



Microbial Populations Associated with the Rhizosphere and Phyllosphere Plants of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.)

Deisy Lisseth Toloza Moreno Luz Marina Lizarazo Forero
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Received: June 20, 2013

Accepted: September 13, 2013

Pag. 27-38

Abstract

Tropical plants including cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) are associated with different microorganisms, which carry out various processes such as improvement of availability and absorption of nutrients, decomposition of organic matter, protection against pathogens, decreased levels of chemical fertilization, among others. In this study, bacterial and fungal communities associated with rhizosphere and phyllosphere of cape gooseberry plants from Ciénega (Boyacá) were identified. The samples of root, rhizosphere soil and leaves of plants were selected randomly in field. Subsequently, for the isolation of bacteria associated with rhizosphere soil, and for isolation the root and leaves of endophytes and epiphytes bacteria, and epiphytic yeast and filamentous fungi in the phyllosphere, serial dilutions were made. The abundance of endophytic bacteria was higher in the two niches, with a predominance of Gram negative bacillary with 54.36% in rhizosphere y 48.32% in phyllosphere, being the most common genus *Pseudomonas*. As for to mycobiota epiphytic of the phylloplane, *Rhodotorula* spp., was the most identified with 68.18%. Therefore, it is necessary to know the microbiota associated with cape gooseberry crops as a first step to establish alternative future biocontrol against different pathogens both soil and foliar.

Keywords: Phyllosphere, microorganisms, rhizosphere, cape gooseberry, *Physalis peruviana* L.

Poblaciones microbianas asociadas a la rizósfera y filósfera de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.)

Resumen

Las plantas tropicales, entre ellas la uchuva (*Physalis peruviana* L.) se encuentran asociadas con distintos microorganismos, los cuales llevan a cabo diversos procesos como mejoramiento de la disponibilidad y absorción de nutrientes, descomposición de la materia orgánica, protección frente a fitopatógenos, disminución de los niveles de fertilización química, entre otros. Con este trabajo, se identificaron las comunidades bacterianas y fúngicas asociadas a la rizósfera y filósfera de plantas de uchuva en Ciénega (Boyacá). Se tomaron muestras de raíz, suelo rizosférico y hojas de plantas seleccionadas aleatoriamente. Posteriormente, se hicieron diluciones seriadas para el aislamiento de bacterias asociadas a suelo rizosférico, endófitas y epífitas de raíz y hojas, de levaduras y hongos filamentosos epífitos de la filósfera. La abundancia de bacterias endófitas aisladas fue mayor en los dos nichos, con predominio de las formas bacilares Gram negativas con 54.36% en la rizósfera y 48.32% en la filósfera, siendo *Pseudomonas* el género más común. En cuanto a la micobiota epífita del filoplano, *Rhodotorula* spp., fue la especie mayoritariamente identificada con 68.18%. Por lo anterior, se hace necesario conocer la microbiota asociada a los cultivos de uchuva como una primera medida para establecer futuras alternativas de biocontrol contra diferentes fitopatógenos del suelo y foliares.

Palabras clave: filósfera, microorganismos, rizósfera, uchuva, *Physalis peruviana* L.

1 Introducción

Colombia posee una gran riqueza en especies frutales, que responden a las nuevas tendencias en el consumo mundial. Dentro de estas frutas andinas, la uchuva (*Physalis peruviana* L.) perteneciente a la familia Solanaceae, ha sido la especie de mayor proyección en el mercado internacional, principalmente en países europeos, ubicando a Colombia como el primer exportador mundial de uchuva [15].

Para la optimización del cultivo de uchuva, en la que se incluye el control de plagas y enfermedades, se ha requerido emplear productos químicos con principios activos que dejan trazas en la fruta [31], y que pueden llegar a ser tóxicos para el hombre. Esto ha generado rechazo por parte de diferentes mercados internacionales, debido a los estrictos requisitos de salubridad al recibir el fruto. Además, el uso continuo de estos agroquímicos ha provocado el aumento de la resistencia de plagas y de microorganismos a su acción [31], por lo que se ha implementado el desarrollo de productos biológicos como un mecanismo para favorecer la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas [10].

En condiciones naturales, la mayoría de las plantas tropicales se encuentran asociadas a distintos microorganismos tanto del suelo como los que se encuentran en las diversas estructuras vegetales. Los microorganismos del suelo, entre otras funciones, mejoran la disponibilidad y absorción de los nutrientes, ayudan en la descomposición de la materia orgánica, realizan procesos de fijación biológica del nitrógeno, contribuyen con la solubilización de nutrientes poco solubles, mejoran la estructura y estabilidad de los agregados del suelo, ofrecen protección a las plantas frente a fitopatógenos, y en general, disminuyen los niveles de fertilización química [30]; aspectos que hacen necesario el conocimiento de las comunidades microbianas que se encuentran asociadas a los cultivos, con el fin de poder establecer prácticas de biofertilización que contribuyan a mejorar la calidad de los productos y de esta forma, reducir los costos de producción.

Es sabido que el análisis de las poblaciones microbianas presentes en la rizósfera puede reflejar las condiciones del cultivo, mientras que la diversidad microbiana refleja la salud de un ecosistema [1]. Asimismo, la diversidad y número de bacterias rizosféricas es muy grande si se compara con las encontradas en otros órganos de la planta, dando lugar a que exista una fuerte competencia por los nutrientes y de esta forma que su disponibilidad sea limitada. Sin embargo, teniendo en cuenta esto, las bacterias endófitas podrían tener algunas ventajas competitivas sobre las epífitas, ya que en el interior de estructuras vegetales como raíz, tallo y hojas, la disponibilidad de nutrientes es mayor y el número de bacterias es menor [19, 27], y su colonización, ya sea en los tejidos radicales o en las partes aéreas de la planta, puede ser favorecida por una expresión moderada de enzimas degradativas como pectinasas y celulasas [20].

En la filósfera se encuentra una gran diversidad de microorganismos, principalmente bacterias y hongos filamentosos. Las bacterias pueden promover el crecimiento de las plantas y suprimir la colonización e infección por fitopatógenos [32], mientras que los hongos pueden controlar la herbivoría y el ataque de patógenos e incrementar la tolerancia a sequías [2].

Dentro de este contexto, el propósito de este trabajo de investigación fue identificar las comunidades bacterianas y fúngicas asociadas a la rizósfera y filósfera de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) como una primera aproximación al conocimiento de los microorganismos asociados a este cultivo.

2 Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

La fase de campo se llevó a cabo en tres fincas productoras de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ubicadas en el municipio de Ciénega (Boyacá), sobre los 2460 msnm, con un clima de piso bioclimático frío y una temperatura media de 16 °C [9]. Se siguió un muestreo completamente al azar escogiendo cinco plantas por finca separadas entre sí por 20 metros para la toma de muestras de raíz y suelo rizosférico a una profundidad de 20 cm, y para la toma de muestras de filósfera se seleccionaron aleatoriamente tres hojas de los estratos bajo, medio y alto de la planta.

2.2 Aislamiento de bacterias cultivables de la rizósfera

El aislamiento de bacterias cultivables de suelo rizosférico, se realizó haciendo una suspensión inicial de 10g del suelo adherido a las raíces en 90mL de solución salina estéril (NaCl 0.85 p/v), a partir de la cual se hicieron diluciones seriadas hasta 10^{-4} . Para el aislamiento de bacterias endófitas de la raíz también se hicieron diluciones seriadas hasta 10^{-4} en solución salina estéril (NaCl 0.85 p/v) a partir de la maceración de las raíces [16]. Para la cuantificación de las bacterias, se sembraron por duplicado 100 μ L de las diluciones 10^{-3} y 10^{-4} de las muestras de suelo rizosférico, y 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} de las muestras de raíz en agar nutritivo, y en medio King B. Las cajas de Petri se incubaron a 28° C por 48 horas, y posteriormente se hizo la cuantificación de las unidades formadoras de colonias (UFC) formadas.

2.3 Aislamiento de microorganismos de la filósfera

El aislamiento de microorganismos epífitos de muestras de filósfera se realizó llevando 11.2 g de muestra de hojas, a un recipiente con 100.8 mL de solución buffer estéril de fosfato de potasio 0.1 M a pH= 7.0. Las células microbianas fueron removidas por agitación constante durante 60 min para realizar un lavado inicial de los microorganismos epífitos adheridos a las hojas [36]. De este lavado inicial, se hicieron diluciones seriadas con base 10 hasta 10^{-6} . Para el aislamiento de las bacterias endófitas de la filósfera, se maceraron los fragmentos de hojas disueltos en la solución buffer estéril y se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-6} [8]. Tanto para el aislamiento de epífitas y endófitas, se sembraron por duplicado 100 μ L de las diluciones 10^{-3} a 10^{-6} en agar tripticosa de soya (ATS) para la cuantificación de las bacterias epífitas y endófitas totales, y en agar papa dextrosa (APD) para hongos filamentosos epífitas. Las cajas fueron incubadas a 28° C de 48 a 72 horas para bacterias, y entre 5 a 7 días para hongos antes de realizar la cuantificación de las UFC.

2.4 Caracterización de los microorganismos aislados

Las colonias bacterianas aisladas se caracterizaron macroscópica y microscópicamente, y se cultivaron en medios selectivos y diferenciales (Agar Endo Metilene Blue, Agar McConkey, Agar Baird Parker). Para los microorganismos seleccionados a partir de estos medios selectivos, se realizaron pruebas bioquímicas convencionales [14, 23] y comerciales, para el caso de las formas bacilares Gram negativas usando oxidasa (BioMérieux®), y los kit de identificación API 20E (Enterobacterias-BioMérieux®) y API 20NE (no Enterobacterias-BioMérieux®). Por otro lado, las bacterias Gram positivas se sembraron en las pruebas BBL Crystal™, y luego de la lectura de las reacciones producidas, espontáneas o reveladas mediante la adición de reactivos, se llevó a cabo el registro manual de los datos para su

posterior incorporación al software APIWEB (BioMérieux®). Los resultados obtenidos fueron informados de acuerdo a los criterios establecidos por el fabricante, considerando un resultado como válido cuando el porcentaje de identificación fue de al menos 90%.

Las características microscópicas de las colonias fúngicas se determinaron mediante el montaje con azul de lactofenol y la técnica de impronta [33], y en los casos en que no se observaron estructuras reproductivas de los hongos se realizaron microcultivos. La identificación de los géneros se realizó utilizando las claves de identificación taxonómica de hongos [3, 6, 12a, 12b]. Las levaduras fueron observadas microscópicamente, haciendo montajes en fresco entre lámina y laminilla con azul de lactofenol y posteriormente identificadas [6].

2.5 Análisis estadístico

Con el fin de establecer diferencias estadísticas significativas entre: las comunidades bacterianas y fúngicas asociadas a la rizósfera y filósfera de plantas de uchuva, se realizó un Análisis de Varianza y se compararon las medias empleando el Test HSD (Honest Significant Difference) de Tukey ($p \leq 0.05$). Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico R Versión 2.15.1.

3 Resultados y discusión

3.1 Características físico-químicas del suelo de las fincas evaluadas

Entre las características físico-químicas del suelo de las fincas productoras de uchuva evaluadas, los valores de pH y porcentaje de materia orgánica variaron entre éstas, siendo el pH mayor en la finca 2 con un valor de 5.6, mientras que en la finca 1 el porcentaje de materia orgánica fue el más alto con 18.1% (Tabla 1). Varios factores abióticos pueden influenciar la vida de los microorganismos en el suelo; entre estos, el pH es uno de los más importantes, ya que una variación de éste puede activar o casi inactivar las enzimas producidas por los microorganismos. Un suelo con pH de 5.6, como el que se presenta en la finca 2, es apropiado para el crecimiento y desarrollo de la mayoría de los microorganismos beneficiosos para los cultivos, y para llevar a cabo sus procesos metabólicos [5], y más específicamente, para el caso del cultivo de la uchuva, éste requiere valores de pH entre 5.5 y 6.8 y alto contenido de materia orgánica [41], aspecto que también favorece la proliferación de microorganismos en la rizósfera [1].

FINCA	Características físicas del suelo		
	Textura ^a	pH	MO (%) ^b
Finca 1	FA	5.1	18.1
Finca 2	FA	5.6	15.6
Finca 3	FArA	4.6	3.02

Tabla 1. Características físicas del suelo de las fincas de estudio. a. Textura-FA: Franco Arenoso, FArA: Franco Arenoso Arcilloso. b. MO: Materia orgánica.

3.2 Aislamiento de bacterias asociadas a la raíz y suelo rizosférico

El 54.66% del total de los morfotipos bacterianos aislados, de las muestras de raíz y suelo rizosférico de los cultivos de uchuva pertenecen a la Finca 2. De este total, el 50.80% fueron bacilos Gram negativos, mientras que el 49.20% restante correspondió a morfotipos Gram positivos, con un 26.30% de formas bacilares esporuladas, 21.58% de formas bacilares no esporuladas y un 1.32% de formas cocoides (Tabla 2). En la rizósfera, la densidad microbiana es alta, oscilando entre 108 a 10⁹ bacterias por gramo [37], siendo las bacterias Gram negativas las predominantes en el suelo con prevalencia entre el 19-24% de la microbiota total que se encuentra en este ambiente, seguido de las bacterias Gram positivas formadoras de endospora (12-18%), actinomicetos (11-25%), y las Gram positivas no formadoras de endospora (2-6%), entre otros [7].

Tabla 2. Porcentaje de morfotipos bacterianos aislados de muestras de raíz y suelo rizosférico en las fincas evaluadas.

MORFOTIPOS BACTERIANOS	FINCA 1 (%)		FINCA 2 (%)		FINCA 3 (%)	
	Raíz	Suelo rizosférico	Raíz	Suelo rizosférico	Raíz	Suelo rizosférico
<i>Acinetobacter</i> spp.	7.17	-	-	-	-	-
<i>Aeromonas</i> spp.	-	-	1.89	0.19	-	-
<i>Bacillus</i> spp.	5.84	2.07	37.74	2.82	0.75	0.38
<i>B. brevis</i>	0.75	0.38	-	-	-	-
<i>B. licheniformis</i>	-	-	-	-	-	0.19
<i>B. megaterium</i>	-	-	-	-	0.94	-
<i>B. subtilis</i>	0.38	-	-	0.19	0.19	-
<i>Escherichia coli</i>	7.92	5.08	-	4.89	-	0.75
<i>Flavobacterium</i> spp.	-	0.38	-	-	-	-
<i>Listeria</i> spp.	0.19	-	1.32	4.89	5.09	11.11
<i>Lactobacillus</i> spp.	-	1.13	-	0.94	-	-
<i>Moraxella</i> spp.	2.26	-	-	-	-	-
<i>Paenibacillus</i> spp.	-	-	1.51	1.13	-	-
<i>Pasteurella</i> spp.	-	1.13	-	0.19	0.75	1.88
<i>Pseudomonas</i> spp.	0.75	0.94	8.68	42.94	3.77	2.45
<i>P. aeruginosa</i>	0.38	0.19	-	-	0.38	0.19
<i>Staphylococcus aureus</i>	1.13	1.51	-	-	-	-
<i>Streptomyces</i> spp.	4.72	8.29	-	-	1.70	1.13

El mayor número de unidades formadoras de colonias (UFC) bacterianas se aisló de suelo rizosférico, excepto para la Finca 1. Este mayor número de colonias bacterianas en el suelo rizosférico podría ser explicado, ya que el suelo de la rizósfera de la planta es considerado como una fuente primaria para la colonización de los microorganismos [17]. En la Finca 2 se aisló el mayor número de UFC endófitas de la raíz con respecto a las otras dos fincas, aun siendo estadísticamente iguales ($F= 3.385$, $p= 0.0683$). No obstante, en las muestras de suelo rizosférico la diferencia en el número de UFC fue estadísticamente significativa ($F= 25.590$, $p= 4.69e-05$) siendo mayor para la Finca 2 (Figura 1), lo cual podría atribuirse a que la biomasa microbiana suele estar correlacionada con el pH del suelo y al contenido de materia orgánica [37]. La colonización de las raíces por las bacterias comienza con el reconocimiento de compuestos específicos en los exudados de las plantas, los cuales desempeñan un papel importante en las interacciones de la población bacteriana del suelo [33]. Así mismo, muchas de estas bacterias aisladas de la rizósfera actúan como

agentes de control biológico o promotores de crecimiento, por lo que es importante entender su funcionamiento y aporte a la nutrición, salud y calidad de la planta así como la respuesta del cultivo a los microorganismos presentes [4, 29, 38]. Estas mismas funciones también han sido observadas en microorganismos endófitos aislados de la rizósfera o filósfera de diversas plantas de interés agrícola [27], como el control de *Ralstonia solanacearum* por diferentes especies bacterianas endófitas en plantas de tomate [13]

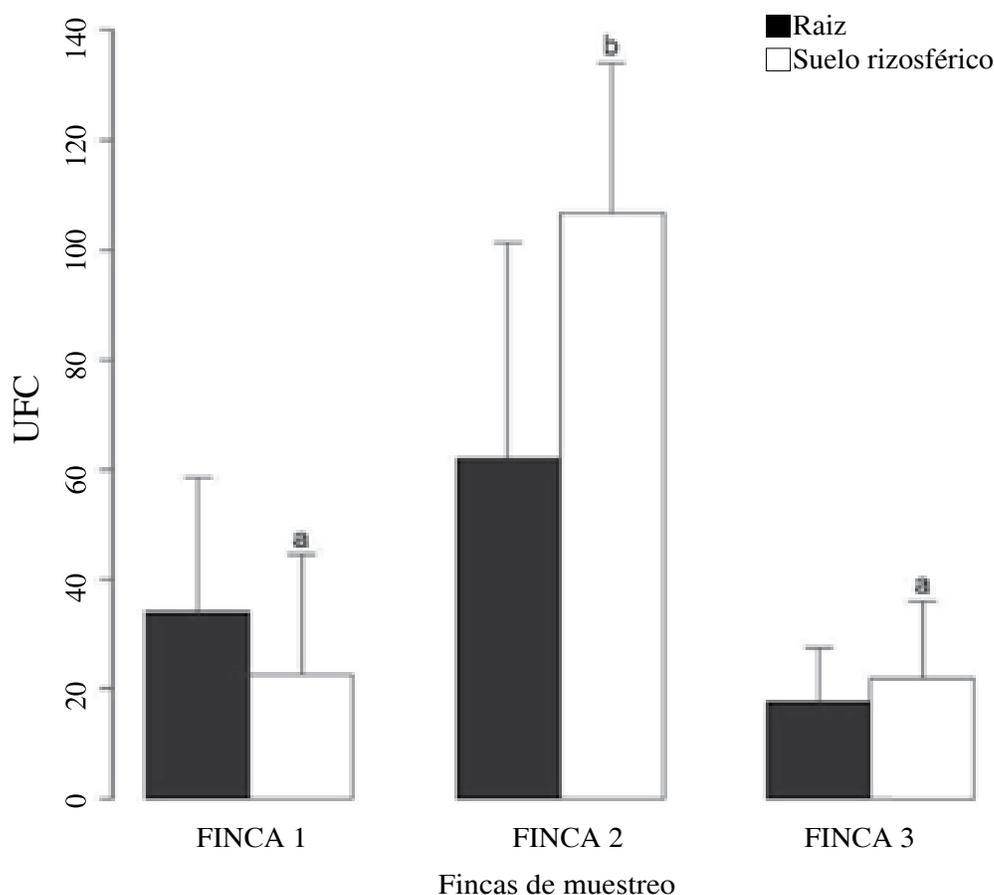


Figura 1. Unidades Formadoras de Colonia (UFC) bacterianas aisladas de raíz y suelo rizosférico en las fincas evaluadas.

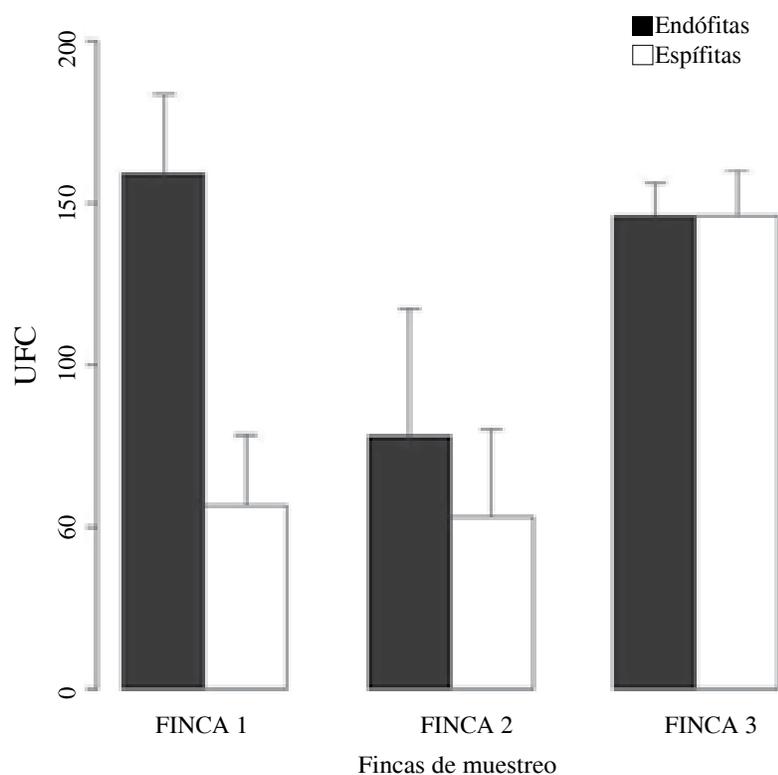
3.3. Aislamiento de bacterias asociadas a la filósfera de uchuva

El mayor porcentaje de las bacterias asociadas a la filósfera de plantas de uchuva se aisló de la Finca 3 con un 45.73%. En general, las formas bacilares fueron las predominantes siendo las más abundantes las Gram negativas, con el 48.32% del total de los aislamientos con respecto a un 39% de bacilos Gram positivos. El 12.68% restante correspondió a formas cocoides Gram positivas. No obstante, en la Finca 1 predominaron los bacilos Gram positivos siendo los únicos morfotipos endófitos aislados, y en el caso de los epífitos representaron el 61.95% (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de morfotipos bacterianos aislados de la filósfera de uchuva en las fincas evaluadas.

Morfotipos bacterianos aislados	Morfotipos bacterianos endófitos (%)			Morfotipos bacterianos epífitos (%)		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
<i>Bacillus</i> spp.	15.58	1.17	9.09	4.13	2.36	0.71
<i>Corynebacterium</i> spp.	-	0.52	0.13	-	-	-
<i>Enterobacter</i> spp.	-	1.04	0.52	1.78	4.72	1.89
<i>Listeria</i> spp.	9.09	0.65	12.99	3.54	2.95	3.07
<i>Lactobacillus</i> spp.	-	0.13	-	3.66	-	1.18
<i>Paenibacillus</i> spp.	0.13	-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas</i> spp.	-	3.90	1.56	-	6.49	4.72
<i>P. aeruginosa</i>	-	8.05	19.48	1.89	37.74	9.43
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	6.75	8.44	0.59	2.95	5.19
<i>Streptomyces</i> spp.	-	-	0.65	0.59	-	-

El mayor porcentaje de UFC bacterianas aisladas de la filósfera correspondió a las bacterias endófitas, representando el 59.98% del total de aislamientos con predominio en la Finca 1 a pesar de no ser estadísticamente diferente a las otras dos fincas ($F= 1.646$, $p= 0.329$). Algunos autores [28] mencionan que la densidad poblacional de bacterias endófitas puede variar de 102 a 109 y puede ser afectada por muchos factores, entre los que se incluye el estado fenológico y el genotipo de la planta, y la interacción con otros organismos así como algunos factores climáticos. Por otra parte, la abundancia de bacterias epífitas fue estadísticamente igual entre las fincas ($F= 3.640$, $p= 0.158$), registrando un mayor número en la Finca (Figura 3).

**Figura 2.** Unidades Formadoras de Colonia (UFC) bacterianas endófitas y epífitas de la filósfera en las fincas evaluadas.

Las comunidades microbianas de la filósfera son diversas e incluyen microorganismos epífitos asociados a la superficie de la planta o endófitos dentro de los tejidos de ésta [22] aunque en los dos casos, las bacterias son las más abundantes en la filósfera colonizando las hojas en densidades superiores a 10^8 células.cm² [26]. No obstante, la cantidad de nutrientes, especie de la planta, edad de la hoja, el estado fisiológico de la planta así como las lesiones presentes en las hojas pueden alterar la microbiota presente [39].

3.4 Géneros bacterianos asociados a la rizósfera y filósfera de uchuva

La diversidad de géneros bacterianos fue mayor en la rizósfera en comparación con la filósfera, con 13 géneros identificados, de los cuales *Acinetobacter*, *Moraxella* y *Bacillus megaterium* fueron endófitos de la raíz y no se aislaron de suelo rizosférico, mientras que *B. licheniformis* y *Flavobacterium* spp., únicamente estuvieron asociados a las muestras de suelo rizosférico (Tabla 2).

De la filósfera, se identificaron nueve géneros, siendo *Corynebacterium* y *Enterobacter* exclusivos de las hojas en relación con la rizósfera. *Corynebacterium* y *Paenibacillus* fueron endófitos de las hojas, y no se encontraron como epífitos de éstas; algunos de estos géneros han sido también aislados de la filósfera de otros cultivos comerciales como frijol [11]. No obstante, *Pseudomonas* fue el género más abundante en la rizósfera y la filósfera, actuando tanto como endófito como epífito (Tabla 3). Este género comprende un grupo grande de especies bacterianas promotoras del crecimiento vegetal y a su vez controladoras biológicas de fitopatógenos, se ha encontrado que es un género ubicuo que se presenta en la superficie de las hojas [18], en las raíces como epífito y endófito y en el suelo adyacente a la raíz en algunos cultivos como en arroz [35].

3.5 Géneros fúngicos epífitos aislados de filósfera de uchuva

La diversidad de géneros fúngicos asociados a la filósfera de las plantas de uchuva fue baja con el aislamiento de tres géneros fúngicos y uno de levaduras. La Finca 1 presentó el mayor número de UFC fúngicas con el 64.55% del total de los aislamientos, seguida de las Fincas 3 y 2 con el 18.18% y 17.27%, respectivamente (Tabla 5). *Rhodotorula* fue el género más abundante con el 68.18% entre los aislados, levadura que ha sido también reportada en otros estudios que han evaluado la microbiota de la filósfera de cultivos de interés comercial [25] identificando por ejemplo, a *R. colostri* en mora. Algunos autores [24] mencionan que algunos géneros levaduriformes como *Cryptococcus*, *Pichia* y *Rhodotorula* tienen la capacidad de formar cápsulas confiriendo a la célula una ventaja adaptativa, permitiendo que se puedan desarrollar bajo condiciones desfavorables que se pueden presentar en el filoplano como la edad y posición de la hoja, disponibilidad y calidad de los nutrientes, temperatura, pH, radiación y actividad del agua [22, 39]. En cuanto a los géneros fúngicos aislados, *Capnodium*, *Cladosporium* y *Penicillium*, aunque se han reportado como patógenos de algunas especies vegetales de interés comercial, no se ha registrado su efecto patogénico en plantas de uchuva [41].

Tabla 5. Porcentaje de morfotipos fúngicos aislados de la filósfera de uchuva en las fincas evaluadas.

	Morfotipos Fúngicos (%)		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3
<i>Capnodium</i> spp.	-	21.05	5.00
<i>Cladosporium</i> spp.	15.49	-	90.00
<i>Penicillium</i> spp.	-	-	5.00
<i>Rhodotorula</i> spp.	84.51	78.95	-

4 Conclusiones

Las poblaciones de microorganismos endófitos fueron altas en comparación con las epífitas tanto en la rizósfera como en la filósfera, posiblemente porque la raíz y hojas son nichos que proporcionan a las bacterias condiciones más favorables para su colonización. Entre tanto, el género bacteriano predominante de la rizósfera y filósfera de las plantas de uchuva fue *Pseudomonas*, mientras que *Rhodotorula* predominó en la microbiota epífita del filoplano. Hasta el momento, este es el primer estudio que hace un acercamiento de la microbiota presente en la filósfera de plantaciones de uchuva.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación “Colciencias” y a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por la Beca Pasantía otorgada dentro del Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda”, para la ejecución de este proyecto. A ASOPROCIEN y a los productores de uchuva de Ciénega por permitir la toma de muestras. Al fitopatólogo Jorge Blanco por la corroboración en la identificación de algunos géneros fúngicos, y a la estadística Martha Parada por su colaboración en el manejo estadístico de los datos.

Referencias bibliográficas

- [1] Altabet, M.A. & Small, L.F. (1990). Nitrogen isotopic ratios in fecal pellets produced by marine zooplankton. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 54(1): 155-163.
- [2] Arnold, E.A., Mejia, L.C., Kyllö, D., Rojas, E., Maynard, Z., Robbins, N. & Herre, E.A. (2003). Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 100:15649–15654.
- [3] Barnett, H. (1960). *Illustrated genera of imperfect fungi*. 2 ed. Estados Unidos: Burgess Publishing Company. 225.
- [4] Berendsen, R., Pieterse, C. & Bakker, P. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, 17(8): 478-486.
- [5] Calvo, P., Reymundo, L. & Zúñiga, D. (2008). Poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. *Ecología Aplicada*, 7(1, 2): 141-148.

- [6] Carrillo, L. (2003a). Los hongos de los alimentos y forrajes. Argentina: Universidad Nacional de Salta. Recuperado de: <http://www.unsa.edu.ar/matbib>. Fecha de consulta: (20/05/2013).
- [7] Carrillo, L. (2003b). Microbiología Agrícola. Argentina: Universidad Nacional de Salta. Recuperado de: <http://www.unsa.edu.ar/matbib>. Fecha de consulta: (20/05/2013).
- [8] Ceballos, I. (2009). Selección de bacterias aeróbicas formadoras de endospora aisladas de la filósfera de cultivares de *Musa* en el Urabá antioqueño, con potencial antagonico contra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Medellín-Colombia: Universidad Nacional de Colombia.. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2523/1/186263.2009.pdf>. Fecha de rconsulta: (10/ 04/2013)
- [9] Ciénega Nuestro Municipio (2011). Recuperado de: <http://cienega-boyaca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mIxx-1-&m=f>. Fecha de recuperación (10/05/2013).
- [10] Sistema de Inteligencia de Mercados (2001). Corporación Colombia Internacional (CCI). Perfil producto No.13. Recuperado de: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2006327162612_uchuva_CCI_actualizaci%C3%B3n.pdf. Fecha de consulta: (28/04/2013).
- [11] Costa, L., Vieira, M., Chaer, A., Alencar, C. & Fernandes, E. (2012). Isolation and characterization of endophytic bacteria isolated from the leaves of the common bean (*Phaseolus vulgaris*). Brazilian Journal of Microbiology 43(4): 1562-1575.
- [12a] Domsh, K., Gams, W., & Anderson, T. (1980a). Compendium of soil fungi. London: Academic Press. 1. Part. I: 860.
- [12b] Domsh, K., Gams, W., & Anderson, T. (1980b). Compendium of soil fungi. Nueva York: Academic Press. 1. Part. II: 406.
- [13] Feng, H., Li, Y., & Liu, Q. (2013). Endophytic bacterial communities in tomato plants with differential resistance to *Ralstonia solanacearum*. African Journal of Microbiology Research, 7(15): 1311-1318.
- [14] Finegold, S. & Martin, W. (1983). Diagnóstico microbiológico. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S.A.
- [15] Fischer, G. (2000). Crecimiento y desarrollo. En: Flórez, V., Fisher, G. & Sora, A. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Bogotá: Produmedios. 9-25.
- [16] Garrido, M. (2007). Aislamiento e identificación de bacterias diazotróficas rizosféricas y endófitas asociadas a suelos y pastos del valle y sabana del Cesar en dos épocas climáticas. Bogotá-Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- [17] Hallman, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W. & Kloepper, J. (1997). Bacterial endophytes in agricultura crops. Canadian Journal of Microbiology. 43: 895 – 914.
- [18] Hirano, S.S & Upper, C.D (2000). Bacteria in the leaf echosystem with emphasis on *Pseudomonas* species a pathogen, ice nucleus and epiphyte. Microbiol. Mol. Rev., 64: 624-653.

- [19] James, E. K. (2000). Nitrogen fixation in endophytic and associative symbiosis. *Field Crops Research*. 65: 197-209.
- [20] Jha, P., Gupta, G., Jha, P. & Mehrotra, R. (2013). Association of Rhizospheric/Endophytic Bacteria with Plants: A potential gateway to sustainable agriculture. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. 3 (2): 73-84.
- [21] Lindow, S. & Brandl, M. (2003). Microbiology of the Phyllosphere. *Applied and Environmental Microbiology*. 69 (4): 1875-1883.
- [22] Lindow, E. & Leveau, H.J. (2002). Phyllosphere microbiology. *Curr Opin Biothec*. 13: 259-265.
- [23] Madigan, M., Martinko, J. & Parker, J. (2006). *Brock Biology of Microorganisms*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- [24] Martín, E. & Valverde, A. (2006). Criptococosis: diagnóstico microbiológico y estudio de sensibilidad *in vitro*. Control calidad SEIMC. Recuperado de: <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/micologia/cripto.pdf>. Fecha de consulta: (07/06/2013).
- [25] Medina, C., Cristancho, D. & Uribe, D. (2009). Respuesta fisiológica y capacidad antagonista de aislamientos filoféricos de levaduras obtenidos en cultivos de mora (*Rubus glaucus*). *Acta biol. Colomb.*, 14 (3): 179-196.
- [26] Meyer, K. & Leveau, J. (2012). Microbiology of the phyllosphere: a playground for testing ecological concepts. *Oecologia*, 168: 621-629.
- [27] Momota, P., Singh, B.K. & Devi, S. (2012). Role of endophytic microorganisms in sustainable agriculture. *NeBIO*, 3(2): 69-77.
- [28] Overbeek, L. & Elsas, J.D. (2008). Effects of plant genotype and growth stage on the structure of bacterial communities associated with potato (*Solanum tuberosum* L.). *FEMS Microbiol. Ecol.*, 64(2): 283-296.
- [29] Pastor, N., Carlier, E., Andrés, J., Rosas, S. & Rovera, M. (2012). Characterization of rhizosphere bacteria for control of phytopathogenic fungi of tomato. *J Environ Manage.*, 95: S332-S337.
- [30] Raaijmakers, J., Paulitz, T., Steinberg, C. & Alabouvette, C (2009). The Rhizosphere: A Playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant Soil*, 321:341-361.
- [31] Ramírez, M., Poveda, G., Bonilla, R., Cabra, L., Peñaranda, A., López, M., Serralde, D., Tamayo, A., Navas, G., & Díaz, C. (2008). Uso y manejo de biofertilizantes en el cultivo de la uchuva. Bogotá: Produmedios.
- [32] Rasche, F., Trondl, R., Naglreiter, C., Reichenauer, T.G. & Sessitsch, A. (2006). Chilling and cultivar type affect the diversity of bacterial endophytes colonizing sweet pepper (*Capsicum anuum* L.). *Can. J. Microbiol.*, 52: 1036-1045.
- [33] Rosenblueth, M. & Martínez-Romero, E.(2006). Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Mol Plant Microb Interact.*, 19: 827-837.

- [34] Schaechter, M., Neidhardt, F., & Ingraham, J. (2006). *Microbe*. Washington: American Society for Microbiology.
- [35] Sivakamasundari, R. & Usharani, G. (2012). Studies on the influence of *Pseudomonas fluorescens* and chemicals on the biocontrol sheath blight incidence in rice. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 3(4): 973-977.
- [36] Tompsons, R. (2002). Efecto de la radiación solar UV-B sobre la comunidad bacteriana de la filósfera. *Journal Environmental*: 456-478.
- [37] Van Eekeren, N., De Boer, H., Hanegraaf, M., Bokhorst, J., Nierop, D., Bloem, J., Schouten, T., De Goede, R. & Brussaard, L. (2010). Ecosystem services in grassland associated with biotic and abiotic soil parameters. *Soil Biology & Biochemistry*, 42: 1491-1504.
- [38] Weinert, N., Piceno, Y., Ding, G.C., Meincke, R., Heuer, H., Berg, G., Schloter, M., Andersen, G., & Smalla, K. (2011). Phylo Chip hybridization uncovered an enormous bacterial diversity in the rhizosphere of different potato cultivars: many common and few cultivar-dependent taxa. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 75: 497-506.
- [39] Yang, C.H., Crowley, D., Borneman, J. & Keen, N. (2001). Microbial phyllosphere populations are more complex than previously realized. *Proc Natl Acad Sci*. 98 (7): 3889-3894.
- [40] Zapata, J., Saldarriega, A., Londoño, M. & Díaz, C. (2002). Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia. *Boletín Técnico, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Antioquia, Colombia*. Recuperado de: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Manejo%20del%20cultivo%20de%20la%20uchuva.pdf. Fecha de consulta: (20/09/2013).
- [41] Zapata, J. (2012) Importancia del cultivo de uchuva en Colombia: Estado actual. En: *Avances en el manejo y control de Fusarium oxysporum en el cultivo de uchuva (Physalis peruviana)*. Bogotá: Produmedios. 7.

Dirección de los autores

Deisy Lisseth Toloza Moreno

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja - Colombia

lisseth77@gmail.com

Luz Marina Lizarazo Forero

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja - Colombia

luz.lizarazo@uptc.edu.co, bio.ambient@uptc.edu.co