apropiada es un requisito fundamental para que la cepa antagonista conserve su eficiencia en cultivo. La efectividad de los bioprotectores depende del desarrollo de formulaciones que permitan la supervivencia de los organismos seleccionados, el mantenimiento de sus propiedades antagonistas y de la implementación de métodos de aplicación adecuados. Se considera que la optimización de esta herramienta se dará en una integración de estrategias de bajo impacto ambiental dentro de los sistemas de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

A partir de estudios conducidos por investigadores del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMYZA) y por expertos de JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón) se ha conformado una importante colección de microorganismos antagonistas y se ha conformado una red de ensayos en parcelas experimentales con infectarios naturales dentro de INTA.

El Control Biológico es una herramienta de suma importancia que deberá ser adoptada progresivamente para mejorar la producción agrícola y evitar el alto impacto ambiental de los agroquímicos. Todavía faltan estudios para la implementación exitosa de los métodos de acuerdo al sistema de cultivo y las características agroclimáticas.



La respuesta a la cuestión acerca de la optimización de todos estos recursos está en la adopción por parte de los integrantes del sector agroproductivo de las estrategias del MIP.



Bacterias esporuladas con actividad nematicida: su aplicación como biocontroladoras de nematodos fitófagos

Diego H. Sauka

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Instituto de Agrobiotecnología y Biología Molecular (IABIMO, INTA-CONICET), Argentina.

Se calcula que los nemátodos fitófagos son responsables de alrededor de un 10 % de las pérdidas de la producción agrícola de todo el mundo. Esto se debe principalmente a su forma de dispersión y a que no existe una solución completamente eficaz para controlarlos. De acuerdo a la especie en cuestión, pueden ser ecto o endoparásitos, principalmente de raíces de diversos cultivos; dentro de los más atacados en nuestro país se encuentran los de tomate, soja, maíz, papa y ciertos frutales. El daño que ocasionan al alimentarse, además de condicionar el desarrollo saludable de la planta, se incrementa por el hecho de que pueden actuar como vectores para bacterias, virus y hongos patógenos.

Estas plagas son controladas habitualmente mediante fumigación con productos químicos. No obstante, existe una creciente presión mundial para reducir su empleo en la producción de alimentos debido a la preocupación por la persistencia de residuos químicos en el suelo, el agua y los alimentos mismos. Un caso emblemático es el del bromuro de metilo. Nuestro país se ha comprometido a disminuir progresivamente su empleo desde hace varios años, pero a pesar de todo sigue siendo utilizado ante la escasez de alternativas. Existen otros métodos de control que pueden ser empleados, pero ninguno es el ideal para todas las situaciones. La solarización no funciona igual de bien en distintos climas; el barbecho de la tierra supone una pérdida de rentabilidad que el productor no siempre está en condiciones de afrontar; el aporte de enmienda orgánica involucra costos extra para su provisión y logística, además de que puede ser a su vez puerta de entrada a otras plagas.

Las bacterias esporuladas con actividad nematicida son un grupo de bacterias que viven asociadas al hábitat natural de los nemátodos fitófagos; destacan bacterias de los géneros *Bacillus*, *Paenibacillus* y *Pasteuria*. Presentan distintos mecanismos de acción: liberan enzimas y toxinas que afectan la morfología de los huevos y de los estadios juveniles infectivos de los nemátodos y, de acuerdo a la especie en cuestión, puede colonizar ambos estados; producen proteínas tóxicas para nemátodos que actúan por ingestión; otros actúan como parásitos obligados.

Son contados con los dedos de una mano los bionematicidas bacterianos comercializados mundialmente. Sin embargo, varias especies de estas bacterias están siendo estudiadas para su implementación y con el fin de proporcionar una alternativa de control de nemátodos de bajo impacto, acorde con las exigencias ambientales actuales.



Degradación de glifosato en suelos sometidos a diferentes prácticas agrícolas

Marcela Rörig

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Suelos

El uso intensivo de herbicidas se convirtió en un problema ambiental en los últimos años. La introducción de la soja transgénica tolerante a glifosato en combinación con la amplia difusión de la siembra directa, determinaron un incremento en la utilización del herbicida como herramienta de control de malezas. Las comunidades microbianas son la base de importantes servicios ecosistémicos provistos por el suelo, como la descomposición de residuos, el ciclado de nutrientes y composición atmosférica. Por lo tanto los diferentes factores que tienen el potencial de alterar estos procesos microbianos, como la aplicación de herbicidas, deberían atraer una atención considerable para poder entender cómo afectan la estructura y funcionalidad de las comunidades microbianas. Por lo expuesto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de glifosato a escala en invernáculo sobre la composición de la comunidad bacteriana, los microorganismos degradadores y sobre la capacidad de degradación en un mismo suelo con diferentes sistemas de manejo. El análisis de la estructura de la comunidad bacteriana detectó una clara separación entre las muestras asociadas a los diferentes sistemas de manejo. Los índices de diversidad y de riqueza de las comunidades bacterianas son consistentemente menores en el suelo con repetidas aplicaciones de glifosato. El análisis de la composición de la comunidad bacteriana reveló también los efectos acumulativos de la aplicación de glifosato, que se pone en evidencia a través de la disminución de la diversidad de los microorganismos con capacidad de utilizar glifosato como fuente de P (BG) en el suelo convencional. Los resultados obtenidos demostraron que las poblaciones BG pertenecientes al suelo convencional muestran un cambio drástico en la identidad de sus miembros. Las bacterias degradadoras aisladas de este suelo fueron identificadas como pertenecientes exclusivamente al género *Pseudomonas*. En el suelo orgánico los géneros que se encontraron fueron *Burkholderia*, *Pantoea*, *Rahnella* y *Achromobacter*. La degradación de fosfato no fue afectada, sugiriendo que la función específica no se pierde necesariamente con una perturbación en el sistema. En este trabajo se encontró que las aplicaciones repetidas de glifosato tuvieron un fuerte impacto en la composición de la comunidad bacteriana. Asimismo, las poblaciones de microorganismos con capacidad de utilización de glifosato como fuente de P se ven afectadas tanto en número como en diversidad. Sin embargo, ese cambio en la diversidad microbiana no se ve reflejado en una diferente capacidad de los suelos en degradar el glifosato.



Comunidades microbianas rizosféricas asociadas a plantas tratadas con glifosato

Inés Eugenia García de Salamone ¹, Jhovana Silvia Escobar Ortega ², Agustín Piran Balcarce ¹, Rocío Luz Kolman ¹

¹ Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. ² CONICET Becaria Postdoctoral

Las aplicaciones de glifosato para el manejo de cultivos de cobertura en sucesión con soja como de la maleza sorgo de Alepo en el cultivo de esta leguminosa son generalizadas en varias zonas productivas argentinas. Esto puede provocar alteraciones en las comunidades microbianas edáficas y asociadas a las plantas que pueden significar cambios significativos en la funcionalidad del agroecosistema y que requieren ser caracterizados para definir su impacto.

La inclusión en sucesión con soja de cultivos de cobertura (CC) permite mejorar la calidad del suelo y favorecer la sustentabilidad del sistema, pero su crecimiento se interrumpe con la aplicación del herbicida glifosato. En una serie de experimentos en condiciones de campo se demostró que el momento de secado (MS) de los CC y los momentos de muestreo (MM) dentro del ciclo anual Soja-CC ha puesto de manifiesto el impacto negativo irreversible del glifosato, aplicado en dosis recomendadas, sobre las comunidades microbianas edáficas. En el MM antes de la aplicación del glifosato, se observaron los mayores recuentos de todas las comunidades microbianas estudiadas y la mayor diversidad funcional, así como ausencia de diferencias entre los perfiles fisiológicos de fuentes carbonadas. Se ha demostrado que las comunidades microbianas edáficas pueden ser modificadas por la presencia de los CC evaluados, según el MS que implica diferentes estados fenológicos de los CC y el MM que señala las situaciones antes y después de la aplicación del glifosato (al mes y a la cosecha de soja). La homeostasis de las comunidades microbianas edáficas puede ser alterada de tal forma, que aún luego de transcurrido el cultivo de soja, el impacto del glifosato se mantiene o se manifiesta y no se revierte a la situación imperante antes de la aplicación del herbicida. Los tratamientos de cobertura en interacción con los MM también provocaron cambios en la diversidad estructural, analizada por T-RFLP.

El excesivo uso del herbicida glifosato produjo en la Argentina el surgimiento de malezas resistentes como el sorgo de Alepo, la cual se ha vuelto muy difícil de combatir y produce una caída significativa de los rendimientos en los cultivos afectados. Se analizaron las comunidades microbianas asociadas de esta maleza para evaluar la relación entre estas y la resistencia al glifosato. Para ello, se obtuvieron distintas poblaciones de sorgo de Alepo provenientes de lotes de la Región Pampeana (Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba) y del Noroeste Argentino (Salta). Con ellas se realizó un ensayo en campo experimental de la Facultad de Agronomía para obtener su progenie y caracterizar la respuesta a la aplicación del herbicida. En las muestras de rizosfera + raíces, tallos y semillas se caracterizaron los perfiles de utilización de fuentes carbono de las comunidades microbianas presentes y se cuantificó la



presencia de microorganismos celulolíticos, nitrificadores y degradadores de glifosato mediante técnicas de cultivo. Las poblaciones de sorgo de Alepo se diferenciaron entre sí respecto al nivel de resistencia al herbicida y se observó que la aplicación de éste provoca cambios permanentes en las comunidades microbianas estudiadas. Las distintas partes de las plantas se diferenciaron entre si y las muestras de rizosfera + raíces presentaron los mayores índices H de diversidad de Shannon. En estas muestras, las poblaciones más susceptibles al herbicida contenían menor cantidad de microorganismos degradadores del glifosato. Las comunidades microbianas asociadas a las distintas partes de la planta toleraban distintos rangos de concentraciones del glifosato y mostraron perfiles diferenciales de utilización de fuentes carbonadas. Esta información permite conectar procesos que ocurren en la porción aérea del sistema con los que tienen lugar en el suelo evidenciando el impacto del manejo de cultivos sobre la sustentabilidad agrícola.



Abundancia y diversidad de bacterias metanotrofas, metanógenas y desnitrificantes, y producción de gases de efecto invernadero en suelos de caña de azúcar bajo manejos convencional y conservacionista

Juan Frene¹, Marcela Montecchia^{1,2}, Jorge Chalco Vera³, Martín Acreche³, Luis Ernesto Erazzú⁴, Elisa Bertini^{4,5}, Olga Correa^{1,2}.

¹Universidad de Buenos Aires. Departamento Biología Aplicada y Alimentos. Facultad de Agronomía. Cátedra de Microbiología Agrícola. Buenos Aires, Argentina. ²CONICET-Universidad de Buenos Aires. Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales (INBA). Buenos Aires, Argentina. ³Estación Experimental INTA Salta-CONICET, Ruta Nacional 68, km 172, 4403, Salta, Argentina. ⁴Estación Experimental INTA Famaillá, R.P. 301, km 32, 4132, Famaillá, Tucumán, Argentina. ⁵PROIMI, CONICET (Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos), Av. Belgrano y Pje. Caseros, Tucumán, Argentina.

El suelo regula el clima del planeta a través del secuestro de carbono y la emisión y mitigación de gases de efecto invernadero (GEI). El uso agrícola modifica las características físicas, químicas y biológicas del suelo y puede alterar funciones ecológicas que dependen de la diversidad y actividad de los microorganismos del suelo. En el caso del cultivo de caña de azúcar, la agricultura conservacionista ha surgido como respuesta a este problema procurando reducir los impactos negativos de la agricultura convencional. Actualmente, se ensayan nuevas tecnologías de cultivo para la plantación y la cosecha: la labranza en franjas con un prototipo desarrollado por el Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos (IIR-CIA-CNIA-INTA ex Castelar), y la cosecha liviana con una cosechadora de menor peso y una reducción en la intensidad del tránsito. El objetivo de este estudio fue analizar las emisiones de GEI y su relación con la abundancia de microorganismos desnitrificadores, metanotrofos y metanógenos en suelos con cultivo de caña. En un ensayo de larga duración en la EEA Famaillá, INTA, Tucumán (27°00'52.6"S, 65°22'46.5"O) se compararon dos sistemas de labranza: convencional (LC) y en franjas (LF), y dos de cosecha: convencional (CC) y liviana (CL). Se midió *in situ* el flujo de GEI del suelo (N₂O, CH₄ y CO₂ por cromatografía gaseosa) por el método de cámaras estáticas. Por PCR cuantitativa se determinó el número de copias de genes marcadores funcionales y taxonómicos: *nirK*, *nirS* y *nosZ* (desnitrificadores), *pmoA* (metanótrofos totales), *mcrA* (metanógenos) y 16S rRNA de metanotrofos tipo I y tipo II. Además, se determinaron los contenidos de nitrato y amonio del suelo. El flujo de N₂O fue máximo en el manejo conservacionista (LF/CL) y correlacionó positivamente con el contenido de nitrato del suelo. Sin embargo, la mayor abundancia de desnitrificadores tipo *nirK* se observó en el manejo convencional (LC/CC), no detectándose diferencias entre manejos en la abundancia de los genes *nirS* y *nosZ*. La comunidad de desnitrificadores tipo *nirK* fue menos diversa que la *nirS*, y más sensible para discriminar el manejo convencional (LC/CC) del resto. Por otra parte, la mayor emisión de CH₄ se observó en el manejo convencional (LC/CC), detectándose

Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 6 (2) 2019



mitigación de CH₄ en el manejo conservacionista. La abundancia de metanógenos (*mcrA*) fue mayor en el manejo convencional y la de metanotrofos totales (*pmoA*) en los suelos bajo cosecha convencional, independientemente del tipo de labranza. El número de genes *pmoA*, *mcrA* y de metanotrofos tipo I correlacionaron de manera positiva con el flujo de CH₄. Conclusiones: el manejo modificó la abundancia de microorganismos involucrados en los ciclos del N y del C, determinada a través de genes marcadores, y también el flujo de GEI. Según estos resultados sería posible estimar comparativamente la magnitud de la emisión de CH₄ por medio de la cuantificación de los genes microbianos involucrados en el ciclo del metano.

Agradecimientos: A los Ing. Agr. Omar Tesouro y Marcos Roba quienes nos vincularon con este ensayo y nos dieron la posibilidad de trabajar en él. A las fuentes de financiamiento que nos permiten llevar adelante el trabajo: PICT 2014-2383 y UBACyT 2018 0213BA.



Nanopartículas de hierro: Mejoramiento de la nodulación de leguminosas

María Daniela Groppa^{1,2}, Nathalie De Valois¹, Eugenia Gabriela Di Baggio Vega¹, Myriam Sara Zawoznik¹, María Florencia Iannone^{1,2}

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Departamento de Química Biológica, Cátedra de Química Biológica Vegetal, Junín 956, Buenos Aires, Argentina.

²Universidad de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Instituto de Química y Fisicoquímica Biológicas (IQUIFIB), Buenos Aires, Argentina

La nanotecnología incluye a las partículas que poseen al menos en una de sus dimensiones un tamaño en el orden de los 100 nm o menor. Las nanopartículas (NP) pueden estar formadas por distintos materiales dentro de los cuales se puede mencionar a los nanotubos de carbono, NP de diversos metales (Fe, Ag, Au) u óxido de metales, cerámicas, semiconductores, quantum dots, lípidos, polímeros (sintéticos o naturales), dendrímeros y emulsiones. Las NP se han comenzado a utilizar en distintas áreas como la física, la química, la industria farmacéutica y cosmética, la medicina y la agricultura. Dentro de la agricultura se pueden usar nanocarriers para una liberación eficiente de fertilizantes, pesticidas, herbicidas, reguladores de crecimiento, etc. También se han utilizado NP en procesos de biorremediación y como bactericidas.

Durante los últimos años, ha habido un interés creciente en lo que respecta al impacto del uso de los productos de la nanotecnología en el ambiente debido a que la utilización de estos materiales se está incrementando significativamente en el mercado en general. Estudios referidos al destino y transporte de las NPs han demostrado que el suelo constituye una vía de ingreso de estos materiales al medio ambiente y estos materiales podrían eventualmente quedar en suspensión o retenerse en el suelo después de su liberación al medio ambiente debido a la baja movilidad que presentan muchos de ellos, lo que podría poner en riesgo los ecosistemas agrícolas.

Teniendo en cuenta que las NPs de hierro tienen los sitios superficiales más activos, y por lo tanto, son capaces de unirse a compuestos orgánicos naturales como el ácido húmico y de este modo mejorar la biodisponibilidad del hierro fue de nuestro interés evaluar el impacto de estas NPs sobre la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa. Con la finalidad de poder utilizar NPs de magnetita en la formulación de nuevos inoculantes como primera medida evaluamos la posible toxicidad de estas NP cuando se acumulan en el suelo. Los resultados obtenidos fueron alentadores ya que no sólo no se observaron síntomas de toxicidad en las plantas de soja y alfalfa como así tampoco en los *Rhizobium* utilizados, sino que por el contrario las NP fueron beneficiosas para el crecimiento de ambas especies vegetales y de los *Rhizobium*, observándose también un mejoramiento de la nodulación. Estos resultados nos impulsaron a pensar que un pretratamiento de los *Rhizobium* con estas NP podría redundar en una simbiosis más efectiva. Los resultados obtenidos apoyaron esta hipótesis lográndose



una mayor tasa de germinación de las semillas de soja, mayor biomasa a los 30 días de crecimiento, nódulos más grandes y con mayor contenido de leghemoglobina. Estos resultados nos alientan a afirmar que las NP de magnetita podrían ser buenas candidatas para la formulación de nuevos productos de uso agrícola.