



■ Agronomía

Enriquecimiento selectivo de *Pseudomonas* sp. en diferentes sistemas de manejo del residuo agrícola de cosecha (RAC)

María L. Tortora*, Lucía Vera**, Noel Grellet Naval**, María de los Ángeles Núñez***; Juan Fernández de Ullivarri****; Eduardo R. Romero*****, Patricia A. Digonzelli*****.

* Dra. Lic en Biotec., ** Lic. en Biotec., *** Estudiante ****Ing. Agr., ***** Dr. Ing. Agr, ***** Mg. Ing. Agr. Sección Caña de Azúcar, ltortora@eeaoc.org.ar

■ Introducción

La microbiología del suelo, una de las disciplinas que mayor crecimiento ha experimentado durante los últimos años, tiene como objetivo comprender el conjunto de las comunidades microbianas que habitan en la tierra y su contribución a la salud de las

plantas, los ciclos de los nutrientes y la bioquímica del suelo. Actualmente existen numerosas investigaciones destinadas a caracterizar la comunidad bacteriana de los suelos agrícolas y, en particular, a estudiar el efecto que las prácticas agrícolas ejercen en la estructura de las diferentes comunidades microbianas (Ding *et al.*, 2013). La evolución de

la flora microbiana constituye uno de los parámetros críticos a tener en cuenta al evaluar la calidad del suelo debido a que la actividad biológica contribuye al mantenimiento de la fertilidad y funcionalidad de aquel.

Entre las bacterias del suelo, *Pseudomonas* es uno de los géneros más diversos y abundantes en los



agroecosistemas, debido a su gran capacidad de adaptación fisiológica y genética (Silby *et al.*, 2011). Algunas *Pseudomonas* son capaces de colonizar las raíces de las plantas y promover su crecimiento por medio de diferentes mecanismos de acción, e incluso contribuir a la sanidad vegetal inhibiendo el crecimiento de fitopatógenos (Haas and Défago, 2005). Investigaciones realizadas en diferentes sistemas de cultivos, en diversos sitios geográficos y por varios autores sugieren que las comunidades de *Pseudomonas* que habitan en el suelo y en la rizósfera están fuertemente influenciadas por las especies de plantas, las condiciones del suelo y las prácticas de manejo de los cultivos (Picard and Bosco, 2008). Por esta razón, las bacterias de este género se utilizan como indicador biológico de la calidad del suelo y de las prácticas agronómicas sustentables (Agaras *et al.*, 2014).

La producción de caña de azúcar para la elaboración de azúcar y sus derivados es la actividad agroindustrial de mayor importancia económica y social del noroeste argentino, con la producción concentrada en tres provincias de esa región: Tucumán, Salta y Jujuy. La provincia de Tucumán ofrece la mayor producción de caña de azúcar, con una superficie cosechable de 274.180 ha para la zafra 2016 (Fandos *et al.*, 2016). La quema del cañaveral antes o después de la cosecha ha sido una práctica agrícola ampliamente utilizada en Tucumán durante

muchos años y ocasiona numerosos problemas: deteriora el medio ambiente, afecta la calidad del suelo, produce pérdidas significativas de azúcar y afecta la salud de las personas que viven cerca de los cañaverales. Por esta razón, la industria azucarera mundial tiende a reemplazar la quema del cañaveral por el sistema de cosecha sin quema (caña verde). Durante la cosecha en verde de la caña de azúcar se depositan sobre la superficie del suelo grandes cantidades de residuo agrícola de cosecha (RAC) (7 a 30 toneladas de materia seca por hectárea), dependiendo de la variedad y las condiciones de crecimiento del cañaveral. Este residuo puede dejarse como cobertura sobre la superficie del suelo, mezclarse con los primeros centímetros del perfil o ser removido mecánicamente. Investigaciones realizadas en nuestra provincia por el Subprograma Agronomía de la EEAOC demostraron que el mantenimiento del RAC sobre el suelo aporta materia orgánica y nutrientes al agroecosistema, reduce la erosión, disminuye la evaporación y mejora la infiltración de agua en el suelo, favoreciendo la conservación de humedad, entre algunos de sus efectos más importantes



(Digonzelli *et al.*, 2011). Además se demostró que cuando el RAC se descompone libera compuestos alelopáticos que pueden afectar el crecimiento de algunas malezas e incluso de la propia caña de azúcar.

Sin embargo, hasta el momento existen pocos datos locales que demuestren cuál es el efecto de las diferentes prácticas de manejo de RAC sobre las poblaciones microbianas del suelo, especialmente sobre la población de *Pseudomonas*.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en este trabajo se evaluó el efecto de diferentes prácticas de manejo del RAC sobre la abundancia relativa de bacterias cultivables del género *Pseudomonas*, asociadas al suelo y rizósfera del cañaveral.

■ Descripción del ensayo

El ensayo se realizó en la finca El Potrero, perteneciente a la empresa Bulacio Argenti SA ubicada en el departamento de Simoca, en la región de la llanura deprimida salina de la provincia de Tucumán, República Argentina (27° 15' 15,95" S 65° 19' 25,56" O). El área se caracteriza por la presencia de una napa freática de tenor salino que fluctúa durante el año a poca o mediana profundidad. Posee un mesoclima seco sub-húmedo cálido, la temperatura media anual es de 19,5°C y la precipitación media anual disminuye desde 900 mm al sudoeste hasta 650 mm en el este.

Los suelos son de origen aluvial y heterogéneos en sus características texturales (Sanzano y Fadda, 2009). En el caso particular de la finca El Potrero se han realizado obras de drenaje que deprimen el nivel freático, lo que permite el lavado de las sales del perfil de suelo.

El ensayo se implantó el 23 de agosto del 2011 y las evaluaciones microbiológicas se realizaron a partir del 2012, después de la cosecha de la caña planta. La variedad utilizada fue LCP 85-384, por ser la más cultivada en Tucumán. El lote se cosechó sin quemar con una máquina integral con despuntador múltiple y los tratamientos fueron: a) mantenimiento de la cobertura de RAC sobre el suelo b) eliminación de la cobertura (residuo quemado después de la cosecha) y c) incorporación del RAC en los primeros centímetros del perfil (Figura 1). Estos tratamientos se repitieron en cada año de estudio.

En el manejo agronómico del lote se utilizaron herbicidas de post-emergencia, se fertilizó con nitrógeno entre octubre y noviembre de 2012, 2013 y 2014, y no se suministró riego. El diseño fue totalmente aleatorizado con tres repeticiones. La parcela experimental estuvo formada por cinco surcos de 10 metros.

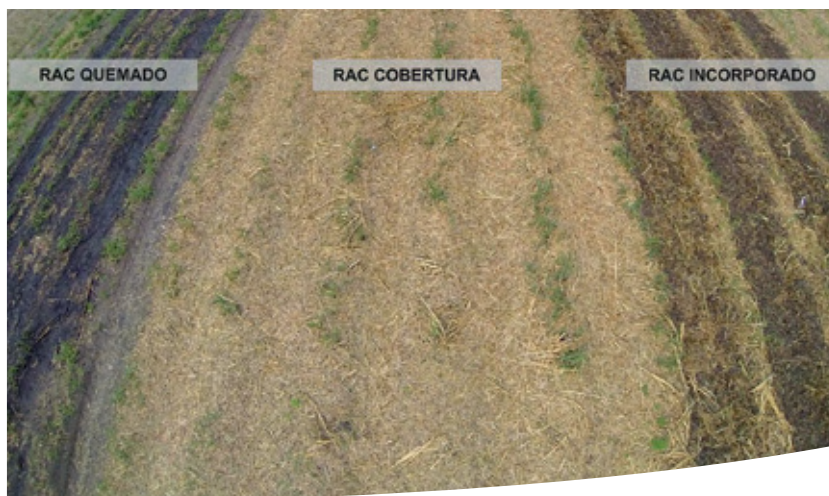


Figura 1. Aspecto de los diferentes tratamientos (RAC quemado, RAC como cobertura y RAC incorporado). Ensayo Finca El Potrero, Depto. Simoca, Tucumán, Argentina.

■ Evaluaciones microbiológicas

Las evaluaciones se realizaron durante todos los ciclos agrícolas (2012/2015). Para ello se tomaron al azar muestras de suelo (0-10 cm de profundidad) y de las raíces de plantas ubicadas en diferentes lugares de cada parcela (dos muestras por cada parcela). Las muestras se procesaron en el laboratorio el mismo día de su recolección.

El recuento de las bacterias del género *Pseudomonas* se realizó en el medio de cultivo selectivo Agar Cetrimida (AC, Britania). Para calcular la abundancia relativa se realizó, además, el recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales en el medio enriquecido Luria Bertani (LB) cuya composición por litro es la siguiente: NaCl 10 g, extracto de levadura 5 g y triptona 10 g; pH 7

■ Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el análisis de la varianza (Anova) y la Prueba de las Mínimas Diferencias Significativas (LSD) con el programa InfoStat versión 2012.

► Influencia del manejo del RAC sobre el crecimiento y desarrollo de la comunidad cultivable de *Pseudomonas sp.* del suelo

Cuando el RAC se deja como cobertura sobre la superficie de suelo o se incorpora al suelo como RAC picado, se produce un aumento estadísticamente significativo en la abundancia relativa de las *Pseudomonas* cultivables con respecto al suelo con RAC quemado. Este aumento se observó a partir del mes de abril del año 2013 y fue independiente de la época de muestreo. Las mayores diferencias en los valores de abundancia relativa se observaron durante el último año de muestreo (2015) (Figura 2).

Según estos resultados, los diferentes sistemas de manejo de RAC (RAC como cobertura o RAC incorporado) incrementan la población de bacterias cultivables del género *Pseudomonas* en suelos, después de dos años de su implementación.

En este sentido, es importante destacar que durante la descomposición del RAC se liberan compuestos fenólicos que ejercen un efecto alelopático sobre malezas, e incluso afectan el crecimiento de la caña de azúcar (Viator *et al.*, 2006). Nuestro grupo de trabajo ha demostrado que estos compuestos afectan, además, a las poblaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno asociados a las raíces y a los tallos de plantas de caña de azúcar (Núñez *et al.*, 2015). Teniendo en cuenta que *Pseudomonas* es considerado el género bacteriano con mayor capacidad para degradar compuestos fenólicos (Basha *et al.*, 2010), probablemente la descomposición del residuo como consecuencia de los diferentes sistemas de manejo ejerza un enriquecimiento selectivo de las bacterias de este género frente a otros grupos bacterianos. La rápida degradación de estos compuestos fenólicos por *Pseudomonas* podría contribuir a reducir el

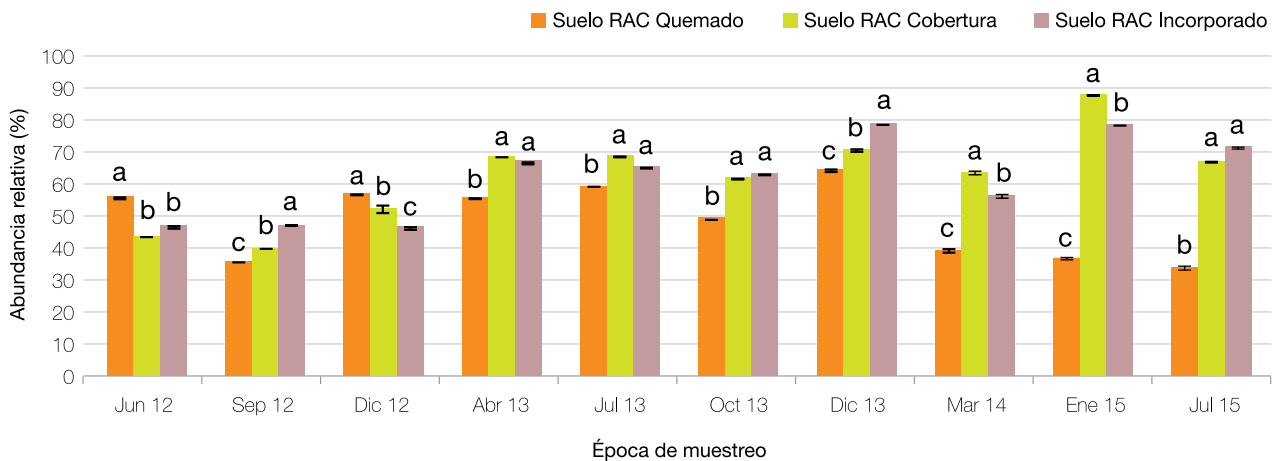


Figura 2. Dinámica de la abundancia relativa de *Pseudomonas* cultivables en muestras de suelo con diferente manejo de RAC evaluada en diferentes épocas. Las barras en naranja corresponden a la abundancia relativa de *Pseudomonas* en suelo con RAC quemado; en verde, la abundancia relativa en suelo con RAC como cobertura; y en marrón, la abundancia relativa en suelo con RAC incorporado. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas con $p \leq 0,05$.

efecto inhibitorio que tienen estos compuestos sobre el crecimiento de la caña de azúcar.

► **Influencia del manejo del RAC sobre el crecimiento y desarrollo**

de la comunidad cultivable de *Pseudomonas sp.* de la rizósfera

Resultados similares a los obtenidos en suelo se observaron al analizar la abundancia relativa de *Pseudomonas* asociadas a

las raíces de plantas crecidas en suelos con diferente manejo de RAC. Las raíces crecidas en suelo con RAC como cobertura y con RAC incorporado presentaron, en general, mayor abundancia relativa

Firestone



FIREAGRO
Firestone

Un nuevo concepto de soluciones donde y cuando lo necesites.

PETROARSA LE BRINDA MAYOR PRODUCTIVIDAD A TU CAMPO

Acercate a Petroarsa y encontrará la más alta calidad de los productos y servicios Agrícolas Firestone.

-Más ahorro

-Mayor tracción

-Mejor confort de marcha



Firestone 80 AÑOS
Produciendo para nuestro Campo

petroarsa.com.ar



Petroarsa
Proveedores de crecimiento

Casa Central
Ruta 302 km 6.5
Cevil pozo, Tucumán

Suc. Concepción
Ruta 38 km 736.5
Concepción, Tucumán

Suc. Centro
Catamarca 135,
S. M. de Tucumán

Suc. Yerba Buena
Av. Solano Vera 1001,
Yerba Buena, Tucumán

Nueva Sucursal
Ruta 9 km 1286,
Lastenia, Tucumán

de *Pseudomonas* cultivables en comparación con las crecidas en suelo con RAC quemado (Figura 3).

En la mayor parte de las épocas evaluadas, las muestras de raíces con RAC incorporado presentaron los mayores valores de abundancia relativa de *Pseudomonas*. Esto podría explicarse teniendo en cuenta que la incorporación del RAC, al permitir un mayor contacto del residuo con el suelo, acelera el proceso de su descomposición. Al igual que en suelo, la mayor liberación de compuestos fenólicos, entre otros compuestos de descomposición, podrían generar condiciones favorables para el desarrollo de *Pseudomonas*, frente a otras poblaciones microbianas.

Por otro lado, se observó que, en general, la abundancia relativa de *Pseudomonas* cultivables asociadas al sistema radicular es mayor que la observada en suelo. La presencia de *Pseudomonas* asociadas al sistema radicular de la caña de azúcar constituye un beneficio agronómico de gran importancia, teniendo en cuenta el elevado potencial de estas bacterias para mejorar el crecimiento y la sanidad de los cultivos (Glick, 2012).

■ Consideraciones finales

Cuando el RAC se deja como cobertura sobre la superficie del suelo o se incorpora al suelo como RAC picado, se produce un aumento significativo en la abundancia relativa de bacterias cultivables del género *Pseudomonas* asociadas al suelo y al sistema radicular de la caña de azúcar. Este aumento es independiente de la época de muestreo y se observa, en general, después de dos años de la implementación de los sistemas de manejo.

■ Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a la Empresa Bulacio Argenti (BASA) por haber apoyado el trabajo realizado.

Bibliografía citada

- Agaras, B. C.; L. G. Wall. and C. Valverde. 2014. Influence of agricultural practices and season on the abundance and community structure of culturable *Pseudomonas* in soils under no-till management in Argentina. *Plant soil*, 382: 117-31.
- Basha, K. M.; A. Rajendran and V. Thangavelu. 2010. Recent advances

in the biodegradation of phenol: a review. *Asian J. Exp. Biol. Sci.* 1 (2): 219-234.

Digonzelli, P. A.; E. R. Romero; L. Alonso; J. Fernández de Ullivarri; H. Rojas Quinteros; J. Scandaliaris and S. Fajre. 2011. Assessing a sustainable sugarcane production system in Tucumán, Argentina. Part 1: Dynamics of sugarcane harvest residue (trash) decomposition. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 88 (1).

Ding, G; Y. M. Piceno; H. Heuer; N. Weinert; A. B. Dohrmann; A. Carrillo; G. L. Andersen; T. Castellanos; C. C. Tebbe and K. Smalla. 2013. Changes of soil bacterial diversity as a consequence of agricultural land use in a semiarid ecosystem. *PLoS One* 8: e59497.

Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2016. Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2016 en Tucumán. Reporte Agroindustrial: Relevamiento satelital de cultivos en la provincia de Tucumán N° 124: 3-13.

Glick, B. R. 2012. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Sci.* 2012: 15.

Haas, D. and G. Défago. 2005. Biological control of soil-

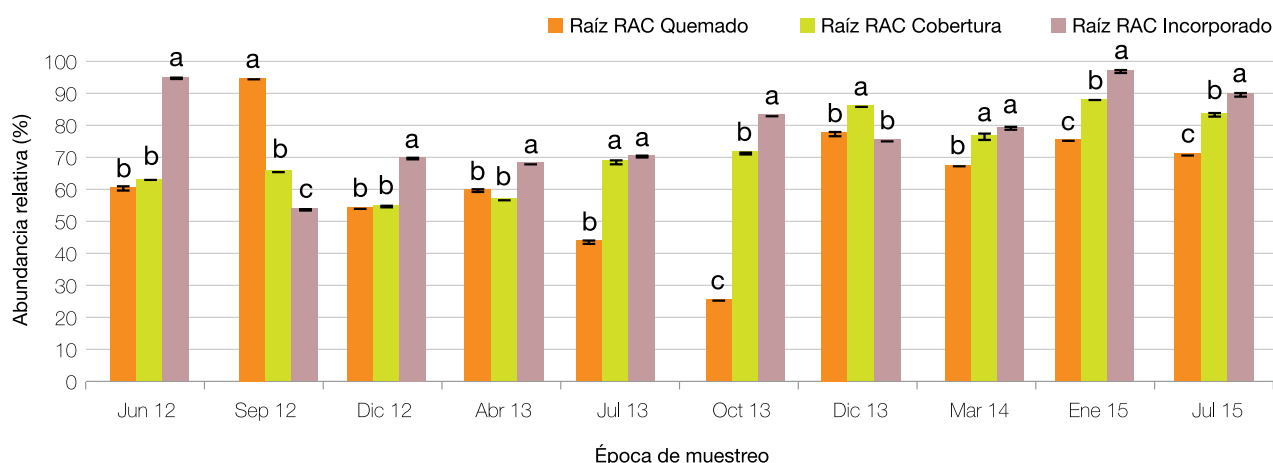


Figura 3. Dinámica de la abundancia relativa de *Pseudomonas* cultivables en muestras de rizósfera crecidas en suelos con diferente manejo de RAC evaluadas en diferentes épocas. Las barras en naranja corresponden a la abundancia relativa de *Pseudomonas* en raíces crecidas en suelo con RAC quemado; en verde, la abundancia relativa en raíces crecidas en suelo con RAC como cobertura; en marrón, la abundancia relativa en raíces crecidas en suelo con RAC incorporado. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas con $p \leq 0,05$.

borne pathogens by fluorescent *Pseudomonas*. Nat. Rev. Microbiol. 3: 307-319.

Núñez, M. A.; M. L. Tortora; M. F. Leggio Nemme; E. R. Romero y P. A. Digonzelli. 2015. Evaluación del efecto de extractos acuosos del residuo de cosecha de la caña de azúcar sobre el crecimiento del cultivo y el desarrollo de microorganismos benéficos. III Congreso Argentino de Microbiología Agrícola y Ambiental, Buenos Aires, Argentina. Póster B-20.


Picard, C. and M. Bosco. 2008. Genotypic and phenotypic diversity in populations of plant-probiotic *Pseudomonas* spp. colonizing roots. Sci. Nat. 95: 1-16.

Sanzano, G. A. y G. S. Fadda. 2009. Características de los suelos para caña de azúcar: recomendaciones de manejo. En: Romero, E. R.;



P. A. Digonzelli y J. Scandaliaris (eds.), Manual del Cañero, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Tucumán- Argentina, pp. 23-34.

Silby, M. W.; C. Winstanley; S. A. Godfrey; S. B. Levy and R. W.

Jackson. 2011. *Pseudomonas* genomes: diverse and adaptable. FEMS Microbiol. Rev. 35 (4): 652-680.
Viator, R. P.; R. M. Johnson; C. C. Grimm and E. P. Richard. 2006. Allelopathic, autotoxic and hormetic effects of postharvest sugarcane residue. Agron. J. 98: 1526-1531. 

AGRO

SU CAMPO CRECE
ACOMPAÑADO DE LA
MEJOR FINANCIACIÓN.



Con los Créditos Prendarios de Banco Macro financie la compra de Maquinaria Agrícola OKM. con las mejores tasas del mercado.

- > MONEDA EN DÓLARES
- > TASA FIJA
- > A LARGO PLAZO
- > AMORTIZACIÓN ANUAL O SEMESTRAL
- > CONTAMOS CON CONVENIOS ESPECIALES CON FABRICANTES Y/O CONCESIONARIOS

CONOZCA MÁS SOBRE ESTA LÍNEA EN MACRO.COM.AR
O EN LA SUCURSAL MÁS CERCANA A SU DOMICILIO.

Te acompañamos a crecer.



0810-555-2112
macro.com.ar



PRODUCTOS DISPONIBLES PARA CARTERA COMERCIAL. EL EFECTIVO OTORGAMIENTO ESTARÁ SUJETO A LAS CONDICIONES DE CONTRATACIÓN, OTORGAMIENTO Y APROBACIÓN CREDITICIA DE BANCO MACRO S.A. DISPONIBLE PARA DESTINOS ADMITIDOS POR EL B.C.R.A. PARA LA FINANCIACIÓN EN MONEDA EXTRANJERA (COM. A 5908). PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE LAS DISTINTAS FORMAS DE FINANCIACIÓN DISPONIBLES Y LAS CONDICIONES DE SU OTORGAMIENTO, CONSULTE CON SU EJECUTIVO DE CUENTA DE SUCURSAL, COMUNIQUESE TELEFÓNICAMENTE AL 0810-555-2112 O CONSULTE LA WEB MACRO.COM.AR.