Año 7 • No. 49 Septiembre 2023

PACANA

"Compartiendo el conocimiento"

Potasio y Producción de Nuez

Flujos Comerciales de Diferentes Tipos de Nueces

Microorganismos Asociados a la Rizosfera del Nogal

Exudación Radicular y Productividad Agrícola.

CLUB ROTARIO DELICIAS

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

SPNuez CHIHUAHUA

1921 myers 2021

ferreteros desde 1921

CIEN AÑOS

Arpilla para nuez

¡Felicidades a todos los nogaleros en su dia!

Todo para una COSECHA DE CALIDAD

¡VISITA CUALQUIERA DE NUESTRAS TIENDAS

casamyers.com.mx

PACANA

"Compartiendo el conocimiento"

Publicación:
Club Rotario Delicias

Director:
Ing. Gustavo A. Batista Rodríguez

Comité Editorial:

Dr. Gerardo García Nevárez
EDITOR GENERAL

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios
ÁREA: SUELOS Y NUTRICIÓN

Dra. Leslie Carnero Avilés
ÁREA: PLAGAS Y ENFERMEDADES

Dr. J. Alfredo Rodríguez Pineda
ÁREA: AGUA

Ing. Rubén Ortega Reza
ÁREA: ECONOMÍA Y ORGANIZACIÓN DE PRODUCTORES

Dr. Socorro Héctor Tarango Rivero
ÁREA: FENOLOGÍA

Dr. César Guigón López
ÁREA: CONTROL BIOLÓGICO

Ing. Efraín Cisneros Franco
PRESIDENTE DEL CLUB ROTARIO DELICIAS

Carlos Villarreal Fernández
DISEÑO DE EDICIÓN

VENTAS PUBLICIDAD
Cel. ***639-166-1279***
Tel. Oficina ***639-472-0267***

e-mail
pacanarevista@gmail.com
Web
www.pacanarevista.com

En esta edición

4

Potasio: Esencial Para la Producción de Nuez

M.C. Jesús Raúl Burrola Morales
Consultor Especialista en Nogal Pecanero.
raulburrola@outlook.com

12

Resumen Estadístico de Producción, Flujos Comerciales y Consumo de Diferentes Tipos de Nueces

Ing. Rubén Ortega Reza,
ruben.ortegar@lanuezera.com

18

Microorganismos Asociados a la Rizosfera de Nogales Nativos, Criollos y Mejorados

Dra. Ana Luisa Olivas Tarango.
aolivas@innovakglobal.com

28

Exudación Radicular: Impacto en la Sanidad y Productividad Agrícola

Dr. Ali Asaff Torres[1], Dr. Francisco de la Torre[2]
[1]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo [2]Innovak Global

PACANA: Año 7 No. 49, Septiembre-Octubre 2023, es una publicación bimestral editada por la Fundación Rotaria Delicias, A.C. ubicada en calle Primera Oriente No. 500, Col. Centro, C.P. 33000, Cd. Delicias, Chih. Tel. 639-472-0267.

Director responsable: ***Gustavo Adolfo Batista Rodríguez***. Reservas de derechos al uso exclusivo de autor: 04-2016-020115080-102 E ISSN en trámite. Permiso postal autorizado por SEPOMEX CA-08-0020. Impresa en ***CARMONA IMPRESORES***, En Blvd. Paseo del Sol No. 115, Col. Jardines del Sol, Torreón, Coahuila, con un tiraje de 2000 revistas..

Las opiniones expresadas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de los colaboradores y no representan las opiniones de Club Rotario

Potasio: Esencial Para la Producción de Nuez

M.C. Jesús Raúl Burrola Morales
Consultor especialista en nogal pecanero. raulburrola@outlook.com

1. Introducción

El potasio (K) es uno de los 17 elementos esenciales para la nutrición del nogal al ser absorbido en grandes cantidades durante el ciclo de crecimiento principalmente por las raicillas jóvenes. El K no forma parte de ningún compuesto orgánico hasta ahora conocido, pero si interviene en el movimiento de otros nutrientes como nitratos (NO_3), en la producción y transporte de carbohidratos y proteínas, y en el balance hídrico que mantiene la turgencia de las hojas (Thompson y Troeh, 1998).

2. Potasio en el suelo

El Potasio puede estar de forma disponible en la solución del suelo, en cuerpos de intercambio como arcillas y humus y en forma no disponible dentro de las capas de síllica que formas las arcillas (illitas, vermiculitas, cloritas y montmorillonitas). Cuando este compuesto se agota por la absorción de las raíces de los cultivos o por lixiviación puede ser remplazado por aportaciones que están en los cuerpos de intercambio catiónico, por suministro de fertilizantes o residuos de cosecha para generar un

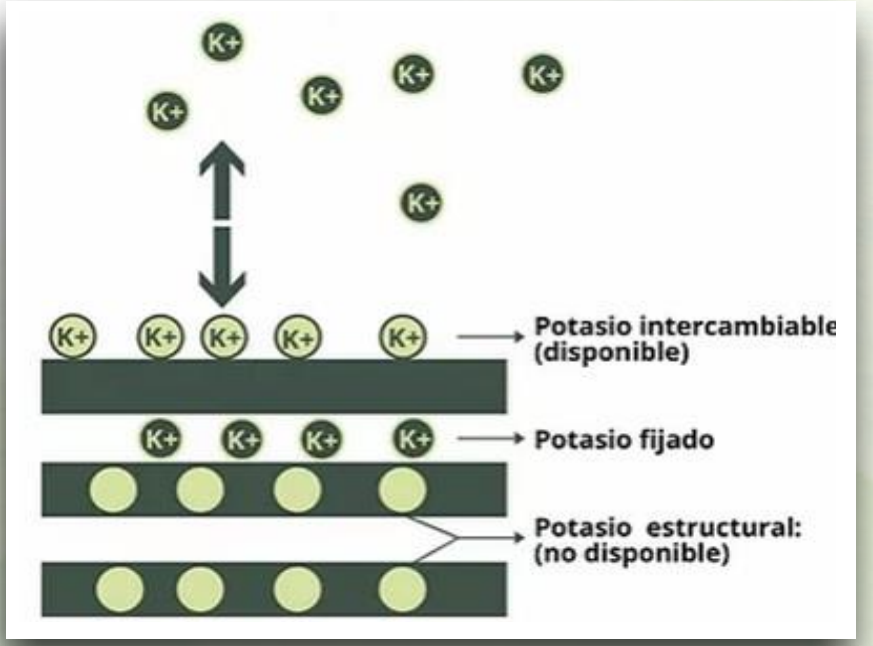


Figura 1. Potasio en estructura coloidal

equilibrio (Figura 1).

Los iones K^+ que se encuentran en los sitios de intercambio no pueden desplazarse hacia las raíces a menos que sean sustituidos por otros cationes en los puntos de intercambio, y las raíces que se aproximan lo suficiente a estos iones pueden intercambiarse por un ion H^+ (Thompsom y Troeh, 1998).

Un factor importante que afecta la disponibilidad del K en el suelo es la textura del mismo, un suelo con textura fina (arcilla) posee un mayor contenido de K en comparación de un suelo de textura gruesa (arena), esto debido a su alto contenido de cuerpos coloidales que retienen al K en sus cargas negativas, en contraste con un suelo arenoso el cual tiene una capacidad de intercambio catiónico mucho más baja por lo que no puede retener cantidades importantes de cationes ocasionando la perdida de K por lixiviación.

También de manera importante las malezas pueden competir fuertemente por el K del suelo cuando no se maneja de forma adecuada con segado o desvarado (Goff *et al*., 1991).

3. El potasio dentro del nogal

El K tiene un papel muy importante en el transporte y formación de compuestos que se almacenan en la almendra como aceites y proteínas. (Hammar y Hunter, 1946) y en el caso del nogal puede acumular K adicionalmente en hojas y otros tejidos mucho antes de que los órganos sumideros (frutos) lo necesiten (foto 1) (Smith, 2009). Cuando la carga de nuez es alta estimula al árbol a mantener las hojas sanas el mayor tiempo posible presentando una mayor tasa fotosintética, altos niveles de clorofila, proteínas y ARN pero menor cantidad de K foliar que en arboles con carga de nuez baja, por lo que es importante mantener un buen nivel nutrimental, sobre todo en K en años de alta producción (Wood, 1988; Andrews *et al*., 2021).

Cuadro 1. Clasificación de los niveles de potasio en el suelo, extraído mediante acetato de amonio neutro en el suelo de acuerdo al grupo textural.

Textura	Contenido de potasio en suelo		
	Bajo	Medio	Alto
Arcilla	125-175	250-450	800-1200
Franco	100-150	200-300	600-1000
Arenoso	50-100	150-250	400-600

Foto 1. Movimiento de potasio a los sitios de demanda.

En un periodo muy corto, de finales de agosto a mediados de septiembre ocurre un crecimiento muy acelerado de la almendra, completando el 63% de su peso seco, el 73% de su aceite total, 43% de su ceniza y el 73% de su proteína (Hammar y Hunter, 1946). El nogal sufre de un estrés nutricional con mayor frecuencia en los años de carga alta de nuez ya que se asocia a un alto contenido de K en el ruezno y puede ser tan severo que puede ocasionar quemaduras en hojas y presentarse defoliación (Foto 2) (Sparks, 1977), este estrés también suele presentarse al final del crecimiento de la nuez y durante el llenado de almendra, sobre todo de K y fosforo (P), más que el nitrógeno (N), debido a que estos elementos son movilizados a los sitios de demanda como lo es la formación de nueces (figura 2) (Hammar y Hunter, 1949; Walworth el al., 2005).

El bajo contenido de K en la hoja de nogal puede afectar seriamente a la fotosíntesis debido a su papel en la activación de enzimas como la ribulosa bifosfato carboxilasa oxigenasa encargada de fijar el CO_2 (Mengel y Kirkby, 2000); en este sentido. Shen *et al*., (2018) mencionan que el rango adecuado de K para una fotosíntesis eficiente en el nogal debe de estar entre 1.2 y 1.4 % (en base a materia seca) logrando un intercambio de CO_2 de 8 $\mu mol \bullet m^{-2} \bullet s^{-1}$, sin embargo, si el nivel de K en la hoja se encuentra a menos de 0.6% el intercambio de CO_2 disminuye un 50% (4 $\mu mol \bullet m^{-2} \bullet s^{-1}$), esta deficiencia ocasiona que el CO_2 se acumule en el cloroplasto y no se conviertan carbohidratos. Worley, (1994) menciona que un umbral de 0.75% de K en la hoja pareciera adecuado y practico extremo inferior del rango de suficiencia, sin embargo, Smith et al. (2012) reportan que cuando el nivel foliar de K es menor del 1% es necesario aumentar su concentración aplicando 50 Kg. de óxido de fosforo (P_2O_2) por hectárea vía suelo.

Figura 2. Cambios de fósforo y potasio en la nuez durante el llenado de almendra.

Cabe mencionar que una deficiencia de K también puede ocurrir por un desbalance nutrimental cuando se excede en la dosis de nitrógeno en la fertilización, ocasionando una quemadura en la hoja que afecta negativamente al peso de la nuez (Smith, 2010), por lo que no tener un programa de fertilización balanceado puede generar competencia entre nutrientes y afectar la disponibilidad de K así como de otros nutrientes (Sparks, 1986).

4. Potasio y rendimiento

El rendimiento en huertas con alternancia se correlaciona inversamente con él con el peso de la nuez y el contenido de aceite, lo que quiere decir que los años de carga alta de frutos la nuez tiene menos peso

y menor contenido de aceite, y lo contrario ocurre cuando se tiene una carga de frutos baja. Un alto porcentaje de almendra en la nuez depende del contenido de aceites y ácidos grasos como el aceite palmítico, oleico y linoleico, y para formar estos ácidos grasos el K juega un papel importante, lo que nos indica la importancia de la nutrición de K en años de alta carga de frutos (Wells y Wood, 2007; Chang et al., 2019),

Peer y Kessler (1945) mencionan que el análisis de K en el ruezno nos puede servir como indicador fisiológico de este nutrimento en el árbol, ya que existe una relación lineal entre el contenido de potasio en el ruezno y el contenido de aceite en la almendra, indicando un nivel crítico de K en el ruezno de 1.57%.

En los últimos años las temperaturas y la radiación se han incrementado ocasionando desordenes fisiológicos como quemadura de sol y aumento de la fotorespiración (Grajeda *et al*., 2016), este estrés está originando que la segunda caída se dé con mayor intensidad, sin embargo, un buen suministro de K ayuda a disminuir el aborto de frutos (Smith, 2009). De manera importante el nivel de K en la hoja tiene una correlación positiva con el retorno de floración y esto se puede ver afectado cuando el nivel crítico mínimo en el mes de julio es de 1.0% de K en la hoja (Smith, 2010).

5. Como suministrar potasio

Una dosis adecuada de K en la región centro-sur de Chihuahua varía entre 40 a 80 Kg de óxido de potasio (K_2O_5) por hectárea, el cálculo de la dosis a utilizar depende de los análisis de suelo y hoja, la edad del árbol, tipo de suelo, forma de aplicar el fertilizante y densidad de plantación. La recomendación es la aplicación de potasio en forma de nitrato o sulfato, siendo más eficiente el nitrato de potasio (Diver *et al*., 1985) vía foliar al 20% de la dosis anual en el transcurso del año, con énfasis en las etapas de crecimiento del brote y en llenado de almendra (Walworth *el al*., 2005). La aplicación foliar es la más recomendada debido a que en ocasiones la fertilización de K al suelo no muestra efectos en cuanto al aumento de la producción o aumento del nivel de potasio foliar debido a su bloqueo físico en el suelo, por lo tanto, la aplicación de K al suelo tiene

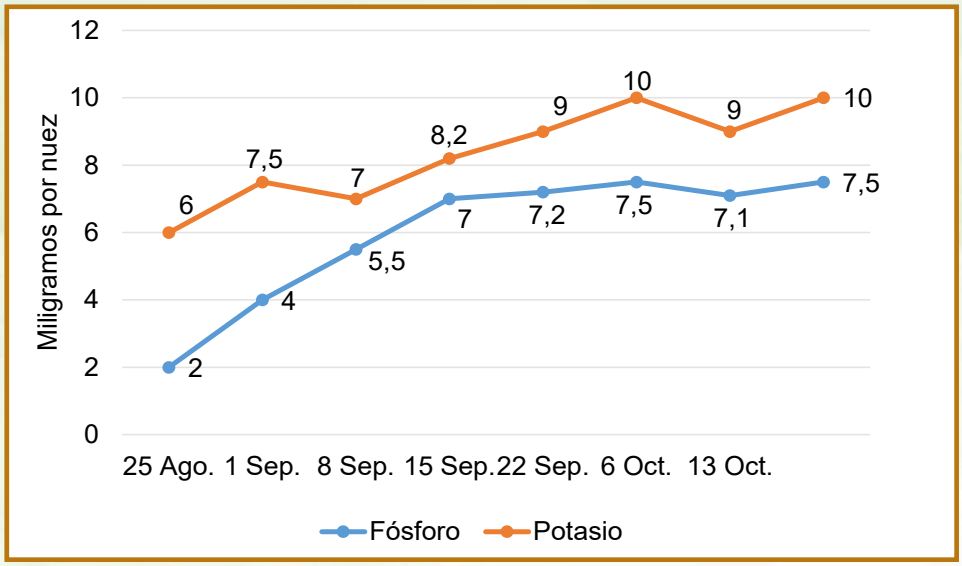


Figura 2. Cambios de fósforo y potasio en la nuez durante el llenado de almendra.

una respuesta lenta y una alternativa para corregir una deficiencia en tiempo presente es la aplicación foliar (Smith et al., 1987; Sparks, 1986).

Por otra parte, una forma eficiente de suministrar K de manera anticipada es con un adecuado programa de fertilización al suelo con fertirriego (Smith, 2010), en caso de no contar con fertirriego lo más conveniente es realizar la fertilización en banda ya que aplicar el fertilizante potásico al voleo se tiene una respuesta favorable hasta después de tres años de aplicación debido a su fijación en el suelo (Smith, 2013).

Otra forma de aplicación es mediante la incorporación de residuos orgánicos de la misma huerta o esquilmos de otros cultivos, el potencial de retorno de potasio en una huerta nogalera puede ser de hasta 43 Kg por hectárea al incorporar los residuos de cosecha como los rueznos, los cuales son una excelente fuente de potasio orgánico saludable y disponible debido a su alta solubilidad como catión monovalente dentro de este tejido (Yadav y Bisht, 2014; Andrews et al., 2021).

6. Literatura citada

Andrews, E. M.; S. Kassama: E. E. Smith; P. H. Brown and S. D. S. Khalsa. 2021. A review of potassium rich cropresidues used as organic matter amendments in tree crop agroecosistems. Agriculture 11: 580 p.

Chang, J.; H. D. Hua; X. H. Yao; S. P. Yang and K. L. Wang. 2019. Analisis of dynamic changes of oil and mineral nutrients in pecan art he late stage of fruit development. Forest Research 32(6): 122-129 p.

Diver, S. G.; M. W. Smith and R. W. McNew. 1985. Foliar applications of K_2SO_4, KNO_3, urea and HH_4NO_3 on pecan seedlins. HortScience 20(3): 422-425 p.

Goff, W. D.; M. G. Patterson and M. S. West. 1991. Orchard floor manegement practices influence elemental concentration in young pecan trees. HortScience 26(11): 1379-1381 p.

Hammar, H. E. and J. H. Hunter. 1946. Some physical and chemical changes in the composition of pecan nuts during kernel filling. Plant Physiology 21(4):476-491 p.

Hammar, H. E. and J. H. Hunter. 1947. Influence of fertilizer treatment on the chemical composition of more pecan leaves during nut development. Plant Physiology 22(6): 16-30 p.

Mengel, K. y E. A. Kirkby. 2000. Principios de nutrición vegetal. Instituto Internacional de la potasa 4 ed. 608 p.

Peer. S. and B. Kessler. 1984. The development of the “Delmas” pecan fruit with special reference to growth phases and changes of lipids and potassium. Scientia Horticulturae 24: 323-329 p.

Shen, C.; R. Huang; Y. Tang and Z. Wang. 2018. Potassium nurition recover impacts on stomatal, mesophyll and biochemical limitiations to photosynthesis in *Carya illinoensis* and *Carya cathayensis*. Bio Rxiv 425629.

Smith, M. W.; B. C. Cotten and P. L. Ager. 1987. Foliar potassium spray son adult pecan trees. HortScience 22(1): 82-84.

Smith, M. W. 2009. Partitioing phosphorus and potassium in pecan trees during high low crop

Lideres en equipos de liempieza y clasificacion de nuez pecana.

INFO@INDBERGEN.COM

WWW.INDBERGEN.COM

625 - 583 - 8101
432 - 788 - 4590

INDUSTRIAS AGROTECNICAS BERGEN S.A. de C.V.

season. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 134(4): 399-404 p.

Smith, M. W. 2010. Relationshp of leaf necrosis and defoliations to phosphorus and potassium concentration in selected tissued and to certain fruit quality parameters of pecan. Scientia Horticulture 125(3): 117-122 p.

Smith, M. W.; Ch. T. Rohla and W. D. Coff. 2012. Pecan leaf elemental sufficiency ranges and fertilizer recomendations. HortScience 22(5): 594-599 p.

Smith, M. W. and B. S. Cheary. 2013. Response of pecan to anual soil band applications of phosphorus and potassium. HortScience 48(11): 1411-1415 p.

Sparks, D. 1977. Effects of fruiting on scorch premature defoliation and nutrient status of "Chikasaw" pecan leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(5): 669-673 p.

Sparks, D. 1986. Growth and nutrition of pecan seedling from potassium phosphate foliar sprays. HortScience 21(3): 451-453 p.

Thompson, L. M. y F. R. Troeh. 1998. Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverte. 639 p.

Yadav, R. P and J. K. Bisht. 2014. Litter fall and potential nutrient returns from pecan nut (Carya illinoinensis) in agroforestry sistema in Indian Himalaya. International Journal of Herbal Medicine 2(1): 51-52.

Walworth, J.; G. Sower; A. Pond; M. Kilby; R. Gibson; R. Call and B. Lewis. 2005. Pecan leaf nutrition status. Western Nutrient Management Conference . Vol 5. Salt Lake City U.T. 121-128 p.

Wells, M. and B. Wood. 2007. Relationships between leaflet nitrogen potassioum ratio and yield of pecan. HortTecnology 17(4): 473-479.

Worley, R. E. 1994. Long term performance of pecan trees when potassium application is base don prescribed threshold concentrations in leaf tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(3): 434-438 p.

Wood, B. W. 1988. Fruting affects photosynthesis and senecence of pecan leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(3):432-436 p.

MAQUINARIA AGRÍCOLA CASTILLO Est. 1966

www.maquinariacastillo.com.mx

Implementos y Maquinaria Agrícola Castillo

info@maquinariacastillo.com.mx
Las Varas, Saucillo, Chih. Mex.
(639) 477 01 38 - (639) 477 01 39

Resumen Estadístico de Producción, Flujos Comerciales y Consumo de Diferentes Tipos de Nueces

Ing. Rubén Ortega Reza, ruben.ortegar@lanuezera.com

*Nota aclaratoria: en este artículo, el término "nueces" se utilizará para referirse a lo que en inglés se conoce como "*tree nuts*", que abarca almendras, nueces de la India, nueces de Castilla, pistaches, avellanas, macadamias, piñones, nueces de Brasil y, por supuesto, nueces pecaneras. Cualquier tipo de nuez en particular será referido con su nombre completo.*

1. Introducción

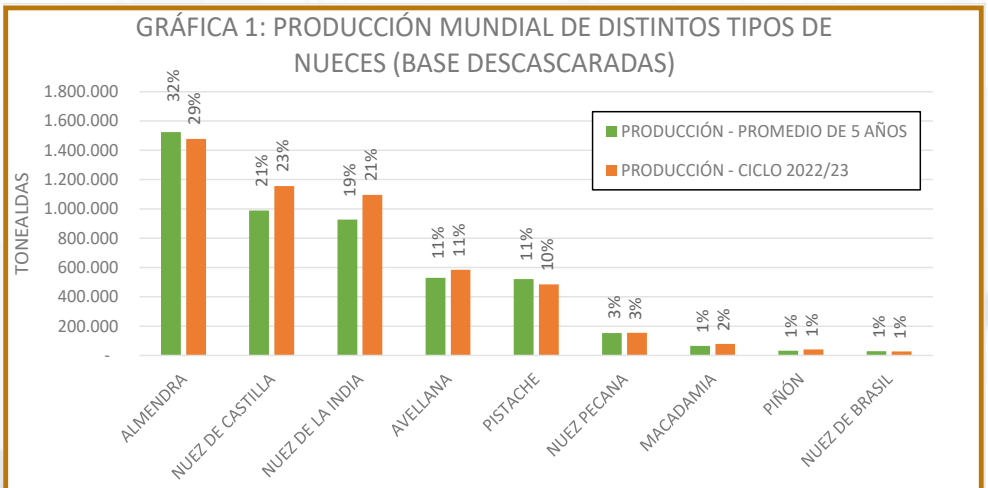
Cada año, INC (*International Nut&DriedFruit Council*), presenta un informe estadístico de producción, exportación, importación y consumo de las nueces y frutos secos de mayor relevancia económica en el mercado internacional. A continuación, se presenta un breve resumen del informe 2022/2023 enfocado únicamente en los diferentes tipos de nueces, con el fin de contrastar en el contexto global la producción, mercado internacional y el consumo de la nuez pecanera contra los otros tipos de nueces.

2. Relevancia de la nuez pecanera en la producción mundial de nueces.

Aunque la nuez pecanera registra un incremento de producción en los últimos 10 años de 5%, su aporte es apenas del 3% de la producción mundial de nueces. Por otro lado, las almendras, nueces de Castilla, nueces de la India, avellanas y pistaches son las nueces de mayor producción mundial, sumando más del 90% del total. De hecho, sumando solo la producción de los tres tipos de nueces más producidas en el mundo, las almendras, nueces de Castilla y nueces de la India, suman casi el 75% del total mundial.

3. Principales países productores de nueces.

La producción de nueces en el mundo está altamente concentrada en ciertas regiones según el tipo de nuez (ver gráfica 2). Es decir, prácticamente en todos los tipos de nueces, al menos el 75% de la producción mundial se ubica en dos o tres regiones del mundo. La excepción son la producción de macadamia y de piñón, en las cuales probablemente influya que la producción es pequeña, de entre el 1 y 2% del total de producción mundial (ver gráfica 1), de manera que cualquier región medianamente productiva es relevante en la oferta de estos dos tipos de nueces. En el caso de las almendras, que son el tipo de nuez de mayor producción mundial (ver gráfica 1), Estados Unidos en solitario lidera la producción mundial, dejando a Australia y España con una participación pequeña en porcentaje, pero relevante en volumen por tratarse del



Fuente: elaboración propia, con datos del Statistical Yearbook 2022-2023 del International Nut & Dried Fruit Council (2023).

Caballero
Customs Brokers
Agentes Aduanales

XP
Logistics & Trade Inc.

Agencia Aduanal mexicana y americana

- Importación y exportación

Trade Compliance

- Asesoría en comercio exterior y logística

Bodega

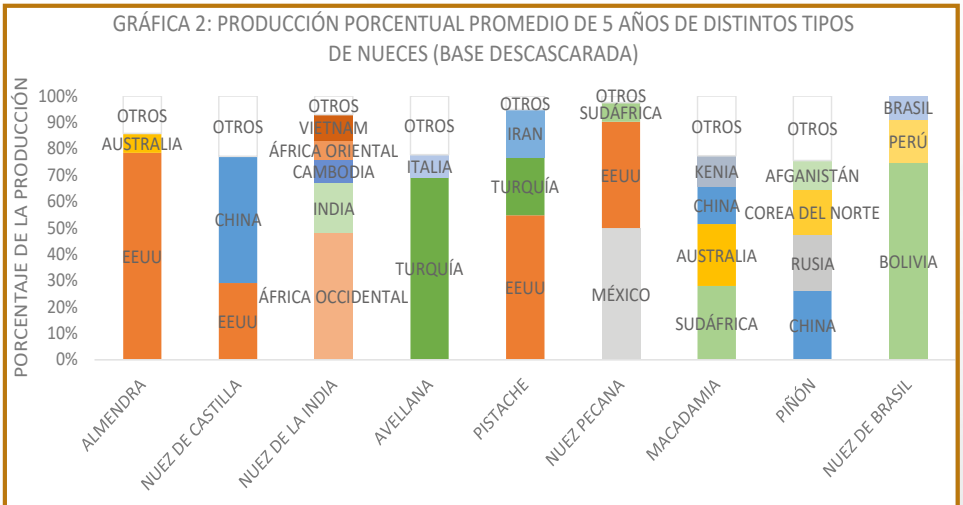
- Almacén
  - Distribución
  - Inventarios
  - In Bond

Logística en Transporte

- Terrestre
- Ferroviario
- Marítimo
- Aéreo

Caballero Agentes Aduanales
Cd. Juárez, Chihuahua
Tel: +52 656 682 1925
www.caballeroxp.com

XP Logistics & Trade, Inc.
El Paso, TX
Tel: +1 915 859 3000
contacto@caballeroxp.com



Fuente: elaboración propia, con datos del Statistical Yearbook 2022-2023 del International Nut & Dried Fruit Council (2023).

tipo de nuez con mayor volumen de producción (113 y 89 mil ton, respectivamente). Para la nuez de Castilla, segundo tipo de nuez de mayor producción mundial, además de China y Estados Unidos que suman 77% del total de producción, Chile y España producen 70 y 41 mil ton, respectivamente.

Estados Unidos, además de ser el principal productor de almendras y nueces de Castilla, también tiene una participación importante en la producción de pistaches (55%) y nuez pecanera (40%), más una participación modesta pero relevante en la producción de avellanas (5%) y macadamias (5%).

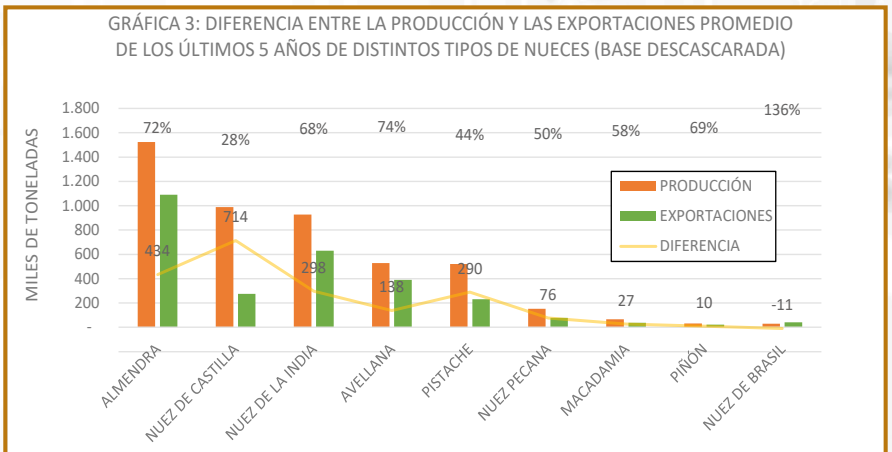
4. Flujos internacionales.

El porcentaje de exportaciones de cada tipo de nuez muestra la importancia que representa para cada una el mercado internacional (ver gráfica 3). Por ejemplo, en el caso de la nuez de Castilla, su exportación representa solo el 28% de la producción, principalmente porque China es el principal productor (ver gráfica 2) y sus exportaciones apenas llegan al 3.5% del volumen que produce. En cambio, en el caso de las almendras, la mayoría de la producción tiene fines de exportación (72%). Llama la atención que las nueces de Brasil aparentan tener 11 mil toneladas más de exportaciones que de producción, lo cual no tiene mucho sentido en un promedio de 5 años, sin embargo, dado que prácticamente no hay consumo local en los países productores y a que Europa representa el destino más importante para este tipo de nuez (ver gráfica 4), siendo Alemania y los Países Bajos la puerta de entrada al continente para este producto, las exportaciones de estos países al resto de Europa están consideradas en los datos de exportación, provocando que se duplique el registro de volumen exportado.

En las importaciones, Estados Unidos es el país con mayor volumen de compra internacional, resaltando en todos los tipos de nueces que no produce: nuez de la India (26%), macadamia (28%), piñón (15%) y nuez de Brasil (14%), además de la nuez pecanera, en la cual, a pesar de ser el segundo mayor productor mundial (ver gráfica 2), importa el 64% del total del comercio internacional (ver gráfica 4, incluido en la región de Norte América). Sin embargo, como regiones del mundo, Asia y Europa occidental se ubican como los mayores importadores de nueces del mundo, con 30.8 y 29%, respectivamente (ver gráfica 4).

5. Consumo mundial de nueces y tendencia a futuro.

Aunque Estados Unidos y China se posicionan como los países con mayor consumo total de nuez, (21 y 20% del total, respectivamente), dado que la población de Estados Unidos es solo el 23% de la población China, (Banco Mundial, 2022), el consumo de nuez del estadounidense promedio es 4 veces mayor al del chino promedio. Sin embargo, tanto la posición actual como la tendencia de consumo de nueces a nivel global tiene una diferencia clara al segregar los países por nivel de ingresos. Usando la información del Banco Mundial (2022) para determinar los países con ingresos altos, medio-altos y medio-bajos, se observa un promedio de consumo mayor en los países con ingresos altos (como Estados Unidos, Canadá, la mayoría de los países de Europa occidental, Corea del Sur, Japón y Australia), así como una tendencia mayor de crecimiento en el consumo per cápita contra los países con ingresos medio-altos (como México, Brasil, Argentina, China y países de Europa del este) o medio-



Fuente: elaboración propia, con datos del Statistical Yearbook 2022-2023 del International Nut & Dried Fruit Council (2023).

INCREMENTA

TU PORCENTAJE DE ALMENDRA, CON LAS DIFERENTES OPCIONES DE POTASIO QUE TENEMOS PARA TU CULTIVO

COSECHA LOS BENEFICIOS DE SER CLIENTE GREENHOW

PREGUNTA POR LAS ALTERNATIVAS DE NKS

Abono CE
SULFATO DE POTASA
Solucros®

Greenhow
KERF®
Nitrato de Potasio + Magnesio
Fertilizante Inorgánico en Cristales
GREENHOW

KILIBRIO®
COLOSSAL
N: 10% • P_2O_5: 5% • K_2O: 40%+QEM+MgO+NO
Fertilizante Inorgánico
GREENHOW
CONTENIDO NETO
25 kg

COFEPRIS

NOS VEMOS EN:
FORO NACIONAL DE AGRICULTURA ORGÁNICA, 7A EDICIÓN
29 - 30 • Junio • 2023

Alto porcentaje de llenado

Frutos más vigorosos

Katresno
COLOSSAL
11-0-41+QEM+MgO+NO

ALLIONS® • ÁCIDOS • FERTILIZANTES SOLUBLES Y ORGÁNICOS • ADITIVOS • BIOESTIMULANTES • FOSFITOS
QUELATOS • MEZCLAS GRANULADAS ÓPTIMAS • SUSTRATOS Y CONSUMIBLES • SISTEMAS DE RIEGO • BIOCONTROL

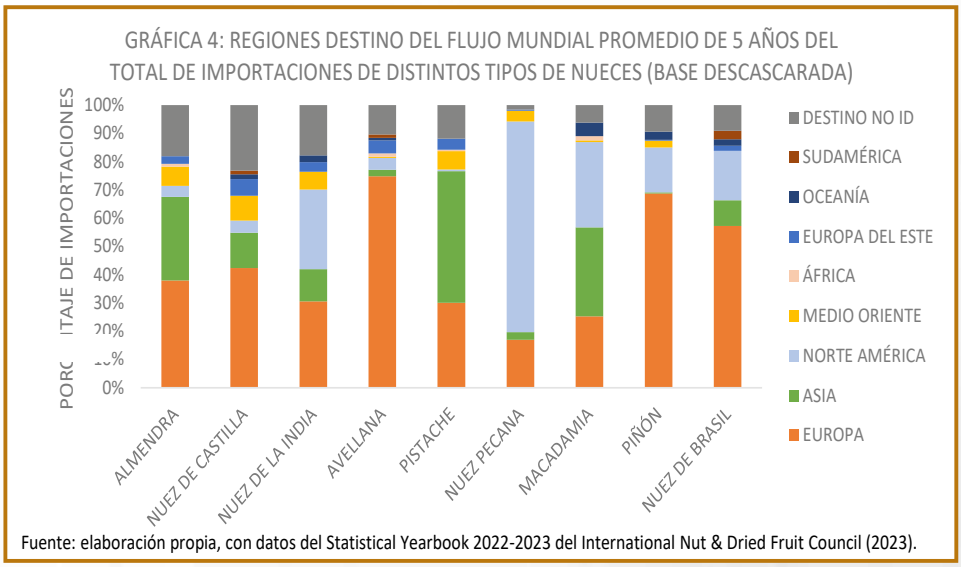
DELICIAS CHIHUAHUA
Av. 7ma Oriente 205
Col. Centro
T. 639 688 1247

TORREÓN COAHUILA
Calzada de Todos los Santos 5625
Col. Ejido Paso del Águila
T. 871 750 5995

CD. VICTORIA TAMAULIPAS
Carr. CD. Victoria-Matamoros Km 5.3
Ejido Lázaro Cárdenas
T. 834 254 1501

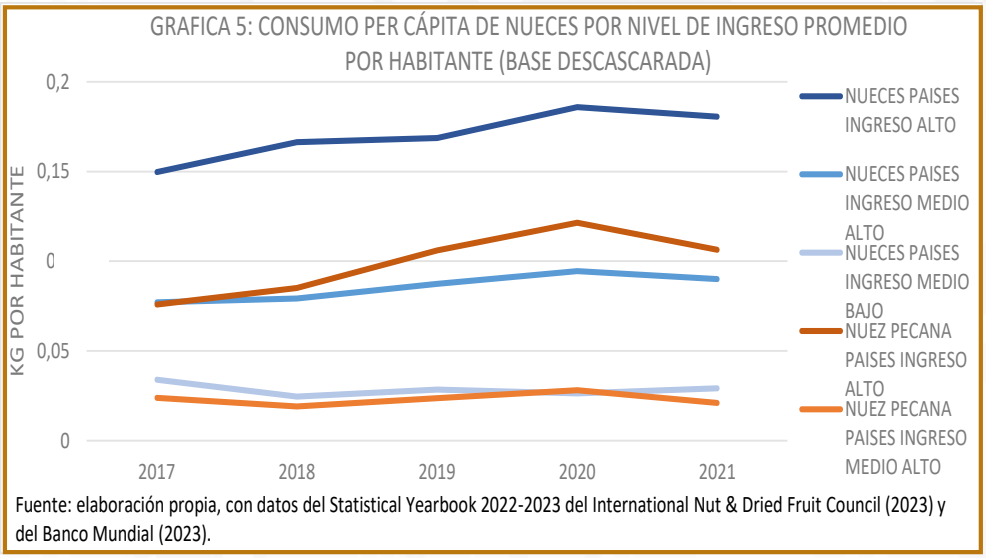
COMERCIALIZADORA GREENHOW

greenhow.com.mx • f in



Fuente: elaboración propia, con datos del Statistical Yearbook 2022-2023 del International Nut & Dried Fruit Council (2023).

nueces en los países de ingreso medio-alto, y el volumen de consumo promedio de nuez pecanera en los países de ingresos medio-altos se asemeja al consumo promedio de todas las nueces en los países de ingreso medio-bajo (ver gráfica 5).



Fuente: elaboración propia, con datos del Statistical Yearbook 2022-2023 del International Nut & Dried Fruit Council (2023) y del Banco Mundial (2023).

6. Conclusiones.

Los datos publicados en el informe de INC son generales y solo son un punto de partida para entender sin mayores detalles la oferta y la demanda de nueces, y visibilizar el panorama de la producción, comercialización y consumo de nueces en el mundo, así como contextualizar dónde se ubica la nuez pecanera alrededor del resto de nueces. Aunque teóricamente los diferentes tipos de nueces son productos sustitutos y compiten entre sí, sería incorrecto asumir que se pueden sustituir directamente, pues los datos mostrados no permiten conocer hasta qué punto el menor precio de un tipo de nuez puede quitarle demanda a otra, o si existe demanda cautiva de un tipo de nuez que hace irremplazable su consumo a pesar de la oferta de otros tipos de nueces. Por lo tanto, lo más probable es que las relaciones que se puedan encontrar entre los datos del informe sean casualidades, impidiendo que se puedan realizar conclusiones contundentes. Sin embargo, los datos sí sirven para detonar ideas y preguntas interesantes para analizar y buscar responder más adelante.

bajos (como la India, Ucrania, Marruecos y Egipto) (ver gráfica 5, líneas azules para nueces en general). Específicamente para el caso de la nuez pecanera, las tendencias de crecimiento en el consumo para países de ingresos altos y medio-altos tienen un comportamiento prácticamente igual a las tendencias del crecimiento en el consumo promedio de todos los tipos de nueces. La diferencia notoria es que el volumen de consumo promedio de nuez pecanera en los países de ingresos altos es más similar al consumo promedio de todos los tipos de

El informe completo de INC se puede encontrar en la siguiente liga: https://inc.nutfruit.org/wp-content/uploads/2023/05/Statistical-Yearbook-2022-2023.pdf

7. Literatura citada.

International Nut & Dried Fruit Council [INC]. (2023). Nuts & Dried Fruits Statistical Yearbook 2022/2023. En https://inc.nutfruit.org.

World Bank Open Data. (s. f.). Population, total. https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL

World Bank Open Data. (s. f.). World Bank Open Data. https://data.worldbank.org/

World Bank Open Data (s. f.). Current classification by income. World Development Indicators. https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037712/World-Development-Indicators

ISECHISA

INNOVARE SBG

Germinare

Los esperamos en el 26° Día del Nogalero en Delicias, Chihuahua

ISECHISA Y GERMINARE PRESENTES

6, 7 y 8 de septiembre 2023

El *Evento Nogalero* más importante del país

germinare.com

Av. 6a Norte No. 600, Cd. Delicias, Chih. Tels.: 639-472-7131 • 639-472-7133
E-mail: isechisa@prodigy.net.mx • www.insecticidasysemillas.com.mx

Microorganismos Asociados a la Rizosfera de Nogales Nativos, Criollos y Mejorados

Dra. Ana Luisa Olivas Tarango. aolivas@innovakglobal.com

1. Introducción

El árbol pecanero es autóctono de los Estados Unidos (Sparks, 2005a,b). En el sentido botánico y evolutivo el nogal pecanero se clasificaría como relativamente "no domesticado". El nogal nativo es aquel originario de los nichos ecológicos de la especie (Wood et al., 1990); un nogal criollo es aquel introducido a una región diferente a la de su origen, pero se comporta tan bien como si fuera una especie nativa. Los nogales pecaneros también se cultivan comercialmente en huertas donde el árbol ha sido sujeto a mejoramiento genético y manejo agronómico intensivo. El objetivo del presente estudio fue definir si existen diferencias en el microbioma rizosférico de cada tipo de nogal, determinando concentración de microorganismos de algunos grupos funcionales e identificando molecularmente aquellos más prevalentes y de mayor actividad biológica.

2. Resumen

Se hicieron aislamientos de microorganismos asociados a la raíz de nogales criollos, nativos y variedades mejoradas. El perfil microbiológico mostró que el suelo de los nogales nativos tuvo mayores concentraciones de hongos (9.7×10^4 UFC/g), microorganismos fijadores de

PROMANUEZ®

De nuestro corazón a tu corazón

Contamos con **24 tiendas** y tienda en línea en la República Mexicana

2 próximas tiendas en Nuevo León:
· La Rioja · San Nicolás

Promanuez está certificado en FSSC 22000 (Food Safety System Certification) by GLOBAL STD.

La empresa también cuenta con la certificación KOSHER.

Envíos nacionales en promanuez.com

Promanuez México
Tel. 800 911 90 90

Cuadro 1. Población de microorganismos por grupo funcional (UFC/g) en muestras de suelo rizosférico de distinto origen geográfico y tipo de árbol (2021).

Origen	Bacterias totales	Hongos totales	Fijadores de N_2
Río Brazos	$9.7x10^4$ a	$8.4x10^3$ a	$5.8x10^5$ a
San Bartolomé	$1.1x10^5$ a	$5.0x10^3$ a	$1.5x10^5$ a
Delicias	$1.4x10^5$ a	$7.1x10^3$ a	$2.6x10^5$ a
Origen	**Solubilizadores de P**	***Pseudomonas* sp.**	**Actinomicetos**
Río Brazos	$2.6x10^3$ a	$8.5x10^3$ a	$1.0x10^4$ a
San Bartolomé	$3.6x10^3$ a	$3.2x10^3$ a	$1.4x10^4$ a
Delicias	$4.0x10^3$ a	$1.3x10^4$ a	$9.2x10^3$ a

*Medias con letras distintas dentro de una columna son diferentes de 0.05 (Tukey).

nitrógeno atmosférico ($5.8x10^5$ UFC/g) y Pseudomonas sp. ($8.5x10^3$ UFC/g) que el de nogales criollos y mejorados. Se aislaron e identificaron molecularmente cinco especies de hongos (Penicillium herquei, Trichoderma harzianum, Metarhizium anisopliae, Fusarium solani y Talaromyces pinophilus) y cuatro de bacterias (Streptomyces atratus, Pseudomonas putida, Pseudomonas moraviensis y Bacillus thuringiensis). Por su parte, los nogales criollos tuvieron la concentración más alta de actinomicetos ($1.4x10^4$ UFC/g); se aislaron siete especies de bacterias (Streptomyces gardneri, Microbactecterium vannielii, Rouxiella chamberiensis, Bacillus toyonensis, Streptomyces subrutilus, Streptomyces camponoti y Pantoea stewartii) y cuatro de hongos (Penicillium brevicompactum, Penicillium chrysogenum, Penicillium brevicompactum y Paraconiothyrium brasiliense). Finalmente, las bacterias ($1.4x10^5$ UFC/g) y microorganismos solubilizadores de fósforo ($4.0x10^3$ UFC/g) fueron mayores en el suelo de nogales mejorados; fueron seleccionadas las especies de bacterias Bacillus subtilis, Streptomyces sp., Microbacterium hibisci y Pseudomonas chlororaphis y los hongos Clonostachys rosea y Ensifer sesbasniae.

3. Resultados y discusión

Como se observa en el cuadro 1, la población de bacterias y hongos totales y de microorganismos fijadores libres de nitrógeno varía en el suelo rizosférico de nogales de distinto origen y con o sin manejo agronómico, aunque sin diferencia estadística. Sorpresivamente, la mayor población de bacterias se encontró en el suelo de nogales mejorados, pero la de hongos y sobre todo la de fijadores de nitrógeno resultaron mayores en los nogales nativos; esto es, los dos últimos grupos microbianos prevalecen en el suelo sin aporte de insumos agrícolas.

La concentración más alta de microorganismos solubilizadores de fósforo corresponde a los nogales mejorados, debido tal vez a que el aporte continuo de fertilizantes fosforados favorece su actividad. En el caso de Pseudomonas sp. la mayor población también aparece en el suelo de nogales mejorados, con aporte de fertilizantes químicos. Esto sugiere que los insumos introducidos al ambiente edáfico promueven la actividad de ciertos grupos funcionales. Los nogales criollos tuvieron la concentración más alta de actinomicetos. Se tiene poca información para tratar

www.agromacs.com

DuMac´S

Nuestra línea de fertilizantes quelatados con EDTA

Aplicación radicular

ZincKel

Composición	% P/P
Zinc-EDTA (Zn).....	14.00

DuMac´S -MultiM

Composición	% P/P
Zinc –EDTA (Zn).....	7.0
Cobre-EDTA (Cu).....	3.0
Hierro –EDTA(Fe).....	2.0
Magnesio-EDTA(MgO)....	1.0
Manganeso-EDTA(Mn)....	1.0

-Fe **-Cu** **-Mg**

Fertilizantes de **hierro, cobre** y **magnesio** quelatados con EDTA.

ROMPIENDO PARADIGMAS

AGROMac´S®
AGROCHEMICAL'S MacDONALD

González Ortega 1103 Col. San Isidro
Cd. Camargo, Chih.

agrochemicalsmacdonal@hotmail.com
Tel/Fax: (648) 462-6650

Cuadro 2. Identificación molecular de las cepas microbianas de mayor prevalencia en el sitio de árboles nativos, Río Brazos (Texas).

Muestra	Especie	Actividad biológica
4B	*Pseudomonas putida* (99.86%)	Promotor del crecimiento
5B	*Streptomyces atratus* (99.93%)	Productor de antibiótico
6B	*Penicillium herquei* (99.31%)	Solubilizador de P
8B	*Pseudomonas moraviensis* (99.71%)	Productor de AIA
9B	*Bacillus thuringiensis* (100%)	Antagonista microbiano
1H	*Trichoderma harzianum* (99.68%)	Antagonista microbiano
2H	*Metarhizium anisopliae* (100%)	Solubilizador de P
3H	*Fusarium solani* (99.82%)	Biorremediador
7H	*Talaromyces pinophilus* (99.232%)	Promotor del crecimiento

de explicar dichas respuestas, pues son incipientes los estudios de comunidades microbianas en nogal pecanero (Palma et al., 2021).

3.1 Microorganismos en nogales nativos

El supuesto es que en una formación nativa de nogales (sin insumos antropogénicos) debe haber más diversidad microbiana en su suelo; aparentemente no ocurre así, puede haber más o menos concentración de microorganismos y sí una especiación diferencial. En el cuadro 2 se muestran los resultados de identificación molecular de los microorganismos correspondientes a nogales nativos.

En los nogales nativos, de los microorganismos obtenidos en los cultivos en medios semi-selectivos se seleccionaron aquellos con mayor prevalencia o actividad biológica interesante. Se determinaron cinco especies de hongos y cuatro de bacterias (cuadro 2). Cabe señalar que en este sitio se encontraron dos especies diferentes de Pseudomonas.

3.2 Microorganismos en nogales criollos

Del sitio San Bartolomé, del suelo vecino a la rizosfera de nogales criollos, se aislaron por más prevalentes siete especies de bacterias y cuatro de hongos (cuadro 3). Es el sitio que tuvo la mayor concentración de actinomicetos, se determinaron tres especies de actinobacterias. Un estudio previo en nogaleras también encontró que en muestras de suelo rizosférico y no rizosférico el filo dominante correspondió a Actinobacteria, seguido de Proteobacteria (Palma et al., 2021).

3.3 Microorganismos en nogales mejorados

En el suelo vecino a la raíz de nogales mejorados se aislaron como más prevalentes cinco especies de

AGRO CHIMAYO

"Con Chimayo, tu cultivo está en buenas manos"

AGRO CHIMAYO

INSUMOS AGRÍCOLAS

MANEJO INTEGRADO DE PLAGASY ENFERMEDADES

PROGRAMAS DE NUTRICIÓN ESPECIALIZADOS POR CULTIVO

TECNOLOGÍA DE ASPERSIÓN FOLIAR DE AGROQUÍMICOS

SERVICIO A DOMICILIO

Teléfono: 614-492-7700 y 614-492-7701

email: ventas@agrochimayo.com

bacterias y dos de hongos (cuadro 12). En resumen, de los cuadros 10, 11 y 12 se infiere que el ecosistema (nogales nativos) y los dos agroecosistemas (nogales criollos y mejorados) presentan una diferencia importante en cuanto a diversidad taxonómica de los microorganismos del suelo vecino a la raíz de los nogales. La riqueza microbiana asociada a la especie vegetal es un banco de herramientas biológicas potenciales para el fomento de la bioestimulación del cultivo en condiciones de estrés ambiental edáfico (Molina et al., 2020).

Cuadro 3. Identificación molecular de las cepas microbianas de mayor prevalencia en el sitio de árboles criollos, San Bartolomé (Valle de Allende, Chihuahua).

Muestra	Especie	Actividad biológica
19H	*Penicillium brevicompactum* (100%)	Hongo predominante
20H	*Paraconiothyrium brasiliense* (99.83%)	Hongo predominante
17B	*Streptomyces gardneri (99.86%)*	Bacteria predominante
18B	*Microbactecterium vannielii (99.93%)*	Bacteria predominante
21B	*Rouxiella chamberiensis (100%)*	Solubilizador de P
22H	*Penicillium chrysogenum (99.49%)*	Hongo predominante
23H	*Penicillium brevicompactum (100%)*	Solubilizador de P
24B	*Bacillus toyonensis (100%)*	Antagonista microbiano
25B	*Streptomyces subrutilus (99.79%)*	Bacteria predominante
26B	*Pantoea stewartii (99.58%)*	Solubilizador de P
27B	*Streptomyces camponoti (99.21%)*	Bacteria predominante

Más de 35 años impulsando la industria pecanera en el mundo

EST. 1985

La Nogalera

— GOOD ROOTS, AMAZING NUTS —

Contamos con una capacidad de compra superior a 50,000 toneladas anuales

Presencia en los 5 continentes y en más de 40 países

Reconocidos por nuestra excelencia en calidad e inocuidad

Nuestra cultura de honestidad se refleja en precios justos, muestreos objetivos y pagos puntuales

¡Y tú que esperas para ser parte de Nuez-tra familia!

SQF · ESR · Great Place To Work. · NON GMO Project VERIFIED · CCIM · U · USDA ORGANIC · Sedex Member

Contáctanos: (656) 843- 3052 ext. 252

compramostunuez@lanogalera.biz

Cuadro 4. Identificación molecular de las cepas microbianas de mayor prevalencia en el sitio de árboles mejorados, Delicias (Chihuahua).

Muestra	Especie	Actividad biológica
10B	*Streptomyces sp.* (72.54%)	Productor de antibiótico
11B	*Microbacterium hibisci* (99.16%)	Antagonista microbiano
13B	*Pseudomonas chlororaphis* (99.79%)	Promotor del crecimiento
12H	*Clonostachys rosea* (99.83%)	Nematófago
14B	*Ensifer sesbasniae (99.93%)*	Antagonista microbiano
15B	*Bacillus subtilis (100%)*	Promotor del crecimiento
16B	*Bacillus subtils (99.93%)*	Antagonista microbiano

4. conclusiones y perspectivas

- Los nogales nativos mostraron poblaciones superiores de hongos, microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico y Pseudomonas sp., y se aislaron e identificaron molecularmente cinco especies de hongos y cuatro de bacterias prevalentes.
- Los nogales criollos tuvieron la concentración más alta de actinomicetos y se aislaron e identificaron molecularmente cuatro especies de hongos y siete de bacterias prevalentes.
- En los nogales mejorados se encontró la mayor densidad de bacterias y de microorganismos solubilizadores de fosforo, y se aislaron e identificaron molecularmente dos especies de hongos

y cinco de bacterias prevalentes.

- La diversidad microbiana funcional en los diferentes entornos edáficos resultó relativamente amplia, y los géneros y especies más prevalentes son diferentes en la rizosfera de nogales nativos, criollos y mejorados. Dicha riqueza microbiana es una herramienta potencial para el fomento de la sanidad y crecimiento de los nogales cultivados, así como para la protección contra diferentes estreses, mediante el desarrollo de biotecnologías de aplicación de consorcios de bacterias y hongos benéficos.

5. Literatura citada

Molina-Montenegro MA, Acuña-Rodríguez IS, Torres-Díaz C, Gundel PE, Dreyer I. 2020. Antarctic root endophytes improve physiological performance and yield in crops under salt stress by enhanced energy production and Na^+ sequestration. Sci Rep. Apr 2;10(1): 5819.

Palma-Cano L.E., Pinon-Castillo H.A., Tarango-Rivero S.H., Carbon A., Salas-Leiva J., Munoz-Castellanos L.N., Cravo-Laureau C., Duran R., Orrantia-Borunda E. 2021. Effect of organic and conventional farming on soil bacterial diversity of pecan tree (Carya illinoensis K. Kosh) orchard across two phenological stages. Letters in Applied Microbiology.

Sparks, D, 2005.a. Ecology of Pecan. Part I Site Requeriments, Distribution, Tree Growth and Adaptation to River Bottom Land. Pecan South 38 (8): 26–34.

Sparks, D, 2005.b. Adaptability of Pecan as a Species. Hortscience 40 (5):1175–1189.

Wood B, Payne J, and Grauke L. 1990. The Rise of the U.S. Pecan Industry. Hortscience, 25 (6).

15 años AGRYS

En cada Gránulo un Resultado.
En cada Gota una Solución.

FERTILIZANTES DE ALTO RENDIMIENTO PARA CULTIVOS DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD SUPERIOR

TERRAnpk+
MEZCLAS FISICAS DE ALTA EFICIENCIA

Mezclas Físicas Granuladas, balanceadas y elaboradas a la medida de sus cultivos, con las mejores fuentes de fertilizantes y tecnologías disponibles. Ideales para uso en Cultivos, Frutales, Hortalizas y Pasturas.

NUTRAsol
MEZCLAS SOLUBLES DE ALTA EFICIENCIA

Mezclas Físicas Solubles, diseñadas para generar alto impacto en cada etapa fenológica de sus cultivos. Uso de productos Grado Técnico, con máxima pureza y alta solubilidad. Aptas para todos los cultivos.

TERRAfeed
Foliares y activadores de alta eficiencia

Fertilizantes Foliares, elaborados con nutrientes quelatados con fuentes orgánicas (Carbohidratos y/o Aminoácidos). Amplio espectro de nutrientes, activadores, enraizadores, mejoradores del suelo y desalinizadores.

spraytec
Una vez... siempre.

Distribuidor de productos de la empresa SprayTec, líder en la elaboración de **Fitoestimulantes** con tecnología de última generación que hacen más eficientes las aplicaciones foliares en todos los cultivos.

Visítanos en el Stand 57 del Día del Nogalero

contacto@agrys.com.mx
@agrysfertilizantes
415 113 9824

Exudación Radicular: Impacto en la Sanidad y Productividad Agrícola

Dr. Ali Asaff Torres[1], Dr. Francisco de la Torre[2]
[1]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo [2]Innovak Global

1. Introducción

El sistema radicular, mitad oculta de las plantas, cumple con una serie de funciones de gran importancia, las cuales van desde el anclaje en el suelo, la adquisición y el transporte de recursos como el agua y nutrientes, el almacenamiento de material de reserva, la generación de energía a través de la respiración, entre otras. Además, la raíz es la vía por la cual la planta puede evaluar o censar las características físicas, químicas y biológicas del suelo y, si es el caso, procurar modificarlas para tener las condiciones más adecuadas para su desarrollo, a través de los exudados radiculares.

2. Exudados radiculares, herramientas de las plantas para modificar su entorno

Las plantas a través de miles de años de evolución, fueron desarrollando una serie de estrategias y herramientas que les permitieron colonizar el ambiente terrestre, siendo la producción de exudados a través de las raíces una de ellas. En general, el proceso de exudación es un proceso bien conocido y se describe como el fenómeno por el cual una buena parte de los compuestos que son producidos durante la fotosíntesis y otras vías metabólicas más complejas son transportados hacia las raíces y expulsados hacia el exterior, con el afán de promover una serie de cambios sobre las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo que resulten favorables para el desarrollo de las plantas. Los tipos de compuestos que exudan las plantas son muy variados, habiendo sido clasificados en sustancias de alto peso molecular (mucílago, enzimas, vitaminas, etc.) y de bajo peso molecular (azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, flavonoides y otros polifenoles, etc.).

Estudios recientes (Canarinni *et al.,* 2019) muestran que el proceso de exudación se da principalmente por la punta de las raíces, que comprende a la zona

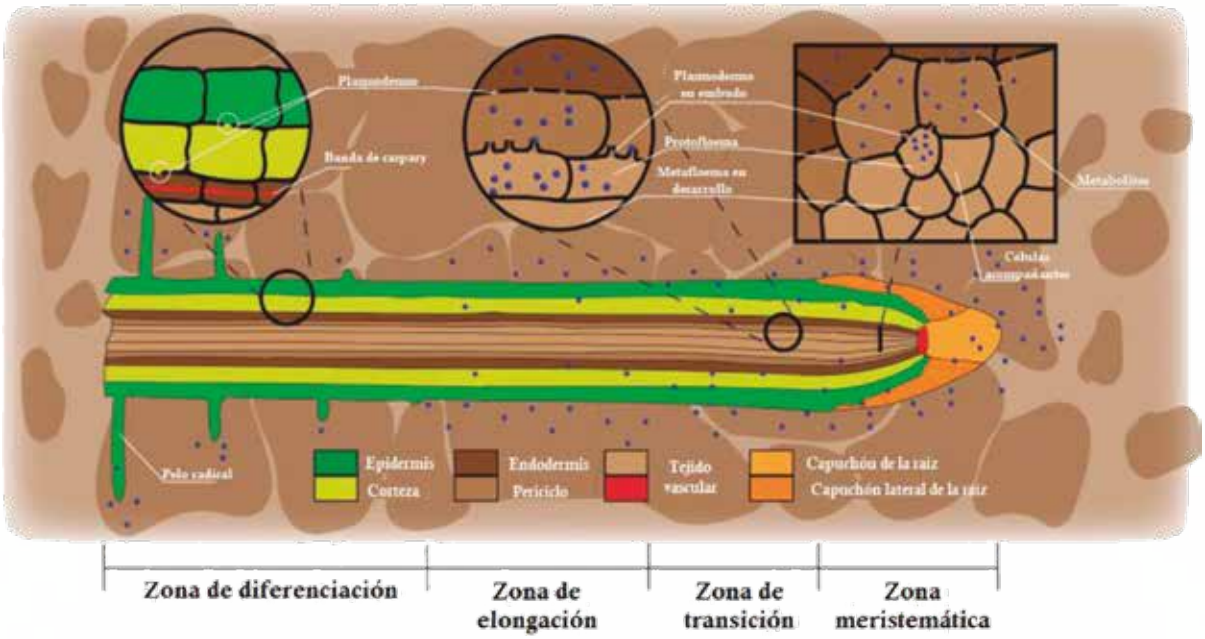


Figura1. Estructura y áreas de exudación radicular, (Adaptado de Canarini et al., 2019).

pilífera, de elongación o crecimiento y la zona meristemática. Este fenómeno se debe a que, en estas zonas, tanto la vía de transporte del simplasto (célula a célula a través de canales especializados conocidos como plasmodesmos) y la vía del apoplasto (a través de los espacios intercelulares), se encuentran activas. En la zona diferenciada los tejidos se encuentran plenamente desarrollados, con las bandas de Caspary, bien conformadas lo cual ocasiona que esta zona integrada por un biopolímero natural impermeable llamado suberina, actúe como una barrera para el flujo por la vía del apoplasto, dejando disponible únicamente la vía del simplasto (figura 1).

De acuerdo con la anatomía de la raíz, los metabolitos a ser exudados y que arriban a las células de la rizodermis, que es la capa celular externa de la raíz, deben de atravesar una última barrera que es la membrana de estas células. Dependiendo de la naturaleza química de los metabolitos y de las necesidades de la planta, este proceso puede llevarse a cabo por dos vías: a) mediante el sistema de transporte pasivo, cuya fuerza motriz es el diferencial o gradiente de concentraciones entre el contenido celular y el suelo, pudiendo darse procesos de difusión simple o facilitada a través de canales especializados y b) mediante el sistema de transporte activo, que comprenden una serie de proteínas de transporte que requieren de un gasto energético para su funcionamiento, por lo que se encuentran ligadas a las bombas de protones, conocidas como ATPasas.

3. ¿Por qué exudan las plantas?

Las plantas para su desarrollo dependen en gran medida de la fertilidad del suelo, resultado de la suma de la fertilidad, física, química y biológica. Si alguno de estos 3 factores no es el más adecuado para soportar o permitir el crecimiento vegetal, las plantas disponen de los exudados para tratar de modificar cualquiera de esas condiciones para promover un entorno favorable. A continuación, se presenta una relación de los estímulos o factores más comunes que promueven o regulan la producción de exudados:

- **Físicos.** Luz (intensidad, radiación ultravioleta, fotoperiodo, etc.), salinidad del suelo, disponibilidad de agua, temperatura (frío/calor), textura y compactación del suelo.
- **Químicos.** Composición del suelo, concentraciones de nutrientes, presencia de xenobióticos, etc.
- **Biológicos.** Contenido de poblaciones de hongos (micorrícicos, patógenos, etc.), bacterias (promotoras del crecimiento, patógenas, etc.) herbívoros (nemátodos, insectos, etc.), malezas, etc.

Dentro de los estímulos físicos, podemos mencionar a manera de ejemplo, una condición de baja disponibilidad de agua (sequía) ante la cual, algunas plantas suelen exudar un biopolímero de alto peso molecular conocido como mucílago, el cual es una sustancia viscosa que atrapa al agua ayudando a mantener la zona que rodea a la raíz (rizósfera) más húmeda, facilitando también la movilidad de nutrientes. Este biopolímero igualmente permite agregar las partículas del suelo mejorando su textura y evitando o mejorando situaciones de compactación. Otro buen ejemplo de cómo otros factores físicos pueden influir en la producción de exudados es la

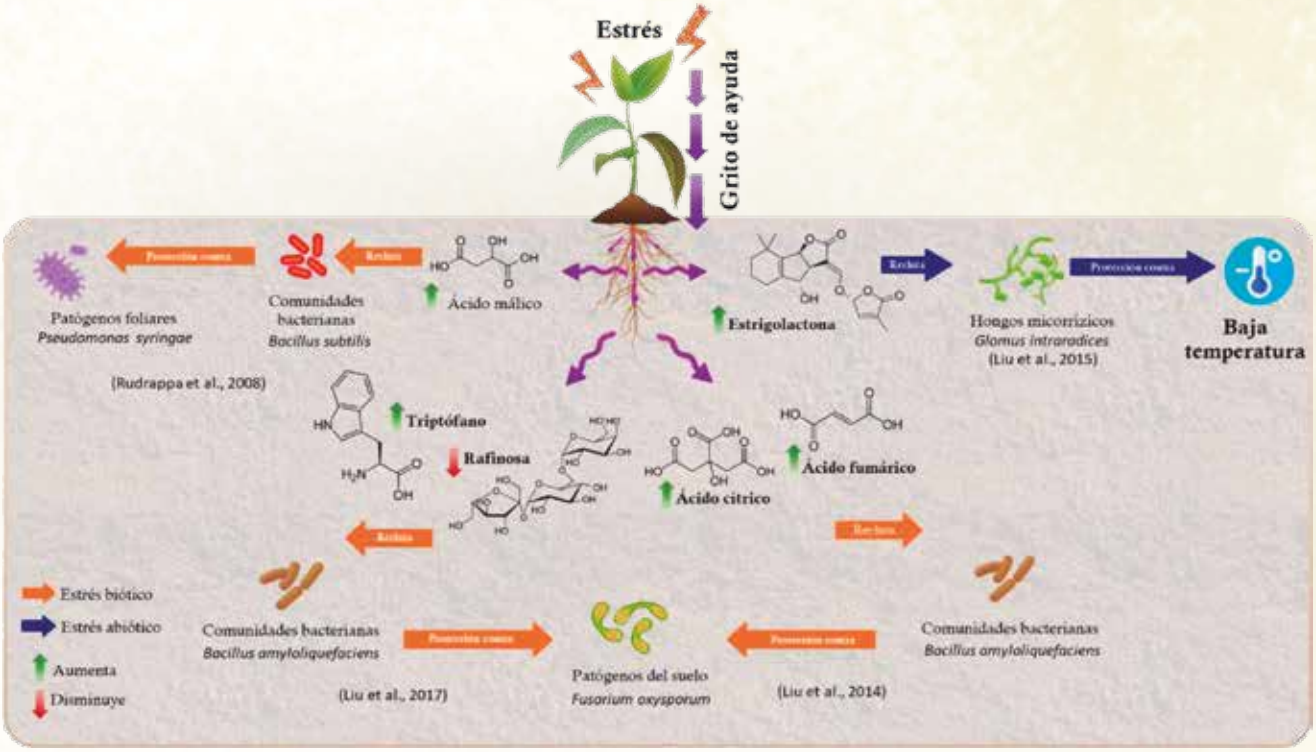


Figura 2. Ejemplos del proceso “grito de ayuda”, (Adaptado de Rodriguez et al.,2020).

luz, ya que, si bien no es un estímulo directo, la producción de fotosintatos depende del proceso de fotosíntesis y si este se ve limitado por una baja disponibilidad de luz, la producción de exudados de igual manera se limitará.

En el caso de factores químicos, se puede tomar como ejemplo la concentración de aluminio en el suelo, cuyo catión metálico puede resultar muy tóxico para las plantas si se encuentra en una cantidad elevada, en cuyo caso se dispararán las alarmas y acciones para tratar de mitigar su efecto nocivo. Por ejemplo, se expresan varios genes relacionados con la producción y transporte activo de ciertos ácidos, como el cítrico, que podrán formar complejos con el aluminio, encapsulándolo, por lo que será muy difícil de mover y con ello no podrá ingresar libremente a la planta o no estará libre para dañar ciertas enzimas susceptibles de la planta.

Con relación a la parte biológica, las plantas han encontrado en microorganismos benéficos del suelo excelentes aliados, generando relaciones mutualistas en las que las plantas se benefician con diferentes servicios que les proporcionan dichos microorganismos, a cambio estos reciben por parte de las plantas los exudados radiculares, como moneda de cambio. Hay ciertas bacterias y hongos que son capaces de producir fitohormonas que promueven el desarrollo de las raíces o de la parte aérea, otros sintetizan antibióticos que evitan la proliferación de patógenos protegiendo a las plantas de su ataque. A cambio, las plantas proveen a estos microorganismos de alimento, como azúcares y aminoácidos contenidos en los exudados radiculares.

4. ¿Las plantas exudan lo mismo?

La composición y cantidad de los exudados varía dependiendo de la especie, su estadio fenológico y el entorno en el que la planta crece. Al estar sometidas a diferentes condiciones o estímulos, las plantas son capaces de modificar los perfiles de exudación radicular brindando una batería de metabolitos tan amplia que son capaces de reclutar una gran diversidad de microorganismos que les brindan una cartera de funciones a su disposición para contrarrestar algún efecto adverso, causante de algún tipo de estrés (figura 2). Tal es el caso que, cuando la planta siente una agresión por algún patógeno, esta literalmente “grita por ayuda”, y esa ayuda corre a cuenta de ciertos microorganismos benéficos que acuden al llamado siguiendo el gradiente químico que vean creando algunos metabolitos específicos exudados por las raíces, en un fenómeno conocido como quimiotaxis. Una vez que llegan a la zona rizosférica, pueden apoyar a la planta de diferentes formas, produciendo en algunos casos cierto tipo de metabolitos que son tóxicos para el agente patogénico y/o compitiendo por nutrientes, con lo cual consiguen reducir o incluso eliminar el ataque, al conformar una barrera biológica que reduce o impide el daño a la planta. De igual manera, si la planta no logra cubrir sus requerimientos nutricionales de fósforo, “grita por ayuda” para que ciertos hongos llamados micorrícicos arbusculares, colonicen inicialmente los tejidos de

las raíces y a partir de ellas crezcan como una extensión, ampliando su capacidad de exploración por nutrientes y agua. Estos hongos, ayudan a las plantas captando el fósforo soluble que es liberado a partir de fuentes inorgánicas u orgánicas insolubles, gracias a la acción conjunta con otros microorganismos benéficos que tienen una capacidad elevada de producción de ácidos orgánicos o enzimas especializadas para dicho propósito.

El "grito de ayuda", es entonces una señal química liberada a través de la exudación para atraer de manera selectiva a los microorganismos que son capaces de brindar el apoyo que la planta necesita. Aquellos organismos que "escuchan" el llamado de auxilio y llegan a la zona cercana a las raíces (rizósfera) reciben a cambio de su ayuda, los nutrientes necesarios para su desarrollo contenidos también en los exudados.

Si bien la composición de los exudados establece con qué tipo de microorganismos la planta busca relacionarse, no menos importante es la cantidad en que los exudados son producidos, ya que al servir de alimento, se determinará la magnitud de las poblaciones de microorganismos que colonizarán la zona rizosférica. Es por ello que, usualmente se han observado poblaciones elevadas en los picos de mayor emisión de raíces (flujo radicular), los cuales dependen del tipo de cultivo, la etapa fenológica de desarrollo de la planta y las condiciones medioambientales. Hace sólo algunos años se consideraba que las poblaciones de microorganismos rizosféricos eran estáticas, pero hoy en día se conoce que son altamente dinámicas, tanto en composición (biodiversidad), como en cantidad.

En los últimos años, el conocimiento sobre las poblaciones de microorganismos en términos de composición y cantidad, sus interacciones con las raíces de las plantas y el entorno de la rizósfera (elementos que conforman el denominado microbioma rizosférico) ha tenido grandes avances, gracias al desarrollo de tecnologías y métodos analíticos de frontera. Por ejemplo, las poblaciones totales de hongos y bacterias en suelo rizosférico pueden ser cuantificadas mediante herramientas moleculares, como qPCR (Reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa) sin necesidad de un cultivo previo en medios sintéticos, los cuales provocaban un sesgo significativo de la información ya que se considera que únicamente entre el 3 al 5% de los microorganismos presentes en muestras de suelo son capaces de crecer en ellos. Esta técnica puede ser también considerada como una forma indirecta de cuantificar la producción de exudados ya que un incremento en su producción usualmente se traducirá en un incremento de las poblaciones

microbianas. Otra herramienta que combina la biología molecular y la bioinformática, conocida como metagenómica, permite establecer qué tipo de microorganismos están presentes (metagenómica taxonómica), así como las funciones que se encuentran realizando (metagenómica funcional), puntos que en su conjunto brindan información acerca de la composición, biodiversidad, balance y funcionalidad de las poblaciones microbianas de la rizósfera (Instituto Bernabeu, 2020).

5. ¿La exudación, único factor determinante?

Si bien la exudación radicular es uno de los fenómenos fundamentales para la modulación de las poblaciones microbianas de la rizósfera, otros factores también pueden resultar importantes, muchos de ellos relacionados directamente con las prácticas agrícolas. Es el caso del manejo del suelo, ya que de su grado de agregación y/o compactación dependerá la disponibilidad de oxígeno, elemento necesario tanto para la respiración de las raíces, como para el crecimiento de los microorganismos rizosféricos, dada la naturaleza aerobia de su gran mayoría. Asimismo, el grado de compactación será determinante para el desarrollo de las raíces y, por ende, para su capacidad de exploración, de captación de nutrientes, de agua y por supuesto, para el proceso de exudación. El tipo de fertilización, el uso de plaguicidas, el manejo del pH del suelo, la forma y programa de riego, entre otros, son factores que también podrán afectar en diferente grado al microbioma rizosférico, tanto en cantidad, como en composición y funcionalidad.

De manera general se puede señalar que toda práctica que conduzca a un buen desarrollo de las raíces, al mantenimiento de raíces activas y con ello a una mayor exudación, favorecerá el reclutamiento de diferentes especies de microorganismos benéficos y el incremento de sus poblaciones la zona rizosférica, a través de la provisión de señales y alimento, contenidos los exudados radiculares. No menos importantes son las prácticas que cuiden dichas poblaciones, reduciendo el uso de plaguicidas altamente tóxicos o sustituyéndolos por productos biorracionales.

Actualmente se conoce que poblaciones abundantes y altamente biodiversas de microorganismos rizósfericos, propician cultivos resilientes, promoviendo también cultivos con mayor tolerancia al estrés biótico.

6. Conclusiones

A través de miles de años de evolución las plantas han encontrado en ciertos microorganismos del suelo excelentes aliados para el desarrollo de sus múltiples y diversas funciones, siendo los exudados radiculares una pieza clave en esta interacción mutualista

Numerosos estudios demuestran que raíces de las plantas bien desarrolladas, asociadas con poblaciones abundantes y biodiversas de microorganismos benéficos, son capaces de impactar favorablemente sobre la estructura del suelo, la biodisponibilidad de nutrientes y su movilidad, la capacidad de absorción de agua, de nutrientes y de repeler o tolerar mejor el ataque de patógenos y plagas, generando plantas con mayor vigor. Derivado de ello, su resiliencia ante el estrés biótico y abiótico también es más elevada, logrando cultivos sanos, con mejores rendimientos y calidad, demostrando que es posible romper el círculo vicioso de la dependencia extrema de insumos de síntesis química de la agricultura moderna.

Una mejor comprensión de la exudación radicular podrá repercutir también en un mejor manejo del microbioma rizosférico, principio en el que están basados los llamados “bioestimulantes microbianos de segunda generación” que buscan regular la fisiología vegetal a fin de promover una mayor producción de exudados y con ello modular las poblaciones de microorganismos asociados a la raíz.

7. Literatura consultada

Ariotti, C., Giuliano, E., Garbeva, P., Vigani, G. 2020. “The Fascinating world of belowground communication”. *Frontiers.* 8: 1–7.

Canarini, A., Kaiser, C., Merchant, A., Richter, A., and Wanek, W. 2019. “Root exudation of primary metabolites: mechanisms and their roles in plant responses to environmental stimuli”. *Front Plant Sci. 10*: 157.

Hall, J. R., Sher, A. W., Varga, T., Doty, S. L. 2022. “Bacteria can ulock an essential nutrient for plants”. *Fortiers.* 10: 1–8.

Instituto Bernabeu Biotech. (2020). Huella Genética. 17/02/21, de Instituto Bernabeu Biotech Sitio web: https://www.ibbiotech.com/es/info/huella-genetica/

Korenblum, E.; Dong, Y.; Szymanski, J.; Panda, S.; Jozwiak, A.; Massalha, H.; Meir, S.; Rogachev, I., y Aharoni, A. 2020. “Rhizosphere microbiome mediates systemic root metabolite exudation by root-to-root signaling”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(7): 3874–3883; doi: 10.1073/pnas.1912130117.

Ma, W., Tang, S., Dengzeng, Z., Zhang, D., Zhang, T., and Ma, X. “Root exudates contribute to belowground ecosystem hotspots: a review”. *Front. Microbiol.* 13: 937940.

Rotary

Club Rotario Delicias

Trabajando en Beneficio de Nuestro Municipio

Lo que Hacemos:

- Jornadas de Cirugías de Cataratas
- Reconocimiento a Estudiantes Destacados
- Construcción de la Segunda Etapa del Centro Regional de Autismo Rotario
- Integración de la Banda Juvenil Rotaria
- Jornada de Cirugías Reconstructivas

"Ayúdanos a Ayudar"

Fundación Rotaria Delicias, A. C.

Mendes, L. W.; Tsai, S. M.; Navarrete, A. A.; De Hollander, M.; Van Veen, J. A., y Kuramae, E. E. 2015. "Soil-borne microbiome: linking diversity to function". *Microb Ecol*. 70(1): 255–65. doi: 10.1007/s00248-014-0559-2.

Microorganismos del suelo y biofertilización "Crops for Better Soil" http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=CROPS-FOR-BETTER-SOIL_formacion-5.pdf

Orgiazzi, A. 2022. "Protecting soil biodiversity: A dirty job, but somebody´s gotta do it". *Frontiers.* 10: 1–7.

Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., y Van der Putten, W. H. 2013. "Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere". *Nat Rev Microbiol.* 11:789–99. doi: 10.1038/nrmicro310

Philippot, L., Spor, A., Hénault, C. *et al*. 2013. "Loss in microbial diversity affects nitrogen cycling in soil". *ISME J,* 7: 1609–1619.

Rodriguez, R., and Duran, P. 2020. "Natural holobiome engineering by using native extreme microbiome to counteract the climate change effects". *Front. Bioeng. Biotechnol.* 8: 568.

Tardy, V., Mathieu, O., Lévêque, J. *et al*. 2014. "Stability of soil microbial structure and activity depends on microbial diversity". *Environ. Microbiol. Rep*. 6:173–183.

Venturi, V., y Keel, C. 2016. "Signaling in the Rhizosphere" *Trends in Plant* Science 21(3): 187–19.

Wang, N., Wang, L., Zhu, K., Hou, S., Chen, L., Mi, D., Gui, Y., Qi, Y.; Jiang, C., y Guo J-H. 2019. "Plant Root Exudates Are Involved in *Bacillus cereus* AR156 Mediated Biocontrol Against *Ralstonia solanacearum*". *Front. Microbiol*. 10:98. doi: 10.3389/fmicb.2019.0009

También ofrecemos Nelson Sprayers y Coe Shakers y Catching Frames.

Contacta con Jesse Diaz: jesse@savageequipment.com 00-1-580-795-3394

8 Años

¡ Publicándose en Delicias !

Revista

PACANA

"Compartiendo el conocimiento"

"La Revista del Nogalero"

- Circulación Impresa y Digital a Nivel Nacional.
- Entrega a Domicilio.
- Más de 1,500 Suscriptores.
- Artículos Especializados
- Presentación de Alta Calidad

Búscala en Tiendas y Centros Comerciales.

¡ Anúnciate !

Oficinas en Club Rotario Delicias

Tel. 639·166·1279

pacanarevista@gmail.com • www.pacanarevista.com