



BIOINSUMOS: DISTINTAS PERCEPCIONES HACIENDO FOCO EN LA FERTILIZACION BIOLÓGICA

J. C. Lagler, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía,
Cátedra de Administración Rural. Av. San Martín 4453 CABA. e-mail: jclagler@agro.uba.ar

Recibido: 23/04/2017

Aceptado: 17/07/2017

RESUMEN

Los bioinsumos como productos de origen biológico constituyen una de las atractivas banderas vinculadas a las soluciones sustentables que empresas del sector agro-biotecnológico incorporan para la mejora de las buenas prácticas agrícolas ligadas a acciones más amigables con el ambiente. La fertilización biológica, en la que intervienen diferentes microorganismos, es utilizada en la agricultura para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes con distintos efectos favorables como la promoción de su crecimiento vegetal, fijación de nitrógeno, solubilización de nutrientes, efectos de biocontrol y mejora de la tolerancia a patógenos entre otros. Este documento puntualiza sobre diversos aspectos técnicos de los biofertilizantes con el objetivo de lograr un verdadero afianzamiento de esquemas de producciones eficaces y protectores del ambiente, sin correr riesgos de desvalorización de la práctica. Bajo una mirada integradora de la temática se plantea la necesidad de incrementar el trabajo experimental en condiciones controladas de laboratorio y a campo. Asimismo asegurar la calidad en los distintos canales por los que transitan los inoculantes y un replanteo de estrategias de comunicación facilitarán la instalación de estos productos definitivamente en la agricultura extensiva.

Palabras clave: insumos biológicos, microorganismos, suelos, inoculantes.

BIOLOGICAL INPUTS: DIFFERENT PERCEPTIONS MAKING FOCUS IN THE BIOLOGICAL FERTILIZATION.

SUMMARY

Biological inputs, as products of biological origin, represent one of the attractive banners linked to sustainable solutions that companies of the agricultural-biotechnological sector include in order to improve the best agricultural practices tied to more friendly actions with the environment. Biological fertilization, in which various microorganisms take part, is used in agriculture so as to improve nutrient use efficiency with several favorable effects like growth promotion, nitrogen fixation, solubilization of nutrients, bio-control effects and improvement of the tolerance to pathogens, among others. This document points out different technical aspects of biofertilizers with the goal of achieving a real consolidation of effective and environment-protective production schemes, valuing the practice. Under an integrative view, it raises the necessity of increasing the experimental work in controlled conditions of laboratory and field. Likewise, ensuring the quality in the different channels which through the inoculants transit, and redefining communication strategies, will make easier to definitely install these products in the extensive agriculture market.

Keywords: biological inputs, microorganisms, soil, inoculants.

INTRODUCCIÓN

La producción de bioinsumos constituye un factor importante para el desarrollo de los diversos tipos de agricultura en forma sostenible y ecológicamente más limpia.

El concepto de sostenibilidad aplicado a la agricultura representa una etapa en la larga evolución de la preocupación mundial con respecto a la conservación de los recursos naturales y el ambiente. Esta idea comprende una serie de aspectos tan dispares como son, entre otros, la conservación del suelo, el uso adecuado de agroquímicos, el mantenimiento de la diversidad genética vegetal, animal y microbiana, el aprovechamiento del agua para riego y el control integrado de plagas (Vicién, 1992), de lo que se desprende la necesidad de un cambio de mirada.

Los procesos de agriculturización, intensificación y simplificación que han experimentado los sistemas productivos de nuestro país han despertado cada vez más atención por su huella negativa sobre el eje ecológico vinculado al concepto de sustentabilidad¹.

De hecho, la reducción de la diversidad planificada, con una limitada rotación de cultivos; el empobrecimiento de los suelos, alteración del ciclo de nutrientes, y la reducción de la materia orgánica, con el potencial impacto sobre el resultado de las empresas y su estabilidad, han aparecido como los primeros riesgos asociados a estos procesos (Satorre, 2003).

Si se circunscribe el análisis sólo a la dimensión ambiental, y específicamente a la conservación del suelo, un esquema productivo basado en tres pilares: siembra directa, rotación y fertilización, podría ser considerado

sustentable, si permite por lo menos mantener los rendimientos de grano en el tiempo (Ferrari, 2010).

En la Argentina, durante los últimos 25 años, los sistemas productivos agropecuarios sufrieron una transformación sustancial, lo cual dió por resultado no sólo una sucesión de niveles récord de producción y productividad, sino también una redefinición de la composición de la oferta granarí (Begenesic, 2002). Este incremento de la producción agrícola argentina está estrechamente relacionado con las mayores tasas de fertilización.

Según informes de la Asociación Civil Fertilizar, si se toma como base el año 1991, en cuatro años se cuadruplicó el consumo aparente de fertilizantes. En el año 2007, el consumo de nutrientes ($N+P_2O_5+K_2O+S$) puede ser estimado en 1,75 millones de toneladas, con una tasa de incremento de 98700 t por año en el período 1993-2007, posicionándose durante 2016 en 3, 61 millones de toneladas. Este crecimiento en el consumo de fertilizante fue ocasionado por aumentos en las superficies cultivadas y mejoras en la tecnología aplicada a los principales cultivos siguiendo en déficit el nivel de nutrientes en el suelo. A pesar de lo enunciado, los balances de nutrientes continúan siendo negativos para los suelos. La necesidad de sostener los niveles de producción no se logra solamente con el aporte de nutrientes a través de una fertilización balanceada, sino también con prácticas de manejo tales como rotación de cultivos, siembra directa, incorporación de cultivos de cobertura y manejo integrado de plagas y enfermedades, de manera de contribuir a preservar y mejorar la sustentabilidad y calidad del recurso suelo (García, 2008). Se acopla a estas prácticas la biofertilización que contribuye a mejorar la fertilidad ya que los microorganismos del suelo pueden incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Esto avizora, que requiriendo la fabricación de fertilizantes gran demanda de energía y su costo sea muy afectado por las fluctuaciones

¹ Una de las definiciones que mejor sintetiza el concepto es la que establece que la agricultura sustentable se basa en sistemas de producción cuya principal característica es la aptitud para mantener su productividad y ser útiles a la sociedad indefinidamente. Deben reunir los siguientes requisitos: conservar los recursos productivos, preservar el medio ambiente, responder a los requerimientos sociales y ser económicamente competitivos y rentables (Martelloto *et al.*, 2001).

internacionales del precio del petróleo, la tendencia creciente del precio de los fertilizantes y las consecuencias ambientales que trae aparejada la utilización de estos productos obliga a incrementar la eficiencia en su utilización (Melgar, 2006). Y en este punto los biofertilizantes aparecen como el socio adecuado de la fertilización química en su carácter de complementadores.

El uso de herramientas que permitan optimizar los procesos productivos debe apuntar a biotecnologías apropiables o factibles de realizar, además de ser ambientalmente seguras y socioeconómica y culturalmente aceptables. Por consiguiente, los biofertilizantes como insumos agronómicos a base de microorganismos benéficos del suelo, por sus bajos costos de producción y su acción positiva en la conservación del suelo deben ser incorporadas definitivamente como parte de las tecnologías ambientales y de fertilización (Creus, 2014).

En resumen, teniendo en cuenta que la producción de bioinsumos, centrando la mirada en los inoculantes, se realiza aplicando biotecnología y que constituyen un factor importante para el desarrollo de los diversos tipos de agricultura en forma sustentable el desafío para las empresas es claro, hacer negocios atendiendo a la sostenibilidad ambiental. En este sentido, los insumos biológicos como los inoculantes o biofertilizantes aparecen como una alternativa atrayente para las empresas que invierten en biotecnología relacionada con la aplicación y el manejo racional de microorganismos beneficiosos (Lett *et al*, 2014).

Sin embargo, existen cuestiones a mejorar en distintos espacios de la cadena en aspectos vinculados a la aprobación, reglamentación y control de los bioinsumos; deficiente calidad del producto en los puntos de origen hasta su aplicación y evaluación a campo y condiciones no apropiadas en el almacenamiento y transporte, entre otras alertas como presunciones de los productores y la competencia desleal en el mercado.

La presente investigación sobre biofertilizantes en el sector agropecuario busca en el recorrido que transita aportar información básica para comprender la temática desde distintas referencias y conceptualizaciones sobre la acción de los microorganismos utilizados, detectar cuestiones a resolver en cuanto a calidad de productos y simultáneamente abrir interrogantes en la identificación de elementos y acciones vinculadas a cuestiones operativas y de mercado para incrementar la confianza de los usuarios a la hora de adquirir bioinsumos.

La metodología utilizada para cumplir con los objetivos parten de una revisión de antecedentes de material bibliográfico tanto nacional como internacional e información primaria fruto de entrevistas, comunicaciones personales de investigadores y profesionales referentes en el tema tanto pertenecientes a empresas como independientes así como investigadores de distintas instituciones académicas, y profesionales de organismos nacionales reguladores y/o que formen parte de comisiones asesoras en la temática.

Momento de definiciones.

Cabe recordar que la biotecnología según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2006) es la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos, con el objeto de alterar materiales vivos o no, con el fin de producir conocimiento, bienes y servicios. Dentro de las técnicas o métodos, la producción de biofertilizantes se circunscribe a lo que se denomina biotecnología de procesos (que incluye fermentación, bioprocesos y bioreactores, donde se cultivan las bacterias que se van a usar para formular los biofertilizantes). Cabe aclarar que los inoculantes biológicos no solamente incluyen a grupos bacterianos y que actualmente en el mercado se encuentran grupos fúngicos que están cobrando creciente interés por el sector productivo.

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)² se define a los Bioinsumos Agropecuarios 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.

Los bioinsumos pueden ser empleados con distintos propósitos en las actividades agrícolas y en distintas áreas de empleo (agua, suelo, plantas y otros componentes bióticos). En el suelo se diferencian tres subgrupos: el primero es la nutrición vegetal (fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo y potasio), el segundo las enmiendas, y el tercero los sistemas de remediación (Rocha, 2013).

Retomando, la misma resolución se refiere a biofertilizantes como aquellos capaces de poner a disposición de los cultivos nutrientes, ya sea por fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y por acción fitoestimulante (microorganismos productores de moléculas fitoestimulantes o promotores del desarrollo del crecimiento de las plantas).

La formulación de nuevos productos con sustancias protectoras que mejoran la supervivencia de los microorganismos, el agregado de principios activos estimuladores de funciones y la semilla preinoculada, son algunos ejemplos de desarrollo con tecnologías innovadoras directamente relacionados con los inoculantes biológicos siendo necesario señalar que el concepto inicial se ha exten-

dido actualmente a otras aplicaciones con importancia económica y ambiental, como lo son las formulaciones con microorganismos que ejercen su acción sobre otros organismos vivos (biocontroladores en sentido general), la remoción de sustancias tóxicas en suelos y aguas contaminadas (biorremediación), la optimización de la tecnología de compostaje y en el proceso de ensilaje, entre otros, consecuencia del desarrollo biotecnológico (Lett *et al.*, 2014).

Para enmarcar claramente el concepto de biofertilizante y sus distintas categorizaciones el trabajo se apoya en la definición de Wall como cualquier producto microbiológico que mejora el crecimiento de las plantas y su nutrición, siendo preparaciones microbianas que potencian o promueven el crecimiento de las plantas, en comparación con un control sin inocular. Se han propuesto diferentes mecanismos para explicar el efecto positivo sobre el desarrollo vegetal que pueden agruparse en dos modalidades diferentes: aquellos que ejercen acción directa sobre la fisiología de las plantas promoviendo su crecimiento y aquellos que mitigan una condición de estrés que condiciona el desarrollo de la planta debido a factores bióticos (enfermedades) o abióticos (ambientales). En esta línea se clasifican a los biofertilizantes en:

Los que producen efectos nutricionales en cuanto a fijación de nitrógeno, simbiótica y no simbiótica; disponibilidad de fósforo a través de solubilización o mineralización, aumento de la disponibilidad de otros nutrientes a través de sideróforos por mejora de la absorción por crecimiento de la raíz.

- Los que producen fitohormonas.
- Los que mitigan estrés ambiental provocado por: hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales pesados, salinidad, sequía, elevadas intensidades de luz.
- Promotores del crecimiento y del desarrollo reconocidas como PGPR (siglas en inglés de *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) que incluyen bacterias del género:

² La CABUA se crea por la relevancia que adquiere el desarrollo de productos biotecnológicos conocidos como bioinsumos, cuya calidad, eficacia y bioseguridad es menester asegurar como destaca la resolución. Funciona bajo la órbita de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA) que asesora en lo relativo a los requisitos de calidad, eficacia y bioseguridad, mientras que el SENASA vía Dirección de Agroquímicos y Biológicos es la autoridad de aplicación que inscribe, aprueba y registra los productos.

Pseudomonas, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Gluconacetobacter*, *Herbaspirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Erwinia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Serratia*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, entre otras.

Ante una mayor diversidad microbiana edáfica que está siendo explorada en nuestro país, en los últimos años el término PGPR ha sido reemplazado por PGPM (siglas en inglés de *Plant Growth Promoting Microorganism*) incluyendo a ciertos grupos fúngicos. Grupos tales como los hongos micorrízicos arbusculares (MA) y algunas especies de hongos del género *Trichoderma* podrían utilizarse como biofertilizantes. Si bien estos microorganismos están siendo eficientemente utilizados en el extranjero a escala comercial, la formulación en nuestro país como consorcios aún no se ha implementado (Covacevich *et al*, 2014). La mayoría de los productos comerciales se basan en el uso de un único microorganismo vinculado a bacterias, aunque comienzan a aparecer productos con mezclas más complejas y combinaciones con productos químicos donde no necesariamente el efecto final es la sumatoria de los efectos individuales, y donde se hace más acuciante la falta de conocimiento de las interacciones en sistemas complejos como se verá más adelante.

En síntesis, los inoculantes son reconocidos como insumos formulados con uno o más microorganismos viables beneficiosos, generalmente aislados del suelo o de la rizosfera de las plantas, específicamente seleccionados para promover el crecimiento de los cultivos.

De los rizobios a los rizosféricos.

Históricamente las formulaciones estuvieron vinculadas a bacterias endosimbióticas de los géneros *Bradyrhizobium* y *Sinorhizobium* que se masificaron asociados al desarrollo del cultivo de la soja (*Glycine max* L. Merr.) en Argentina. El término inoculante se asimiló en un primer momento con los productos a base de cepas de rizobios con destino soja cuyo mecanismo de fijación biológica de nitrógeno (FBN)

a través de una asociación simbiótica con las raíces y sus beneficios lograron posicionarse en la mente del productor. Su crecimiento sostenido y espectacular se evidencia desde la segunda mitad de la década del 60, sembrándose en la campaña 2011-2012 casi 19 millones de hectáreas con valores similares en la actualidad.

La alta demanda de nitrógeno de las leguminosas tales como soja (*Glycine max*), alfalfa (*Medicago sativa*), maní (*Arachis hypogaea*) o arveja (*Pisum sativum*) es mayormente cubierta por la incorporación de inoculantes con rizobios y abundan los estudios que muestran sus beneficios sobre el crecimiento y la producción de los cultivos. En el caso de la soja la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* o *B. elkanii* acompaña la expansión del cultivo (Díaz-Zorita, 2014).

Luego se incorporan otros microorganismos vinculados a gramíneas: bacterias diazotrofas fijadoras de nitrógeno atmosférico sin formar una sociedad simbiótica donde el género *Azospirillum* es el más ampliamente estudiado con la especie *A. brasilense* a la cabeza por su mejor funcionamiento respecto a otras bacterias (Okon, 2014). Su función más importante es accionar alrededor del área de las raíces produciendo sustancias promotoras del desarrollo radical. Las azospirillas muestran una muy amplia distribución alrededor del mundo y si bien son más abundantes en las regiones tropicales, también se las encuentra en zonas templadas, frías y desérticas.

En la actualidad, también se está evaluando la efectividad de la inoculación de semillas con bacterias que poseen reconocida capacidad de solubilizar compuestos fosforados, como el género bacteriano *Pseudomonas*, donde *P. fluorescens* y *Ps. Chlororaphis* son las de mayor interés agronómico en ese orden. Además se les atribuye acción secretora de sustancias inductoras y de biocontrol (Ferraris, 2013).

En otra corriente de investigación, como ya se adelantó, aparecen vinculadas a la mejora

de la biofertilidad física y química las micorizas, asociaciones entre ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas. Mejoran el crecimiento vegetal a través de la absorción de nutrientes de baja movilidad como potasio, zinc y especialmente fósforo y actúan como una prolongación del sistema radicular (Peterson *et al*, 2004).

Varias investigaciones han demostrado que la colonización de raíces por hongos micorrízicos incrementa la absorción de fósforo especialmente en condiciones de baja disponibilidad y en estados tempranos del crecimiento de los cultivos. Numerosos trabajos se vienen realizando en la región pampeana sobre cultivos de grano bajo distintas modalidades de labranza y aplicación de fertilizantes con resultados promisorios respecto a los niveles de micorrización (Covacevich *et al*, 2008)

En cambio, los mecanismos de acción de las PGPR se basan en la estimulación del crecimiento de las raíces a través de la exudación de ciertos compuestos químicos (fitohormonas). Tiene la capacidad de producir auxinas, citocininas y giberelinas. No obstante, el mecanismo analizado con mayor amplitud ha sido la producción de auxinas especialmente la del ácido indol acético que producido por las bacterias puede modificar el contenido de fitohormonas de las plantas conduciendo a la estimulación del crecimiento de las mismas (Bar *et al*, 1992). El mayor desarrollo radical inducido por la inoculación con *Azospirillum* conduce a una mayor absorción de agua y nutrientes del suelo que se refleja en el mayor crecimiento del área foliar. El contenido de fósforo, nitrógeno, potasio y diversos micronutrientes es mayor en las plantas inoculadas con *Azospirillum* que en las no inoculadas. Okon y Labandera-González (1994) llevaron a cabo una amplia revisión de las experiencias obtenidas en 20 años de inoculación con *Azospirillum*, donde observaron efectos positivos sobre el rendimiento en el 60-70% de los experimentos y que la inoculación permite disminuir las

dosis de fertilizantes en un 30-45% sin afectar significativamente los rendimientos.

Es bien conocido que tanto las formulaciones a base de rizobios como las rizosféricas tienen un efecto benéfico para el crecimiento de las plantas (Dobereiner 1992; Baldani *et al.*, 1997; Mantelin y Touraine, 2004). Por ese motivo han sido ampliamente difundidas como alternativas para reducir el uso de agroquímicos (fertilizantes y biocidas) con la finalidad de disminuir costos y contaminación ambiental y preservar la salud humana (Dobbelaere *et al.*, 2002; Roy *et al.*, 2002; Kozdroj *et al.*, 2004).

Todos estos microorganismos si bien hoy se comercializan masivamente son integrantes de un conjunto de organismos edáficos que no supera el 10 % de toda la biota del suelo identificada y aún queda mucho por descubrir y transitar como el caso de los grupos fúngicos (Faggioli, 2012).

Qué ocurre a campo.

La respuesta de los biofertilizantes en condiciones de campo es muchas veces poco consistente, asociada a resultados impredecibles e inconstantes lo que ha restringido en cierta forma el desarrollo comercial de inoculantes rizosféricos a gran escala (Abril *et al.*, 2006).

En este sentido las condiciones ambientales (suelo, clima, fertilización, etc.) y las características de los microorganismos nativos e introducidos son factores determinantes para la sobrevivencia y actividad de la rizósfera. Otros estudios realizados en distintos tipos de suelos refuerzan lo señalado en cuanto a factores abióticos que afectan positivamente (contenidos de arcilla, materia orgánica, nitrógeno y capacidad de retención del agua) y otros negativamente (porcentajes de arena y la alta concentración de carbonato de calcio) la sobrevivencia de las más emblemática de las bacterias rizosféricas: *Azospirillum brasilense* (Caballero-Mellado, 2001).

Respecto al tipo de cepa de *A. brasilense*, la Az39 es la más utilizada en los distintos ambientes de la Argentina, con 1×10^9 UFC/ml de producto declarado. El proceso a campo de inocular (condiciones de almacenamiento, transporte, método de inoculación) hace caer ese valor aproximadamente a 1×10^7 admitiéndose que con 10^5 UFC/cm² raíz es suficiente para un buen trabajo por parte del microorganismo (Okon, 2014). El uso generalizado de esta cepa permite un mejor desempeño en la coordinación y comparación de las compañías que elaboran inoculantes como factor positivo pero queda un pendiente a resolver en cuanto a profundizar investigaciones sobre formulaciones mejor adaptados a cada ambiente en particular para producirlos en forma comercial.

A esto se suma que el productor agropecuario que biofertiliza con bacterias rizosféricas espera resultados equivalentes a los obtenidos con la inoculación de leguminosas con rizobios que lleva más años de trayectoria experimental en el uso de cepas seleccionadas y/o mejoradas. Está claro que, como brecha inicial, existen marcadas diferencias entre ambos microorganismos que se relacionan con el grado de interacción con la planta.

A diferencia de las bacterias simbióticas que se encuentran dentro de la raíz, la colonización por organismos rizosféricos está fuertemente afectada por las condiciones del medio ambiente edáficoⁱ (Saubidet *et al.*, 2002)ⁱⁱ. Lo enunciado podría ser la causa de los resultados contradictorios y variables encontradas en las prácticas realizadas en condiciones a campo especialmente agravadas si nos trasladamos de situaciones húmedas a semiáridas. Sin embargo, es reconocido que en condiciones ambientales de estrés hídrico *Azospirillum* sp. entre otros microorganismos resiste mejor estas condiciones y promueve un mayor crecimiento y productividad. Se observaron respuestas en el rendimiento de granos en cereales de invierno (14 %), cereales de verano (9,5 %) y también en leguminosas (6,6 %) en condiciones fuertes de sequía (Cassán *et al.*, 2016).

La falta de consistencia en los resultados de los experimentos a campo es uno de los principales obstáculos y la aplicación e interpretación de los resultados son variables y no es concluyente debido a la compleja interacción entre los diferentes modos de acción de *Azospirillum* sp. ante distintas condiciones del medio

A excepción de la soja que se inocula en la mayoría de los casos, el uso de bacterias rizosféricas (PGPR) en cultivos extensivos en la Argentina crece lentamente estimándose que entre el 5 al 10 % de los lotes destinados a producción incorporan en su paquete de siembra estos formulados biológicos (Ventimiglia, Torrens Baudrix, 2013). Aunque en el contexto económico actual las perspectivas de incremento de estos insumos biológicos son alentadoras, la baja utilización puede obedecer a múltiples factores: desconocimiento de la técnica, desconfianza de los resultados y comparaciones erróneas, no estar dispuesto a asumir mayor trabajo, etc..

Cabe preguntarse si la estrategia de comunicación está debidamente implementada por los responsables de la comercialización de los productos y adecuadamente incorporada en el saber del productor a través de los distintos canales de contacto que se utilizan. Está claro que el productor se interioriza con mucha precisión sobre paquetes tecnológicos integrados con semillas-fertilizantes y plaguicidas químicos, pero ¿cuánto sabe del suelo como laboratorio biológico?

Integrando a los microorganismos: los bioregeneradores del suelo

Es posible enfrentarse a distintas definiciones de suelo en general vinculadas a un ámbito mineral y orgánico, reservorio de agua y aire, en el cual existen micro, meso y macro organismos. Las funciones básicas del suelo bajo esta óptica se limitan a la de dar sostén a la planta y ser el receptáculo de los fertilizantes adicionados capaces de alimentarlas. Pero: ¿en qué grado los productores y otros

actores vinculados al sector agrícola interpretan al suelo como una entidad biológica, un “organismo vivo”?

Cada suelo es único y debe ser estudiado y tratado como tal y la clave para optimizar nutrientes está en conocer el nivel actual y potencial de la actividad biológica de cada suelo. Está comprobado que un suelo rico en diversidad y abundancia biológica es capaz de aportar casi todos los nutrientes al cultivo. Los bioregeneradores del suelo, aportan dichos servicios a través de PGPM, fijadores de nitrógeno, formadores de humus, constructores de estructura como los hongos micorrízicos, solubilizadores de fósforo, etc.

En resumen, estos consorcios microbianos logran, en un plazo relativamente corto, regenerar la actividad biológica edáfica a través de un nuevo equilibrio microbiano capaz de reactivar las funciones vitales del suelo y atenuar el alto nivel de stress que conlleva la producción agropecuaria moderna (Abecassis, 2014).

Este concepto lleva a replantear aquellas prácticas, aún vigentes, de realizar análisis de fertilidad de suelos desde parámetros químicos exclusivamente, incompleta y ocasionalmente físicos (textura y estructura) sin tener en cuenta los de tipo biológicos y lograr precisos diagnósticos y recomendaciones sobre fertilidad para un correcto manejo de nutrientes por ambientes dentro del terreno entre otras prácticas de manejo vinculadas. Servicios ofrecidos por el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) para identificar y cuantificar microorganismos del suelo y actividades microbianas están al alcance de los usuarios. La posibilidad de medir efectos de la inoculación de grupos bacterianos, evaluar potencial micorrízico y caracterizar la diversidad microbiológica en estas prestaciones garantiza el proceso de incorporación de manera segura y eficaz.

Se visualiza una oferta adecuada de laboratorios privados y públicos si se recorre la

web, aunque el interrogante sobre cómo se tracciona el interés de la demanda por conocer más sobre el suelo como soporte de las actividades con el ingrediente biológico constituye un nudo a resolver desde un tiempo considerable. Idear mecanismos para generar conciencia al respecto es un desafío que deben asumir asesores y decisores de las explotaciones agropecuarias en contacto con los productores.

Calidad: pasado y presente.

Si hacemos una breve historia de la inoculación en la Argentina nos remontamos al año 1939 cuando el ex Instituto Experimental de Investigación y Fomento Agrícola-Ganadero de la provincia de Santa Fe, comenzó a difundir cultivos bacterianos seleccionados, luego lo hizo el Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires y posteriormente la ex Dirección General de Investigaciones Agrícolas hasta que en 1958 esta función pasa al INTA. Por esos años comenzó sus actividades en el país la primera fábrica de inoculantes, aunque en la década del 70, la mayor parte de los inoculantes eran importados junto con la semilla de soja desde los EEUU y recién en 1980 el Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMYZA) perteneciente al INTA Castelar lleva adelante el programa nacional de selección y evaluación de cepas de rizobios.

Distintos escenarios se manifestaron desde la irrupción de la soja: en el período 1960-70 casi la totalidad de la soja sembrada estaba inoculada con cepas de rizobios con productos de baja calidad pero resultados diferenciales positivos y observables a pesar de una inoculación deficiente. Sin embargo, luego de este período la práctica de inoculación se redujo sensiblemente hasta 1985 por falta de claridad en cuanto a sus beneficios y los bajos atributos de los productos muchos de los cuales no cumplían con los estándares de calidad mínimos. Esto determinó que los consumidores dejaran de adquirir los productos por la incertidumbre de los resultados (Moretti; 2013).

A partir de 1985 comenzó una fuerte recuperación del mercado de los biofertilizantes cubriéndose en la actualidad más del 70% del área sembrada de soja. Dos factores estratégicos para alcanzar dicha recuperación fueron: la apertura de los mercados y las inversiones realizadas por las empresas privadas apuntando a dos aspectos esenciales: el control de calidad y la claridad en la difusión de los beneficios de su manejo.

Por entonces, no existía un servicio oficial de control para los productos de fábricas particulares o de los inoculantes importados. Se podían encontrar por ese entonces, inoculantes nacionales e importados de diferentes tipos, desde liofilizados hasta granulados, utilizándose con mayor difusión inoculantes a base de turba y el método de inoculación empleado de manera generalizada era el húmedo, y en menor proporción el de tipo liofilizado.

A principio de los '90 se introdujeron los inoculantes con soporte líquido: oleosos no estériles que incluyen fungicida y los acuosos estériles. Estos últimos representan actualmente el 90% de los productos presentes en el mercado. El crecimiento exponencial del área sembrada de soja incrementó el número de empresas productoras de biofertilizantes basadas en rizobios muchas de las cuales elaboraban insumos que actualmente se considerarían inaceptables por no reunir estándares de calidad. Similar camino transitaron los inoculantes basados en fijadores libres especialmente el *Azospirillum brasilense*, entre otros (Penna, 2014).

Siguiendo el mismo tópico, entre 1983 y 1998, el 80% de los inoculantes que se evaluaban, no alcanzaban al vencimiento el número de bacterias indicado en la descripción del producto. En la actualidad, la calidad de los productos se encuentra dentro de rangos internacionales, con alto número de rizobios viables por unidad de producto y con buena supervivencia en el tiempo (Toresani *et al*, 2012).

Si bien, en los últimos años, las empresas nacionales vinculadas a la producción de inoculantes de uso agrícola, han exhibido un importante crecimiento, y los fabricantes han acompañado al productor agropecuario en la búsqueda de soluciones para facilitar su aplicación aumentando sus inversiones en desarrollo; aún persisten muchos cuestionamientos respecto de la calidad de muchos insumos que están presentes en el mercado y numerosos trabajos dan testimonio al respecto (Peticari, 2013).

Por otra parte hay una creciente preocupación de los investigadores en cuanto al desarrollo de metodologías consensuadas que permitan dar con parámetros reales y representativos de la calidad de estos bioinsumos. Y en este aspecto, por ejemplo, el recuento de bacterias sobrevivientes sobre semilla luego de la inoculación es una medida real y una mejor aproximación como parámetro respecto a un simple cálculo teórico dado por recuento de unidades formadoras en caja de Petri o el número más probable determinado por nodulación en planta. Sin embargo aún no existe consenso sobre el valor que debería aceptarse (Penna, 2014) y obliga a preguntarse sobre el auténtico efecto que ejercerá la inoculación al momento de la siembra si no se atienden correctamente estas cuestiones.

Formulados y aplicaciones

Hoy en el mercado argentino se presentan formulados sólidos con base turba, líquidos y acuosos "Premium" en variadas versiones: con bioinductores o moléculas señal para incentivar una temprana nodulación, con micronutrientes, con combinación de rizobios y PGPR (como *Azospirillum* y *Pseudomonas*) denominada coinoculación. Otra técnica al alcance del productor es la preinoculación, que permite inocular con anticipación de hasta 30 días de la siembra combinando un inoculante "larga vida" con terapicos que protegen contra hongos e insectos y un polímero de cobertura.

Distintas empresas ofrecen la alternativa de aplicar inoculantes diluidos en agua en la

línea de siembra, en lo posible antes de ser depositada la semilla. Esto asegura una mayor disponibilidad de bacterias activas en el entorno de las raicillas emergentes, haciendo que la infección y posterior nodulación (caso rizobios) sea rápida y eficiente. Ensayos realizados con esta técnica de chorreado en el surco lograron mayor homogeneidad en la distribución del inoculante, una menor mortandad de bacterias por el efecto letal de la luz solar, la temperatura ambiente y evita los daños mecánicos que sufren las semillas por sucesivos tratamientos mecánicos (Ventimiglia, 2006).

La inoculación en el surco se realiza con equipos de aplicación acoplados a la sembradora con lo que se logra mejorar el tiempo operativo. El equipo consiste de un tanque contenedor de caldo (inoculante más agua) con aislante protector, bomba para otorgar presión y agitar el caldo y un sistema regulable de chorreado (picos de descarga y válvulas antigoteo). Esta herramienta puede tener el inconveniente de una doble operación en caso de curar las semillas con fungicida y disponer de agua de pozo o una cisterna para llevar el inoculante.

Si bien está claro que los biofertilizantes no reemplazan a la fertilización convencional con productos químicos sino que son complementarios es de suma importancia advertir sobre los cuidados que deben tenerse a la hora de combinarlos en cuanto a asegurar una adecuada compatibilidad y una muy alta supervivencia de las bacterias presentes en el inoculante, con los principios activos de los curasemillas o de los fertilizantes líquidos. El mercado presenta desarrollos para prolongar la supervivencia bacteriana y disminuir así el impacto de fungicidas e insecticidas sobre las bacterias, incrementando la coexistencia entre el inoculante y los productos químicos de tratamiento de semilla. En este caso la afinidad positiva o no del inoculante con agroquímicos (fungicidas, insecticidas, fertilizantes) debe ser consultada con el fabricante del inoculante en todos los casos.

¿Falta de Exigencia o autocontrol deficiente?

Es necesario remarcar, en función de lo precedentemente señalado de las herramientas que el productor tiene a su alcance para despejar dudas acerca de la calidad de un inoculante adquirido y asegurar el éxito de la práctica. Una de ellas es la de realizar un análisis del número de bacterias por mililitro (ml) que posee el inoculante y determinar si cumple con la normativa establecida por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y con lo declarado en el marbete.

Si se diera el caso que el control de calidad no es realizado con la metodología apropiada, es probable que los resultados no sean los esperados. Esto podría generar incertidumbre sobre los beneficios de la práctica de biofertilización.

En la Argentina la ley de fertilizantes y enmiendas (N°20466) normaliza sobre la calidad y comercialización de inoculantes. En la actualidad, sólo se exige a las fábricas de inoculantes que se registren (art.1) y que, para autorizar el producto envíen una muestra a analizar a SENASA para constatar la cantidad de bacterias del inoculante (art.4). Sin embargo, no existen controles ni en las fábricas, ni en los negocios que comercializan los inoculantes, para verificar si se cumplen las normas de calidad del producto y del envase (art.6). Asimismo no hay instrumentado un servicio de policía para decomisar los inoculantes vencidos que están a la venta (art.7).

En este sentido, la Red de Control de Calidad de Inoculantes (REDCAI) con sede en la Asociación Argentina de Microbiología (AAM) donde participan microbiólogos tanto del ámbito público como privado tiene como propósito asistir en el proceso de evaluación de inoculantes. Esta tarea se realiza desde el año 2005 en la que se ha conformando una red de laboratorios entre los que se utiliza una metodología consensuada que garantiza al usuario

la calidad del producto. Por lo tanto, es recomendable que el productor se relacione con laboratorios que integren esta red.

Para completar la evaluación de la calidad analítica de los profesionales y laboratorios en los métodos armonizados se organizó un sistema: El Programa de Interlaboratorios para Suelos Agropecuarios (PROINSA) que permite conocer el desempeño de los laboratorios participantes mediante la comparación de sus resultados. Esto sin duda transmitirá confianza a sus clientes (productores, técnicos, asesores) u otros organismos en los resultados obtenidos en cuanto a análisis químicos de suelos.

No obstante hay otras cuestiones, además de la condición de calidad original del producto y sus problemas de coexistencia con agroquímicos, que en ocasiones alteran la eficacia de la práctica tales como utilizar dosis más reducidas, realizar mezclas de inoculantes con agua corriente con cloro o con alto contenido de arsénico, alta exposición al sol en el transporte y almacenamiento del inoculante, entre otros. Esto remarca la necesidad de inocular la semilla en ambientes de sombra con temperaturas moderadas inferiores a 30°C y, por último sembrar lo antes posible, no más de 4 horas luego de aplicado el producto, bajo condiciones agronómicamente favorables.

Por lo expuesto, es imprescindible que los ingenieros agrónomos posean criterios claros no sólo para asesorar sobre el uso de los inoculantes sino también sobre aspectos prácticos que ayuden a elegir un producto de buena calidad. Además se requiere la posterior verificación a campo de la eficiencia de la inoculación complementada con la fertilización convencional atendiendo la verdadera necesidad de nutrientes que manifiesta el suelo.

De competencia y presunciones sojeras

La soja es un cultivo exótico en nuestro país lo que implica la no presencia en nuestros suelos de rizobios naturales específicos para esta leguminosa. Entonces, en suelos sin his-

toria de cultivo de soja previo es imprescindible realizar la inoculación de las semillas. Las cepas introducidas permanecen en los suelos luego de la cosecha, de esta manera, la inoculación anual repetida permite el establecimiento en los suelos de poblaciones de rizobios naturalizados, los que por un proceso de derivación genética, se han disipado en nuevas subcepas con variado grado de eficiencia en cuanto a la capacidad de formar nódulos (Percari, 2006). Los microorganismos naturalizados son más competitivos y más resistentes al estrés, aunque menos eficientes en la fijación biológica de nitrógeno que las recientemente introducidas.

El fenómeno de competencia entre las cepas del producto formulado y las presentes en el suelo generan menos beneficios de la práctica de inoculación ya que las cepas nativas ocupan la mayor proporción de nódulos. En distintas zonas del área sojera es común no aconsejar la reinoculación debido a la falta de efectos visibles sobre los rendimientos. Por experiencia local y extranjera algunos hechos deberían tenerse en cuenta para hacer cambiar de opinión a quienes realizan estas recomendaciones. Por ejemplo, numerosos ensayos experimentales, realizados en los últimos años utilizando inoculantes de excelente calidad determinaron incrementos significativos de los rendimientos incluso en ambientes con cultivos sucesivos de soja (Racca, 2002).

La presunción adoptada por ciertos productores basada en que inocular en suelos previamente inoculados significa pérdida de tiempo y no genera resultados a nivel retributivo es falsa. El costo de inocular por hectárea históricamente no superó los 20 kg. de soja mientras que las respuestas mínimas observadas rondan los 150 kg/ha (Percari, 2006). Hoy en día el costo de la inoculación no supera los U\$ 4/ ha, valor de referencia a marzo de 2016 y frente a los incrementos de rendimiento considerados justifica económicamente la práctica.

Hay mucho de "ilusión óptica" en estos temas de aplicación de biofertilizantes espe-

cialmente cuando se quiere extrapolar resultados sin atender las cuestiones locales. Hay indicios de resultados favorables, por ejemplo de la colonización de una bacteria fijadora de nitrógeno, pero en muchos casos no hay trabajos para cuantificar ese grado de colonización o no tienen validaciones estadísticamente sólidas. En principio, si no se entiende correctamente el mundo de las bacterias, su fisiología, su genética, la dinámica de colonización a campo surgen complicaciones a la hora de evaluar los productos.³

En el camino de la logística de los productos, desde su industrialización, distribución, almacenamiento y las condiciones en el momento de su uso, merece un minucioso análisis aspectos relativos a la curva de vida de un inoculante. Cuestiones vinculadas al envejecimiento del formulado se traducen en diferencias de competitividad frente a los microorganismos nativos. Surge la duda si los productos mantienen la calidad original en cuanto a la estabilidad del producto tanto en el transporte como en las instalaciones de almacenaje, así como, y si los vencimientos están acordes a la curva de vida del inoculante. Sobre este último punto enunciado, existen versiones en el mercado por parte de productores, agentes comerciales y distribuidores basadas en comunicaciones personales sobre casos de dudosa fecha de vencimiento y reetiquetado de productos, lo que fortalece la idea de realizar análisis de calidad previo a la siembra.

Por último, vinculado a la parte operativa el sistema utilizado para la inoculación a campo contempla diferentes equipamientos: de tipo continuo con sinfín (con cepillos protectores en algunos casos), con uno o más tachos dosificadores y tolva para embolsar con aspersor que en general tienen alta capacidad

de trabajo hasta implementos no específicos como la mezcladora de cemento llegando a estados precarios que actualmente siguen vigentes como el mezclado a pala. Dentro de la industria nacional existe un lote de empresas especializadas en fabricar inoculadoras junto con curasemillas con distintas modalidades y capacidades de trabajo incluso hay maquinaria específica para aplicar por chorreo directamente en el surco como ya se mencionó.

En este contexto se advierte que tanto la inoculación y el curado son operaciones desatendidas en muchos casos o no correctamente supervisadas a pesar de trabajar con productos de alta calidad. La variabilidad de formas de aplicación con equipos específicos y de tipo caseros en distintas versiones advierte la necesidad de trabajos de testeo comparativos, a propósito casi inexistentes.

Algunos apuntes sobre el mercado.

La Argentina cuenta con unas 120 empresas dedicadas a la producción de biotecnología que se concentran en distintos campos productivos entre los que se destacan los medicamentos e insumos vinculados a la salud, la producción de semillas y micropropagación, la sanidad y manejo ganadero y la reproducción humana asistida. Su potencialidad no radica en su capacidad de generación de empleo, sino en el poder multiplicador de actividades ubicadas “aguas abajo” en el tramado productivo. En este sentido, las mayores fortalezas se encuentran en la producción de semillas, micropropagación y genética ganadera-donde el país cuenta con claras ventajas competitivas- y en inoculantes (Anllo *et al*, 2011)

En la industria biotecnológica el término “biofertilizantes” está automáticamente asociado a los inoculantes en base a rizobios para leguminosas. Esto se debe a que el mayor desarrollo tecnológico en estos productos se ha dado para ser aplicados en las semillas de leguminosas forrajeras y fundamentalmente en las últimas décadas acompañando el crecimiento de las áreas cultivadas con soja. Por

³ Okon Y. Exposición del tema “*Azospirillum brasilense*, plant growth abilities, commercial applications and historical research perspectives”. IV Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos para una Agricultura Sustentable, Mar del Plata-Balcarce, 2014.

esta razón, la inoculación biológica representa actualmente un mayor interés para el mercado por el volumen comercializado.

En Argentina, según datos de diciembre de 2016 (www.senasa.gob.ar), hay 3631 formularios inscriptos en el SENASA entre Fertilizantes, Enmiendas, Sustratos, Acondicionadores, Protectores y Materias Primas de naturaleza química, orgánica, biológica, aeróbica en forma de líquidos, sólidos, polvos, granulados, perlados, cristales, suspensiones etc.. Se inscriben en este Registro Nacional aquellos productos destinados a la incorporación de nutrientes en el suelo y las plantas, al acondicionamiento del suelo, al revestimiento de las semillas para favorecer su germinación⁴, entre otros.

Entre los productos formulados, aproximadamente 1253 corresponden a bioinsumos registrados como fertilizantes o inoculantes biológicos, también denominados simbióticos biológicos, a lo que se suman alrededor de 25 productos biológicos vinculados con protectores y acondicionadores de inoculantes junto a enmiendas y otros aditivos; tanto dirigidos a cultivos extensivos (con amplio direccionamiento a la soja) como intensivos. En 2016 cerca del 98 % de los biofertilizantes es de procedencia nacional. Sólo 29 productos proceden de otros países en este orden: EEUU (14), Canadá (5), Brasil (4), España (3), Australia (1), Uruguay (1) y Colombia (1).

La planilla de inscripción de fertilizantes biológicos es simple y los ensayos de corta duración respecto a los biocontroladores. Se destaca que en muchos fertilizantes biológicos se mencionan mecanismos de control biológico como efectos secundarios. Quizás esta sea una de las causas por la que se encuentra una amplia diferencia de productos inscriptos como fertilizantes biológicos en comparación con biocontroladores. Esta opción no es del todo errada ya que todos los biocontroladores

tienen un efecto promotor de crecimiento vegetal además de su efecto para controlar plagas (Wright, 2014).

En 2010, el mercado de inoculantes biológicos -que incluye inoculantes de nitrógeno y fósforo, promotores de crecimiento, bioinsecticidas, biofunguicidas y bioherbicidas- generó negocios por 70 millones de dólares de facturación en la Argentina. Para 2020, se estima que esta cifra se eleve a entre 300 y 350 millones de dólares.

En 2016 los inoculantes de nitrógeno representaron casi el 90 a 95% de ese mercado de 70 millones de dólares y el 5 a 10% restante se dividió en promotores de crecimientos, solubilizadores de fósforo, bioinsecticidas y bioherbicidas. Más allá de los cuestionamientos, se trata de una tecnología que posee años en el mercado, los productores la adoptan por los beneficios que aporta al cultivo, debido a la posibilidad de mejorar la captación de nitrógeno y de generar ganancias de rendimiento de 10 a 15%. Entre los inoculantes, el 90% de las aplicaciones se concentra en el cultivo de soja. Se prevé que el mercado de inoculantes se amplíe a los cultivos de trigo, maíz, girasol y sorgo, con lo cual esta tecnología poseería aún mayores posibilidades de crecimiento, respecto de bioinsecticidas, biofunguicidas y bioherbicidas.

La recuperación del mercado de los biofertilizantes a partir del año 1985, el aumento de las áreas sembradas por leguminosas especialmente soja, el incremento del número de laboratorios que investigan en el área de los microorganismos beneficiosos para la agricultura, los ensayos experimentales a campo entre otros saltos cualitativos no aseguran, sin embargo, el futuro de las empresas que elaboran inoculantes (Moretti E.; 2013).

En este sentido, las grandes empresas siguen apostando fuertemente a un portafolio amplio de productos con presencia de insumos biológicos (inoculantes y algunos biocontroladores) aunque aún volcados predo-

⁴ (Resolución 264/2011) -SENASA

minantemente a los fertilizantes y plaguicidas químicos en los que canalizan gran parte de su facturación y garantizan su supervivencia en un mercado altamente competitivo.

CONCLUSIONES

Está claro que en los últimos 30 años ha habido un cambio significativo ampliando la frontera en la agricultura de nuestros sistemas de producción pasando de evaluar la necesidad de nitrógeno y fósforo en cultivos de invierno al uso de microorganismos benéficos en los tratamientos de semilla.

La tecnología de inoculación sufrió saltos cualitativos consistentes especialmente vinculados a la expansión del cultivo sojero desde los primeros formulados en base a turba no estéril o agarizados altamente contaminados, incrementándose paulatinamente las concentraciones microbianas y la supervivencia de las bacterias hasta llegar a los actuales líquidos estériles. El progreso continuó con la aparición de los protectores bacterianos favoreciendo la sobrevivencia y la complementación con curasemillas además de mejorar la logística operacional a campo previo a la siembra, junto con la aparición de maquinaria específica y técnicas como la inoculación por chorreado en el surco.

Sin embargo queda pendiente, en el caso de los rizobios, una mayor profundización en trabajos experimentales vinculados por ejemplo a la coinoculación con otros microorganismos, selección de cepas más infectivas y competitivas, resistentes al stress hídrico, con alta capacidad de FBN y adaptaciones a medios ambientes más complejos.

En cambio, la incorporación de las prácticas vinculadas a la inoculación con PGPM (especialmente *Azospirillum* sp.) por parte del productor tuvo una serie de frenos por diferentes motivos: por un lado una serie de mecanismos complejos que intervienen vinculados a competitividad en el suelo con cepas nativas,

factores climáticos, estado fenológico y nutricional del cultivo entre otros que no han dado respuestas totalmente previsibles si se analiza una campaña o ciclo y no una serie repetitiva de años.

Además otros sucesos limitaron la práctica de inoculación con PGPR/PGPM como la variabilidad en la calidad de los productos comerciales, la abundante y desordenada información generada, en algunos casos contradictoria y, por último, el desproporcionado beneficio publicitado por algunos agentes de agronegocios. Si bien estos eventos se fueron revirtiendo con el tiempo, a través de redes de ensayos en gramíneas especialmente y con otros microorganismos asociados, que encauzaron y sinceraron paulatinamente la información vertida queda como asignatura pendiente llegar al productor con un mensaje claro. Generar conciencia de lo que representan este tipo de productos no contaminantes para el medio ambiente y su mejor manera de interpretarlos requiere de un arduo trabajo en jerarquizar la información y las cuestiones de interés especialmente las vinculadas a la calidad de los productos en las distintas etapas por las que transitan.

Si bien un gran porcentaje de la información vertida en este documento no es desconocida para el sector productivo y el vinculado al mundo de la microbiología y las prácticas de inoculación se vislumbra un escenario de crecimiento e innovaciones ante un gran universo edáfico por descubrir. Con políticas a nivel mundial para reducir la cantidad de fertilizantes químicos la intervención profesional sobre los sistemas de producción está sujeta a nuevos modos de producción agropecuarios. Con este abordaje los responsables de las cuestiones planteadas en este trabajo son muchos: los productores y sus organizaciones, los investigadores que llevan a cabo su tarea en universidades e institutos, la industria de los inoculantes, el estado con sus instituciones y la sociedad toda en sus múltiples facetas.

AGRADECIMIENTOS

A A. Tula Gómez por despertar mi interés en esta investigación. Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto “Los factores eco-

nómicos, sociales y regulatorios en las aprobaciones de las innovaciones biotecnológicas aplicadas al sector agrícola” de la Programación Científica UBACYT 2013-2016

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Abecassis C.. “Bioregeneración de suelos”. Reunión de productores de Daireaux. 18 de setiembre de 2014.
- Anlló G. R.Bisang y L.StubrinL. 2011. Las empresas de biotecnología en argentina. Comisión Económica para America Latina y el Caribe (CEPAL). 2011.
- Abril A.; C.Biasutti; R Maich; L Dubbini y L Noe .2006. Inoculación con *Azospirillum spp.* en la Región Semiárida Central de la Argentina: factores que afectan la colonización rizosférica. *Ciencia del suelo*. 24 (1) 11-19
- Bar T.and Y. Okon. 1992. Tryptophan conversion to indole-3-acetic acid via indole-3-acetamide in *Azospirillum brasilense* Sp7. *Can. J. Microbiol.* 39:81-86
- Begenesic, F. 2002. Hacia un país sojero. 2002. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.Dirección de Agricultura. 12 p.
- Caballero-Mellado, J..2001. El género *Azospirillum* pp. 177-198. En: Microbios en línea. E. Martínez-Romero y J. Martínez-Romero (Eds). Universidad Nacional Autónoma de México. Versión electrónica.
- Cassán F.; M. Díaz-Zorita. 2016. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. *Soil Biology & Biochemistry* 103 (2016) 117-130.
- Chapin F.; G. Whiteman. 1998. *Sustainable development of the boreal forest: interaction of ecological, social, and business feedbacks Ecology and Society*. 2 (2) art. 12.
- Covacevich F., V. Consolo; A. Thougnon Islas y K. Hernandez Guijarro. 2014. Microorganismos potenciales promotores de crecimiento nativos de suelos de Buenos Aires con manejo contrastante. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo II. Bahía Blanca.
- Creus, C. 2014.Palabras de apertura IV Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos para una Agricultura Sustentable. Mar del Plata-Balcarce.
- Díaz Zorita M. 2014. Inoculación con microorganismos rizosféricos y producción de cultivos en Argentina: actualización y perspectivas. IV Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos, Mar del Plata y Balcarce, 6 y 7 de marzo de 2014.
- Dobbelaere S.; A. Croonenborghs; A. Thys; D. Ptacek; Y. Okon and J. Vanderleyden.2002. *Effect of inoculation with wild type Azospirillum brasilense and A. irakense strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biol. Fert. Soils* 36: 284-297.
- Dobereiner J. 1992. *History and new perspectives of diazotrophs in association with non leguminous plants. Symbiosis* 13:1-13.
- Faggioli V.; C. Cazoria; A. Vigna y M. Berti. 2007. Fertilizantes biológicos en maíz. Ensayo de inoculación con cepas de *Azospirillumbrasilense* y *Pseudomonasfluorescens*. Publicación técnica INTA EEA Marcos Juarez.
- Faggioli V. 2012. Micorrizas en soja: beneficios y manejo de suelos para su conservación. Publicación técnica INTA EEA Marcos Juarez . Disponible on line <http://www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/documentos/suelos/trigomicorrizas08.pdf>.
- Faggioli V.; G. Freytes; C. Galarza. 2008. Publicación técnica INTA EEA Marcos Juarez. Disponible on line http://www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/documentos/suelos/micorrizas-y-soja-inta_sojamicorrizas12.pdf.
- Ferlini Micheli A., 2008. Inoculación de semillas, una técnica también para gramíneas. Revista *Producir* XXI, 16(197):16-20.
- Ferraris, G. 2013. Microorganismos con efecto Promotor de Crecimiento (PGPR) en cultivos extensivos. Impacto sobre los rendimientos, la eficiencia de uso de los nutrientes y otros caracteres de interés agronómico. 8 pp. En: Díaz-Zorita, Correa, Fernandez Canigia y lavado (eds). Actas III Jornada del Instituto de Investigaciones en Biociencias agrícolas. Aportes de la Microbiología a la producción de cultivos. INBA-FAUBA. Buenos Aires. Junio de 2013.

- Ferrari M. 2010. Nuestros actuales sistemas de producción agrícola son ambientalmente sustentables. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. 48: 6-10.
- García F. 2003. La nutrición que se viene. XXIV Congreso AAPRESID.
- García F.; M. González San Juan. 2012. La nutrición de suelos y el balance de nutrientes ¿Cómo estamos?. *Revista Fertilizar* N° 24.
- González Anta G.; 2006. "Desarrollos del mercado de inoculantes en el Mercosur". Foro incluido en el Congreso de Soja del Mercosur. 27 al 30 de junio de 2006. Rosario-Argentina.
- Lett L.; S. Toresani; F. Cassan; C. Penna; A. Rossi; A. Albanesi; S. Benintende; F. González Fiqueni y A. Peticari (ex aequo). 2014. Análisis y perspectivas futuras de la Red Nacional de Control de Calidad de Inoculantes. IV Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos, Mar del Plata y Balcarce, 6 y 7 de marzo de 2014.
- Manescotto M.. "Control de calidad de inoculantes". Art. Publicado en La Nación el 19 de febrero de 2011.
- Martellotto E.; H. Salas; E. Lovera E., 2001. "Soja.....al monocultivo". *Revista Fertilizar*, 24:18-22.
- Melgar R. 2006. El mercado de los fertilizantes en Argentina y su relación con el sector agropecuario. Pag. 489-502. En *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. H.E. Echeverría y F.O. García (eds.). Ed. INTA. Bs. As., Argentina.
- Moretti E. 2013. Visión de los biofertilizantes desde el punto de vista de la industria argentina. Laboratorios Biagro S.A. Disponible on line (www.biagrosa.com).
- Peticari A.; M. Arias; J. De Battista 2003. Inoculación en nuevos ambientes productivos. *Revista Agromercado*, cuadernillo de soja, 77, 23-25.
- Peticari A.; C. Piccinetti. 2006. La inoculación siempre vale la pena. Artículo publicado en diario La Nación, 24 de agosto de 2006.
- Racca R.. 2002. " Inoculación en soja: una herramienta fundamental para maximizar la productividad". *Revista Agromercado*, cuadernillo de soja, 70, 23-25.
- Rocha Salavarría P.J. 2013. Conceptualización sobre bioinsumos, relación con la biotecnología e importancia de la institucionalidad". Taller sobre la institucionalidad para el desarrollo y comercialización de bioinsumos en Argentina. Experiencias en países de América Latina y el Caribe". Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -MAGyP. Buenos Aires.
- Satorre E. 2003. Los caminos de la sustentabilidad. *Revista de los CREA*, 273-52-56.
- Saubidet M.; N. Fatta; A. Barneix. 2002. *The effect of inoculation with Azospirillum brasilense on growth and nitrogen utilization by wheat plants*. *Plant Soil* 245:215-222.
- Toresani S.; V. Romagnoli; B. Canavese. 2012. Inoculación en soja: calidad de inoculantes y experiencias a campo en el sur de Santa Fé". *Revista Agromensajes*, publicación cuatrimestral de la Fac. Cs. Agrarias UNR ISSN:16698584. 2012.
- Van Beuzekom, B. and A. Arundel (2006), *Biotechnology Statistics*, OECD, Paris.
- Van Beuzekom, B. and A. Arundel (2009), *Biotechnology Statistics*, OECD, Paris
- Ventimiglia L. 2006. Nueva metodología para capturar nitrógeno atmosférico. Más fácil, más económico, más eficiente". Publicación INTA http://www.joagro.com.ar/publicacion_INTA_2006-07.pdf.
- Ventimiglia L.; L.-Torrens Baudrix. 2013. Girasol: ¿se puede mejorar el rendimiento con la utilización de bacterias?. INTA AER 9 de Julio. EEA Pergamino.
- Vicini C. 1992. Agricultura sostenible: una metodología para su análisis. Documento de la Cátedra de Administración Rural N° 34. Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires.
- Wagner B.; M. Rivera; P. Mondino; J. Montealegre y Y. Colmenarez. 2014. Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe.
- Wall L. 2013. Biofertilizantes. Exposición del tema en Taller sobre la institucionalidad para el desarrollo y comercialización de bioinsumos en Argentina. Experiencias en países de América Latina y el Caribe". Buenos Aires .
- Whelan A. 2013. Bioinsumos, tiempo de adultez. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Wright E., M. Wagner Bettiol C. Rivera, P. Mondino; J.. Montealegre; A., Yelitz y C. Colmenárez.2014. Control Biológico de Enfermedades de Plantas en América Latina y el Caribe. P 9-54.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS.

<http://www.portalfruticola.com/2014/05/05/argentina-los-bioinsumos-argentinos-marcan-tendencia/?pais=argentina>

<http://www.ecoticias.com/alimentos/104097/Microorganismos-mejoran-crecimiento-frutas-hortalizas-resistentes-plagas->

<http://www.senasa.gob.ar/información/productos-veterinarios-fitosanitarios-y-fertilizantes/agroquímicos-y-biológicos-0>

<http://www.maquinac.com> “Informe de inoculadoras y curadoras de semillas”. Nota publicada el 20 de enero 2017.

<http://inta.gob.ar/servicios/análisis-microbiológicos-de-muestra-de-suelos>