

Taxonomía del género *Burkholderia sensu lato*

Paulina Estrada de los Santos

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Prol. Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomás, Del. Miguel Hidalgo C.P. 11340. Ciudad de México, México.
pestradadelossantos@gmail.com

Estrada de los Santos Paulina, Taxonomía del género *Burkholderia sensu lato*
Artículo de revisión
Alianzas y Tendencias-BUAP. 2019, 4 (14): 11-29.

Recibido: 10 junio 2019.

Aceptado: 20 junio 2019.



RESUMEN

El género *Burkholderia sensu lato* ha sido sujeto a un análisis taxonómico exhaustivo en los últimos años, conduciendo a la división en seis géneros bacterianos: *Burkholderia*, *Paraburkholderia*, *Caballeronia*, *Robbsia*, *Mycetohabitans* y *Trinickia*. Dentro de estos géneros existen especies que son patógenas de humanos, animales y plantas, así como patógenas oportunistas de humanos. Pero también, hay especies que son promotoras del crecimiento vegetal, siendo capaces de fijar nitrógeno, sintetizar ácido indol acético y solubilizar fósforo, así como agentes de biocontrol que producen compuestos antimicrobianos, sideróforos o inducen una respuesta sistémica en la planta. En este trabajo se revisan cada uno de los géneros resaltando aquellas especies con potencial biotecnológico.

Palabras clave: Taxonomía, *Burkholderia*, *Paraburkholderia*, *Caballeronia*, *Robbsia*, *Mycetohabitans*, *Trinickia*

ABSTRACT

The genus *Burkholderia sensu lato* has been taxonomically revised several times in the last years. This has concluded in the proposal of six genera: *Burkholderia*, *Paraburkholderia*, *Caballeronia*, *Robbsia*, *Mycetohabitans* and *Trinickia*. Among these genera, there are species known as human, animal and plant pathogens, and as well as human opportunistic pathogens. However, some species can promote the plant growth through nitrogen fixation, indoleacetic acid

synthesis, phosphate solubilization, but also as biocontrol agents, producing antimicrobial compounds, siderophores or inducing a systematic response in the plant. In this work, each *Burkholderia sensu lato* genera are revised, spotting those with biotechnological potential.

Keywords: Taxonomy, *Burkholderia*, *Paraburkholderia*, *Caballeronia*, *Robbsia*, *Mycetohabitans*, *Trinickia*

INTRODUCCIÓN

Burkholderia, parte del grupo de las beta-proteobacterias, fue descrito como un género nuevo en el año 1992 [1]. En éste, se reclasificaron siete especies del género *Pseudomonas*: *Pseudomonas cepacia*, *Pseudomonas mallei*, *Pseudomonas pseudomallei*, *Pseudomonas plantarii*, *Pseudomonas caryophylli*, *Pseudomonas pickettii* y *Pseudomonas solanacearum*. Sin embargo, tres años después, *Burkholderia pickettii* y *Burkholderia solanacearum* fueron transferidas al género *Ralstonia* [2]. Conforme nuevas especies de *Burkholderia* fueron descritas a lo largo de los años, se observó con la comparación de los genes *atpD*, *gltB*, *lepA* y *recA* en combinación con el 16S rRNA, la formación de dos linajes bacterianos distintos (A y B) [3]. El grupo A estaba integrado principalmente por especies asociadas a plantas y saprófitas, y el grupo B por especies patógenas.

Estos resultados sugerían la presencia de dos géneros bacterianos diferentes. No obstante, una fracción de la comunidad científica ha estado en

descuerdo sobre la división del género [4]. Posteriormente, se descubrió que otros grupos estaban emergiendo en *Burkholderia* cuando se analizó la secuencia del 16S rRNA [5]. Además de los grupos A y B, surgieron los grupos de transición 1 y transición 2. Con el advenimiento de la secuenciación de genomas bacterianos, se analizaron 21 proteínas conservadas en las especies de *Burkholderia* disponibles, descubriendo firmas moleculares que llevaron a la descripción del nuevo género *Paraburkholderia* [6]. Posteriormente, mediante el análisis de la secuencia del 16S rRNA y firmas moleculares, se describió al nuevo género *Caballeronia* [7]. Un año después, se reasignó la posición taxonómica de *Burkholderia andropogonis* como *Robbsia andropogonis* analizando la secuencia del 16S rRNA, MLSA (multilocus sequence analysis), ANI (average nucleotide identity), frecuencia de tetranucleótidos y porcentaje de proteínas conservadas [8]. Recientemente, haciendo uso del análisis de la secuencia de genomas completos, *Mycetohabitans* y *Trinickia* fueron propuestos como nuevos géneros distintos a *Burkholderia* [9]. En la descripción de estos géneros, se analizaron 106 secuencias codificantes de 122 especies de *Burkholderia* mediante máxima verosimilitud. Se confirmó la posición taxonómica de los seis géneros que conforman el grupo *Burkholderia sensu lato* (s.l): *Burkholderia*, *Paraburkholderia*, *Caballeronia*, *Robbsia*, *Mycetohabitans* y *Trinickia* (Figura 1).

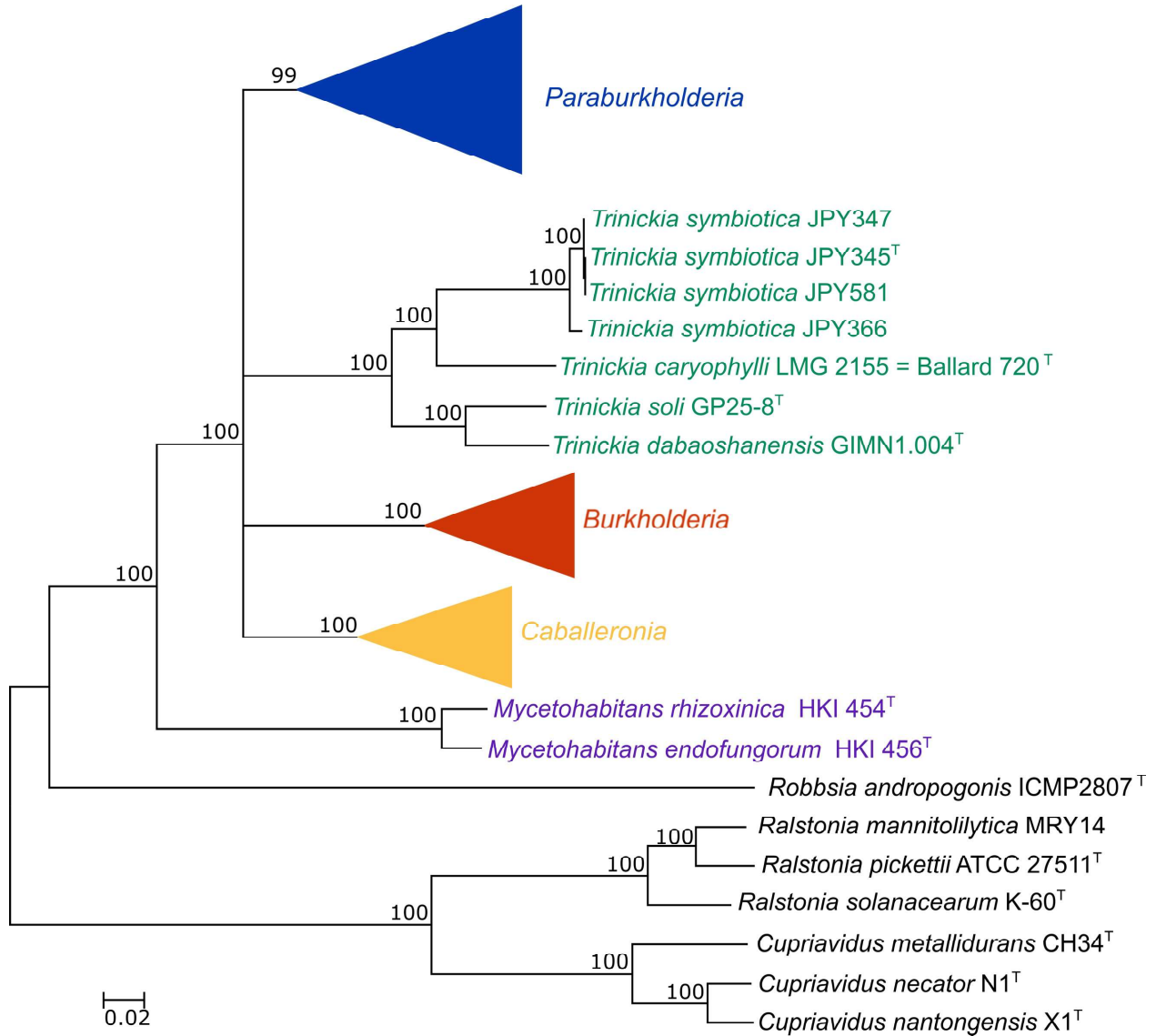


Figura 1. Árbol filogenético construido mediante máxima verosimilitud de especies de *Burkholderia sensu lato* (*s.l.*). Se analizaron 106 secuencias de aminoácidos concatenados de 122 especies de *Burkholderia s.l.* La barra indica el número de cambios por sitio. Tomado de Estrada-de los Santos *et al.* [9].

Burkholderia

El género *Burkholderia* está formado por 32 especies, las cuales forman tres grupos: el grupo de patógenos oportunistas denominado complejo *Burkholderia cepacia* (Bcc), el grupo *Burkholderia pseudomallei* que incluye especies patógenas de humanos y un grupo de especies de *Burkholderia* patógenas de plantas. En los años 70, *Pseudomonas* (*Burkholderia*) *cepacia* surgió como un patógeno oportunista debido a que las personas con fibrosis quística (FQ) sufren una alteración genética donde las vías respiratorias bajas se obstruyen con un moco deshidratado que constituye un ambiente ideal para el establecimiento de la especie bacteriana, lo cual conduce a un mal funcionamiento del pulmón, provocando neumonía, septicemia y en algunas ocasiones llegando a la muerte [10]. También puede ocasionar un deterioro progresivo y rápido llamado "síndrome cepacia", el cual es caracterizado por una neumonía necrotizante, bacteriemia y finalmente sepsis [11]. La patogenicidad del Bcc es atribuida a la presencia de diferentes determinantes, por ejemplo, porinas, acil-homoserina lactonas y amidasas, considerándose a las enzimas amidasas que juegan un papel crucial como un factor involucrado en el metabolismo de los aminoácidos que promueve la supervivencia y persistencia de la bacteria *in vivo* [12]. También se conoce un marcador epidémico encontrado en cepas de *B. cepacia* denominado BCESM, el cual forma parte de una isla genómica que contiene genes involucrados en la síntesis de

proteínas de virulencia y el metabolismo [12]. Asimismo, se ha encontrado que un sistema de secreción tipo IV está involucrado en la translocación de macromoléculas a través de la membrana celular, representando un mecanismo ampliamente distribuido para la transmisión de resistencia a antibióticos y factores de virulencia en bacterias patógenas [13]. Es evidente que la patogenicidad en *Burkholderia* es multifactorial, ya que otros factores como quorum sensing, producción de sideróforos y la biosíntesis de lipopolisacáridos, se requieren para que haya una patogenicidad completa [14]. La distribución del Bcc es amplia, en México se ha reportado un caso de *B. cepacia* en un paciente con enfermedad granulomatosa crónica, así como *B. cenocepacia* IIIB y *Burkholderia stabilis* en sangre de pacientes en cuidado intensivo [15,16]. Recientemente, se analizaron un grupo de cepas identificadas como *B. cepacia* con el sistema VITEK2, las cuales provenían de niños que fueron admitidos en el hospital con neumonía [17]. El análisis de la secuencia del 16S rRNA y el gen *atpD* de estas cepas condujo a la identificación de especies del Bcc como *Burkholderia vietnamiensis*, *Burkholderia cenocepacia* y *Burkholderia contaminans*, pero también se presentaron cepas que aparentemente representan nuevas especies dado que no se agrupan con alguna de las ya descritas de este grupo bacteriano. Por otro lado, el Bcc contiene especies que han sido estudiadas por sus aplicaciones biotecnológicas, tal es el caso de la promoción del crecimiento vegetal, el biocontrol de

fitopatógenos y la biorremediación. En Estados Unidos, diversas cepas de *B. cepacia* fueron registradas para su uso como agentes de biocontrol [18]. No obstante, como consecuencia de la relación del Bcc con infecciones en pacientes inmunocomprometidos, los productos comerciales fueron separados del mercado y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos instituyó una suspensión para productos que contuvieran a miembros del complejo *B. cepacia* [19]. Las especies del Bcc tienen una gran versatilidad metabólica, diferentes compuestos con actividad antifúngica y antibacteriana han sido descritos [20,21]. También, existen especies que pueden fijar nitrógeno como *Burkholderia vietnamiensis*, *Burkholderia lata* y *Burkholderia contaminans* [22,23], pero hasta la fecha no se han encontrado cepas que puedan formar nódulos en plantas leguminosas. Por otro lado, el grupo de *B. pseudomallei* está integrado por las especies *B. pseudomallei*, *B. mallei*, *B. thailandensis*, *B. oklahomensis*, *B. humptydoensis* y *B. singularis*. En particular, *B. pseudomallei* provoca la enfermedad infecciosa melioidosis conocido como la gran imitadora debido a que presenta diferentes facetas clínicas, conduciendo muchas veces a un mal diagnóstico, principalmente en zonas no endémicas [24]. La melioidosis se presenta comúnmente en ambientes tropicales como en el sureste de Asia y el norte de Australia, aunque mas casos han aparecido en el centro y sur de América [25,26]. En México se han presentado varios casos, los mas recientes incluyen la muerte de dos niños

en Sonora y uno en Oaxaca [27,28]. La bacteria también ha sido encontrada en niños con neumonía que ingresaron al Hospital Infantil de México Federico Gómez [17], no obstante, se desconoce si los niños sobrevivieron a la infección por *B. pseudomallei*. Esta bacteria puede ser adquirida por inhalación, ingestión y por heridas. La melioidosis se puede presentar como neumonía, septicemia, osteomielitis, formación de abscesos y mal funcionamiento de los órganos [29], aunque la diabetes mellitus es un factor de riesgo [30]. El número de casos fatales de melioidosis es del 10-50% [31], pero en países donde la bacteria es desconocida el valor podría aumentar. Un estudio de modelamiento estimó que hay aproximadamente 165,000 casos de melioidosis en humanos al año en el mundo, de los cuales 89,000 (54%) se estima que son fatales [32]. El modo de acción de *B. pseudomallei* es entrar y replicarse en células epiteliales de la superficie de la mucosa o de piel dañada (dependiendo de la ruta de entrada) y se disemina a diferentes tipos de células. Existen varios factores de virulencia que *B. pseudomallei* expresa, entre ellos múltiples sistemas de secreción que están involucrados en el transporte de proteínas a lo largo de la membrana celular en respuesta al ambiente, así como a la invasión celular [26]. La identificación de *B. pseudomallei* en medio de cultivo es uno de los estándares de oro. El medio de cultivo utilizado normalmente para esta bacteria es el Ashdown [33], donde forma un sin número de relieves, con bordes irregulares y un color rosa-morado (Fig. 2) [17].

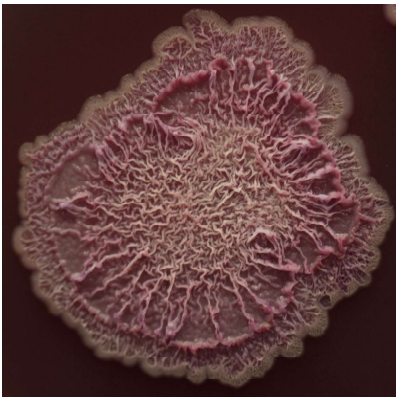


Figura 2. Morfología colonial típica de *Burkholderia pseudomallei* en el medio de cultivo Ashdown después de 72 h de incubación a 37 °C.

También, para la identificación de *B. pseudomallei* se emplean otros métodos, tal es el caso de un anticuerpo monoclonal en un ensayo de aglutinación en latex para identificar colonias sospechosas [34]. El sistema VITEK2 también es muy utilizado, pero si no se cuenta con una base de datos apropiada puede llegar a la identificación incorrecta de la especie [17]. Otras pruebas pueden ser la secuenciación del fragmento 16S rRNA. La identificación de *B. pseudomallei* y con ello la melioidosis son un campo de recién estudio en México [28]. *B. mallei* es otro patógeno dentro del grupo *B. pseudomallei*. Esta especie causa la enfermedad muermo (glanders en inglés), la cual afecta principalmente equinos (caballos, mulas y burros) [35]. Los humanos también pueden contraer esta enfermedad a través de inhalación o inoculación cutánea, no obstante, *B. mallei* sobrevive por periodos cortos de tiempo en el ambiente, contrario a *B. pseudomallei*. El buen control veterinario iniciado en los años 40 y 50,

redujeron significativamente la presencia mundial de *B. mallei*. No obstante, la bacteria se ha reportado en Brasil, India, Irán, Iraq, Pakistán, Turquía y en los Emiratos Árabes. Además, se piensa que es endémica de lugares de Asia, África y América del Sur [36,37]. En México es prácticamente desconocida. *B. mallei* comparte aproximadamente el 99% de la identidad de su genoma con *B. pseudomallei*, pero la primera tiene más de 1000 genes ausentes [38]. Esta bacteria es un patógeno intracelular facultativo, los mecanismos de patogenicidad que presenta son adhesión, invasión (invade y se multiplica dentro de las células epiteliales y fagocíticas), sistemas de secreción tipo III, VI, "quorum sensing" y autotransportadores [35]. Este microorganismo y *B. pseudomallei* son considerados como una amenaza bioterrorista y están asociados con casos militares y endémicos, por lo que está siendo considerada como un patógeno re-emergente, para lo cual se requiere un mayor entendimiento de la patogénesis y de esta manera mejorar el diagnóstico, el desarrollo de vacunas y agentes terapéuticos.

Paraburkholderia

Este género es de reciente descripción [6] y está formado por alrededor de 70 especies (LPSN, List of prokaryotic names with standing in nomenclature), siendo *P. graminis* la especie tipo del género. *Paraburkholderia* es bastante diverso ya que está formado por especies que se comportan de maneras diferentes, por ejemplo, se

Tabla 1. Especies de *Paraburkholderia* fijadoras de nitrógeno y nodulantes de plantas leguminosas.

Especie	Característica relevante	Referencia
<i>P. caribensis</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[56]
<i>P. kururiensis</i>	Fijadora de nitrógeno de vida libre	[57]
<i>P. tuberum</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[41,58]
<i>P. phymatum</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[42,58]
<i>P. tropica</i>	Fijadora de nitrógeno de vida libre	[59]
<i>P. unamae</i>	Fijadora de nitrógeno de vida libre	[60]
<i>P. mimosarum</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[61]
<i>P. silvatlantica</i>	Fijadora de nitrógeno de vida libre	[62]
<i>P. terrae</i>	Fijadora de nitrógeno de vida libre	[63]
<i>P. nodosa</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[64]
<i>P. sabiae</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[65]
<i>P. heleia</i>	Fijadora de nitrógeno de vida libre	[66]
<i>P. diazotrophica</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[67]
<i>P. caballeronis</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[68]
<i>P. rhynchosiae</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[69]
<i>P. sprentiae</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[70]
<i>P. aspalathi</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[71]
<i>P. australis</i>	Fijadora de nitrógeno de vida libre	[72]
<i>P. dilworthii</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[73]
<i>P. dipogonis</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[74]
<i>P. kirstenboschensis</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[75]
<i>P. metalliresistens</i>	Fijadora de nitrógeno de vida libre	[76]
<i>P. piptadeniae</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[77]
<i>P. ribeironis</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[77]
<i>P. azotifigens</i>	Fijadora de nitrógeno de vida libre	[78]
<i>P. steynii</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[79]
<i>P. strydomiana</i>	Nodulante, fijadora de nitrógeno	[79]

asocian a plantas y promueven su crecimiento como *P. phytofirmas* [39], *P. bryophyla* y *P. megapolitana* [40] en vida libre, pero también mediante la formación de nódulos fijadores de nitrógeno (Tabla 1). Existen especies que fijan nitrógeno sin estar asociadas a plantas (fijadoras de vida libre) o especies como *P. tuberum* y *P. phymatum* que pueden fijar nitrógeno en vida libre y en el nódulo [41,42]. Otras especies se asocian a plantas incluso cuando no son fijadoras de nitrógeno o nodulantes como es el caso de *P. graminis*, *P. sacchari*, *P. rhizosphere*, *P. novocaledonica*, *B. ultramafica*, *P. caffeinilytica*, *P. pallidirosea* [43,44,45,46,47,48] o son simplemente parte de la comunidad del suelo como *P. eburnea* [49], *P. humi* [50], *P. humisilvae*, *P. solisilvae* [45], *P. monticola* [51], *P. jirisanensis* [52], *P. hiiakae*, *P. metrosideri*, *P. peleae*, *P. paradisi* [53], *P. caseinilytica* [54] y *P. phosphatilytica* [55].

Además de aquellas especies que tienen un papel en el desarrollo de las plantas, se han reportado especies que podrían causar infecciones en humanos como *P. fungorum*, *P. caledonica* [80] y *P. tropica* [81] o aquellas que pueden degradar compuestos complejos como *P. phenoliruptrix* que degrada ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético y halofenol [82] o *P. xenovorans* que degrada bifenil policlorados [83]. Resalta también el hecho de que algunas especies han sido aisladas de ambientes complejos, como suelos contaminados con hidrocarburos aromáticos policíclicos (*P. sartisoli*, [84]), suelo de una mina para la extracción de fie-

ro (*P. ferrariae*, [85]), un sistema hidrotérmico marino rico en arsénico (*P. insulsa*, [86]), de la superficie erosionada de una roca (*P. susongensis*, [87]), de un suelo contaminado con gasolina (*P. aromaticivorans*, [88]) o incluso, viven en el interior de la ameba *Dictyostelium discoideum* como *P. agricolis*, *P. hayleyella* y *P. bonniea* [89]. Otras son especies que están involucradas en la inhibición de hongos fitopatógenos como *P. ginsengiterrae* [90] y *P. panacihumi* [91]. La capacidad de las especies de este género bacteriano para habitar y comportarse de diferentes maneras habla de la versatilidad de esta bacteria y el potencial para ser utilizada en la biotecnología, aunque se deben tomar en cuenta los antecedentes de algunas de estas especies como patógenos oportunistas y llevar a cabo pruebas para determinar su inocuidad, tanto en el humano como en el ambiente.

Caballeronia

Caballeronia es un género cuyas especies han sido aisladas de diferentes ambientes (Tabla 2). En general, estas especies han sido aisladas de suelo y rizósfera de diferentes especies de plantas, aunque si se presentan *C. concitans* y *C. turbans* en muestras clínicas (Tabla 2).

Pocas de las especies de *Caballeronia* han sido estudiadas más allá de su descripción taxonómica, por lo que se desconoce prácticamente su potencial en la biotecnología. Algunas de ellas son *C. mineralovorans*, eficiente en mineralización, *C. jiangsuensis* y *C. zhejiangensis* capaces de degra-

Tabla 2. Origen especies de *Caballeronia*.

Especie	Fuente de aislamiento	Referencia
<i>C. glathei</i>	Suelo laterítico	[43]
<i>C. sordidicola</i>	<i>Phanerochaete sordida</i>	[92]
<i>C. zhejiangensis</i>	Lodos de aguas residuales Sangre de humano Secreciones respiratorias humanas	[93,94]
<i>C. humi</i>	Suelo rizosférico de un pastizal Suelo de un cultivo de maíz	[94]
<i>C. choica</i>	Suelo rizosférico de un pastizal	[94]
<i>C. telluris</i>	Suelo de un cultivo de maíz	[94]
<i>C. terrestris</i>	Suelo de un cultivo de maíz	[94]
<i>C. udeis</i>	Suelo contaminado con naftaleno	[94]
<i>C. grimmiae</i>	<i>Grimmia montana</i>	[95]
<i>C. cordobensis</i>	Suelo agrícola	[96]
<i>C. jiangsuensis</i>	Suelo contaminado con metil paration	[97]
<i>C. megalochromosomata</i>	Suelo de un pastizal	[98]
<i>C. arationis</i>	Suelo de un jardín botánico	[99]
<i>C. arvi</i>	Suelo agrícola	[99]
<i>C. calidae</i>	Agua de un estanque en un invernadero	[99]
<i>C. catudaia</i>	Rizósfera de <i>Fadogia homblei</i>	[99]
<i>C. concitans</i>	Tejido de pulmón humano	[99]
<i>C. fortuita</i>	Rizósfera de <i>Fadogia homblei</i>	[99]
<i>C. glebae</i>	Suelo de un jardín botánico	[99]
<i>C. hypogeia</i>	Suelo de invernadero	[99]
<i>C. pedi</i>	Suelo de un jardín botánico	[99]
<i>C. peredens</i>	Suelo expuesto a fenitotrión	[99]
<i>C. ptereochthonis</i>	Suelo de un jardín botánico	[99]
<i>C. temeraria</i>	Rizósfera de <i>Fadogia homblei</i>	[99]
<i>C. turbans</i>	Líquido pleural de humano	[99]
<i>C. mineralivorans</i>	<i>Scleroderma citrinum</i>	[100]

Coffee arabica, *Citrus* sp., *Simmondsia chinensis*, *Ruscus* sp., *Bougainvillea* sp., *Gypsophila* sp., entre otros [8].

Trinickia

Trinickia es un género de reciente descripción [9]. Este género está formado por las especies *T. caryophylli*, *T. soli*, *T. symbiotica*, *T. diaoshuihuensis*, *T. dinguensis* y *T. fusca* [102,103]. *Burkholderia dabaoshanensis* también forma parte del género *Trinickia* [9], no obstante, el nombre de la especie nunca fue validado en la revista de taxonomía IJSEM (International Journal of Systemics and Evolutionary Microbiology). Esta bacteria fue aislada de un suelo minero y es tolerante a diferentes metales pesados [104], pero dentro de la descripción no se cumplió la Regla 27 (2) (c) del Código Bacteriano, la cual establece que la publicación debe de incluir una sección con la descripción de la nueva especie. Actualmente, estamos haciendo una enmienda y proponiendo que esta bacteria sea incluida como una especie nueva dentro del género *Trinickia* (Estrada-de los Santos, propuesta en evaluación). En general, las especies de *Trinickia* se han aislado del suelo, *T. symbiotica* además es capaz de formar nódulos en dos especies plantas leguminosas, *Mimosa cordistipula* y *Mimosa misera*, nativas del noreste de Brasil [105]. *T. caryophylli* es la única especie patógena del género, causa marchitamiento en el clavel (*Dianthus caryophyllus*), solía ser un problema importante en la producción de clavel en Estados Unidos, pero el uso de nuevos cultivares de

dar metil paratión, pero también pueden causar infecciones en humanos como es el caso de *C. zhejiangensis* [94]. El nombre de *Caballeronia* fue propuesto inicialmente por Gyaneshwar *et al.* [101] cuando se consideraba que *Burkholderia s.l.* solo estaba dividida en dos y en honor al Dr. Jesús Caballero quien describió varias especies de *Burkholderia* y que ahora, desafortunadamente, forman parte de *Paraburkholderia*, dejando *Caballeronia* sin el sentido que se le quería dar inicialmente, es decir, que contuviera las especies *P. tropica*, *P. unamae*, *P. xenovorans* y *P. silvatlantica*.

Robbsia

La única especie dentro de este género es *Robbsia andropogonis* [8]. Esta bacteria fue descrita como *Bacterium andropogonis* en 1911 como un patógeno de sorgo y frijol. Posteriormente, esta especie fue transferida al género *Pseudomonas*, en particular al grupo rRNA II. En 1995, esta bacteria fue nuevamente reclasificada en el género *Burkholderia* [22]. Durante un análisis de secuencias multilocus (MLSA) y del 16S rRNA se observó que *B. andropogonis* y *Burkholderia rhizoxinica/Burkholderia edoformorum* formaban clados diferentes de *Burkholderia*, sugiriendo que podrían tratarse de nuevos géneros bacterianos [3,4]. Finalmente, en el 2017, esta especie fue analizada mediante la secuencia del 16S rRNA, MLSA y ANI para describirla como *R. andropogonis* [8]. *R. andropogonis* causa enfermedades en un amplio rango de plantas, incluyendo *Zea mays*,

AGRADECIMIENTOS

PES agradece el apoyo del sistema de estímulos del IPN (EDI, COFAA) y al SNI.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

REFERENCIAS

- [1].Yabuuchi E, Kosako Y, Oyaizu H, Yano I, Hotta H, HashimotoY, et al. Proposal of *Burkholderia* gen. nov. and transfer of 7 species of the genus *Pseudomonas* homology group II to the new genus, with the type species *Burkholderia cepacia* (Palleroni and Holmes 1981) comb. nov. *Microbiol Immunol.*1992;36:1251-1275.
- [2].Yabuuchi E, Kosako Y, Yano I, Hotta H, Nishiuchi Y. Transfer of two *Burkholderia* and an *Alcaligenes* species to *Ralstonia* gen.nov.: Proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleroni and Dou-doroff 1973) comb. nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) comb. nov. *Microbiol Immunol.* 1995;39:897-904.
- [3].Estrada-de los Santos P, Vinuesa P, Martínez-Aguilar L, HirschAM, Caballero-Mellado J. Phylogenetic analysis of *Burkholderia* species by multilocus sequence analysis. *Curr Microbiol.* 2013;67:51-60.
- [4].Vandamme P, Peeters C. Time to revisit polyphasic taxonomy. *Anton Leeuw Int J G.* 2014;106:57-65

clavel y medidas de que minimizan la contaminación con esta bacteria han llevado a que la misma sea un patógeno poco común (European and Mediterranean Plant Protection Organization).

Mycetohabitants

B. rhizoxinica y *B. endofungorum*, las únicas especies en este género fueron aisladas del hongo saprófito *Rhizopus microsporus* [106]. Ambas bacterias viven dentro de las células del hongo y son las productoras del compuesto rhizoxin, el agente causal de la roya del arroz y la micotoxina rhiznonin. *B. rhizoxinica* y *B. endofungorum* han sido aisladas de muestras biológicas humanas (sangre y una herida en la piel) [107]. Ambas especies, fueron reclasificadas dentro del género *Paraburkholderia* [6]. No obstante, en el 2018 y con la ayuda de la secuenciación de un mayor número de genomas bacterianos, se llevó a cabo un análisis genómico comparativo de las especies de *Burkholderia s.l.* disponibles y se observó que estas dos especies en realidad pertenecían a un género bacteriano nuevo, el cual fue denominado *Mycetohabitans* [9].

CONCLUSIÓN

Burkholderia s.l. no parece ser un grupo que termine en la descripción de seis géneros, con la descripción de nuevas especies y el uso de la genómica comparativa en la filogenética, es muy probable que se llegue a la descripción de géneros bacterianos adicionales.

- [5]. Estrada-de los Santos P, Rojas-Rojas FU, Tapia-García EY, Vásquez-Murrieta MS, Hirsch AM. To split or not to split: An opinion on dividing the genus *Burkholderia*. *Ann Microbiol.* 2016;66:1303-14
- [6]. Sawana A, Adeolu M, Gupta RS. Molecular signatures and phylogenomic analysis of the genus *Burkholderia*: proposal for division of this genus into the emended genus *Burkholderia* containing pathogenic organisms and a new genus *Paraburkholderia* gen. nov. harboring environmental species. *Front Gene.* 2014;5:429.
- [7]. Dobritsa AP, Samadpour M. Transfer of 11 *Burkholderia* species to the genus *Paraburkholderia* and proposal of *Caballeronia* gen. nov., a new genus to accommodate 12 species of *Burkholderia* and *Paraburkholderia*. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2016;66:2836-46
- [8]. Lopes-Santos L, Castro DBA, Ferreira-Tonin M, Correa DBA, Weir BS, Park D, et al. Reassessment of the taxonomic position of *Burkholderia andropogonis* and description of *Robbsia andropogonis* gen. nov., comb. nov. Anton Leeuw *Int J G.* 2017;110:727-36
- [9]. Estrada-de los Santos P, Palmer M, Chávez-Ramírez B, Beukes C, Steenkamp ET, Briscoe L, et al. Whole genome analyses suggest that *Burkholderia sensu lato* contains two additional novel genera (*Mycetohabitans* gen. nov., and *Trinkickia* gen. nov.): Implications for the evolution of diazotrophy and nodulation in the Burkholderiaceae. *Genes* 2018;9:389.
- [10]. Drevinek P, Mahenthiralingam E. *Burkholderia*. In: Filippis I, McKee ML, Eds. *Molecular Typing in Bacterial Infections, Infectious Disease.* Springer Science; 2013; 301-8.
- [11]. Isles A, Maclusky I, Corey M, Gold R, Prober C, Fleming P, et al. *Pseudomonas cepacia* infection in cystic fibrosis: An emerging problem. *J Pediatr.* 1984;104:206-210.
- [12]. Baldwin A, Sokol PA, Parkhill J, Mahenthiralingam E. The *Burkholderia cepacia* epidemic strain marker is part of a novel genomic island encoding both virulence and metabolism-associated genes in *Burkholderia cenocepacia*. *Infect Immun.* 2004;72:1537-1547.
- [13]. Adjei MD, Ohta Y. Factors affecting the biodegradation of cyanide by *Burkholderia cepacia* strain C-3. *J Biosci Bioeng.* 2000;89:274-7.
- [14]. Uehlinger S, Schwager S, Bernier SP, Riedel K, Nguyen DT, et al. Identification of specific and universal virulence factors in *Burkholderia cenocepacia* strains by using multiple infection hosts. *Infect Immun.* 2009;77:4102-4110
- [15]. Gamboa-Salcedo T, Cardoso-Hernández G, Saucedo-Ramírez OJ, Peña-Alonso YR. *Burkholderia cepacia* y enfermedad granulomatosa crónica: informe de un caso. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2009;66:68-75.
- [16]. Wiener-Well Y, Segonds C, Mazuz B, Kopuit P, Assous MV. Successful outbreak investigation of *Burkholderia cepacia* complex bacteremia in

- intensive care patients. *Am J Infect.* 2014;42:580-581.
- [17]. Meza-Radilla G, Mendez-Canarios A, Xicohtencatl-Cortes J, Escobedo-Guerra MR, Torres AG, Ibarra JA, et al. Misidentification of *Burkholderia pseudomallei* and other *Burkholderia* species from pediatric infections in Mexico. *Open Forum Infect Dis.* 2019;6:ofz008.
- [18]. Rojas-Rojas FU, Lopez-Sanchez D, Meza-Radilla G, Mendez-Canarios A, Ibarra JI, Estrada-de los Santos P. El controvertido complejo *Burkholderia cepacia*, un grupo de especies promotoras del crecimiento vegetal y patógenas de plantas, animales y humanos. *Rev Arg Microbiol.* 2019;41(1):84-92.
- [19]. EPA, Environmental Protection Agency website. Available in: https://archive.epa.gov/pesticides/biopesticides/web/html/frnotices_006465.html. (Accessed on June 20, 2019).
- [20]. Vial L, Groleau MC, Dekimpe V, D_eziel E. *Burkholderia* diversity and versatility: an inventory of the extracellular products. *J Microbiol Biotechnol* 2007;17:1407.
- [21]. Rojas-Rojas FU, Salazar-Gomez A, Vargas-Díaz ME, Vásquez- Murrieta MS, Hirsch AM, De Mot R, et al. Broad-spectrum antimicrobial activity by *Burkholderia cenocepacia* TAtl-371, a strain isolated from the tomato rhizosphere. *Microbiology* 2018;164:1072–1086.
- [22]. Gillis M, van Van T, Bardin R, Goor M, Hebbar P, Willems A, et al. Polyphasic taxonomy in the genus *Burkholderia* leading to an emended description of the genus and proposition of *Burkholderia vietnamiensis* sp. nov. for N₂-fixing isolates from rice in Vietnam. *Int J Syst Evol Microbiol.* 1995;45:274-289.
- [23]. Da Silva K, Cassetari AES, Lima AS, de Brandt E, Pinnock E, Vandamme P, et al. Diazotrophic *Burkholderia* species isolated from the Amazon region exhibit phenotypical, functional and genetic diversity. *Syst Appl Microbiol.* 2012;35:253-262
- [24]. Pflughoeft KJ, Hau D, Thorkildson P, AuCoin DP. *Burkholderia pseudomallei*. In Singh SK, Kuhn JH, Eds. *Defense Against Biological Attacks*. Springer Nature Switzerland AG; 2019; 185-211.
- [25]. Sanchez-Villamil JI, Torres AG. Melioidosis in Mexico, Central America, and the Caribbean. *Trop Med Infect Dis.* 2018;3:24.
- [26]. Wiersinga WJ, van der Poll T, White NJ, Day NP, Peacock SJ. Melioidosis: insights into the pathogenicity of *Burkholderia pseudomallei*. *Nat Rev Microbiol.* 2006;4:272–82.
- [27]. Lopez-Cruz G, Coronado-Garcia AR, Lopez-Días AV, Rodríguez-García J, Reyes-Gomez U, Martínez-Hernandez Y, et al. Fatal melioidosis in an oaxacan child. *Int Clin Pathol J.* 2019;7:18–20.
- [28]. Álvarez-Hernández G, Torres AG. Melioidosis in Mexico: a coordinated effort to educate the medical specialists and the community about an unknown disease endemic in the country. *Curr Trop Med Rep.* 2019 <https://doi.org/10.1007/s40475-019-00182-1>

- [29]. White NJ. Melioidosis. *Lancet*. 2003;361(9370):1715–1722.
- [30]. Currie, BJ. Melioidosis: evolving concepts in epidemiology, pathogenesis, and treatment. *Semin. Respir. Crit. Care Med.* 2015;36:111–125.
- [31]. Cheng AC, Currie BJ. Melioidosis: epidemiology, pathophysiology, and management. *Clin. Microbiol. Rev.* 2005;18:383–416.
- [32]. Limmathurotsakul D, Golding N, Dance DA, Messina JP, Pigott DM, Moyes CL, et al. Predicted global distribution of *Burkholderia pseudomallei* and burden of melioidosis. *Nat. Microbiol.* 2016;1:15008.
- [33]. Ashdown LR. An improved screening technique for isolation of *Pseudomonas pseudomallei* from clinical specimens. *Pathology*. 1979;11:293-297.
- [34]. Duval BD, Elrod MG, Gee JE, Chantratita N, Tandhavanant S, Limmathurotsakul D, et al. Evaluation of a latex agglutination assay for the identification of *Burkholderia pseudomallei* and *Burkholderia mallei*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2014;90:1043–1046.
- [35]. Khakhum N, Tapia D, Torres AG. *Burkholderia mallei* and glanders. In Singh SK, Kuhn JH, Eds. *Defense Against Biological Attacks*. Springer Nature Switzerland AG; 2019; 161-183.
- [36]. Whitlock GC, Estes DM, Torres AG. Glanders: off to the races with *Burkholderia mallei*. *FEMS Microbiol Lett.* 2007;277:115–22.
- [37]. Kettle AN, Wernery U. Glanders and the risk for its introduction through the international movement of horses. *Equine Vet J.* 2016;48:654–8.
- [38]. Nierman WC, DeShazer D, Kim HS, Tettelin H, Nelson KE, Feldblyum T, et al. Structural flexibility in the *Burkholderia mallei* genome. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2004;101:14246–51.
- [39]. Sessitsch A, Coenye T, Sturz AV, Vandamme P, Ait Barka E, Salles JF, et al. *Burkholderia phytofirmans* sp. nov., a novel plant-associated bacterium with plant-beneficial properties. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2005;55:1187-1192.
- [40]. Vandamme P, Opelt K, Knochel N, Berg C, Schonmann S, De Brandt E, et al. *Burkholderia bryophila* sp. nov. and *Burkholderia megapolitana* sp. nov., moss-associated species with antifungal and plant-growth-promoting properties. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2007;57:2228-2235.
- [41]. Elliott GN, Chen WM, Bontemps C, Chou JH, Young JPW, Sprent JI, et al. Nodulation of *Cyclopia* spp. (Leguminosae, Papilionoideae) by *Burkholderia tuberum*. *Ann Bot.* 2007;100:1403–1411.
- [42]. Elliott GN, Chen WM, Chou JH, Wang HC, Sheu SY, Perin L, et al. *Burkholderia phymatum* is a highly effective nitrogen-fixing symbiont of *Mimosa* spp. and fixes nitrogen ex planta. *New Phytol* 2007;173:168–180
- [43]. Viallard V, Poirier I, Cournoyer B, Haurat J, Wiebkin S, Ophel-Keller K, et al. *Burkholderia graminis* sp. nov., a rhizospheric *Burkholderia*

- species, and reassessment of [*Pseudomonas*] *phenazinium*, [*Pseudomonas*] *pyrrocinia* and [*Pseudomonas*] *glathei* as *Burkholderia*. *Int J Syst Bacteriol.* 1998;48:549–563.
- [44]. Bramer CO, Vandamme P, da Silva LF, Gomez JGC, Steinbuchel A. *Burkholderia sacchari* sp. nov., a polyhydroxyalkanoate-accumulating bacterium isolated from soil of a sugar-cane plantation in Brazil. *Int J Syst Evol Microbiol* 2001;51:1709–1713.
- [45]. Lee JC, Whang KS. *Burkholderia humisilvae* sp. nov., *Burkholderia solisilvae* sp. nov. and *Burkholderia rhizosphaerae* sp. nov., isolated from forest soil and rhizosphere soil. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2015;65:2986–2992.
- [46]. Guentas L, Gensous S, Cavaloc Y, Ducouso M, Amir H, de Ledenon BDG, et al. *Burkholderia novocaledonica* sp. nov. and *B. ultramafica* sp. nov. isolated from roots of *Costularia* spp. pioneer plants of ultramaic soils in New Caledonia. *Syst Appl Microbiol.* 2016;39(3):151–159.
- [47]. Gao Z, Yuan Y, Xu L, Liu R, Chen M, Zhang C. *Paraburkholderia caffeinilytica* sp. nov., isolated from the soil of a tea plantation. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2016;66:4185–4190.
- [48]. Lv YY, Chen Mh, Xia F, Wang J, Qiu Lh. *Paraburkholderia pallidirosea* sp. nov., isolated from a monsoon evergreen broad-leaved forest soil. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2016;66:4537–4542.
- [49]. Kang SR, Srinivasan S, Lee SS. *Burkholderia eburnea* sp. nov., isolated from peat soil. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2014;64:1108–1115.
- [50]. Srinivasan S, Kim J, Kang SR, Jheong WH, Lee SS. *Burkholderia humi* sp. nov., isolated from peat soil. *Curr Microbiol.* 2013;66:300–305.
- [51]. Baek I, Seo B, Lee I, Yi H, Chun J. *Burkholderia monticola* sp. nov., isolated from mountain soil. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2015;65:504–509.
- [52]. Kim S, Gong G, Woo HM, Kim Y, Um Y. *Burkholderia jirisanensis* sp. nov. isolated from forest soil. *Int J Syst Evol Microbiol* 2016;66:1260–1267.
- [53]. Weber CF, King GM. Volcanic soils as sources of novel CO-oxidizing *Paraburkholderia* and *Burkholderia*: *Paraburkholderia hiiakae* sp. nov., *Paraburkholderia metrosideri* sp. nov., *Paraburkholderia paradisi* sp. nov., *Paraburkholderia peleae* sp. nov., and *Burkholderia alpina* sp. nov. a member of the *Burkholderia cepacia* complex. *Front Microbiol.* 2017;8:207.
- [54]. Gao Zh, Zhong Sf, Lu Ze, Xiao Sy, Qiu Lh. *Paraburkholderia caseinilytica* sp. nov., isolated from the pine and broad-leaf mixed forest soil. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2018;68:1963–1968.
- [55]. Gao Zh, Ruan Sl, Huang Yx, Lv Yy, Qiu Lh. *Paraburkholderia phosphatilytica* sp. nov., a phosphate-solubilizing bacterium isolated from forest soil. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2019;69:196–202.

- [56]. Chen WM, Moulin L, Bontemps C, Vandamme P, Béna G, Boivin-Masson C. Legume symbiotic nitrogen fixation by betaproteobacteria is widespread in nature. *J Bacteriol.* 2003;185:7266-7272.
- [57]. Estrada de los Santos P, Bustillos-Cristales R, Caballero-Mellado J. *Burkholderia*, a genus rich in plant-associated nitrogen fixers with wide environmental and geographic distribution. *Appl Environ Microbiol* 2001;67:2790-2798.
- [58]. Moulin L, Munive A, Dreyfus B, Boivin-Masson C. Nodulation of legumes by the beta-subclass of proteobacteria. *Nature.* 2001;411:948-950.
- [59]. Reis VM, Estrada-de los Santos P, Tenorio-Salgado S, Vogel J, Stoffels M., Guyon, S., et al. *Burkholderia tropica* sp. nov., a novel nitrogen-fixing, plant-associated bacterium. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2004;54:2155–2162.
- [60]. Caballero-Mellado JL, Martinez-Aquilar A, Paredes-Valdez G, Estrada-de los Santos P. *Burkholderia unamae* sp. nov., an N₂-fixing rhizospheric and endophytic species. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2004;54:1165-1172.
- [61]. Chen WM, James EK, Coenye, T, Chou JH, Barrios E, de Faria SM, et al. *Burkholderia mimosarum* sp. nov., isolated from root nodules of *Mimosa* spp. from Taiwan and South America. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2006;56:1847-1851.
- [62]. Perin L, Martinez-Aguilar L, Castro-Gonzalez R, Estrada-de los Santos P, Cabellos-Avelar T, Guedes H, et al. Diazotrophic *Burkholderia* species associated with field-grown maize and sugarcane. *Appl Environ Microbiol.* 2006;72:3103-3110.
- [63]. Wong-Villarreal A, Caballero-Mellado J. Rapid identification of nitrogen-fixing and legume nodulating *Burkholderia* species based on PCR 16S rRNA species specific oligonucleotides. *Syst Appl Microbiol.* 2010;33:35-43.
- [64]. Chen WM, de Faria SM, James EK, Elliott GN, Lin KY, Chou JH, et al. *Burkholderia nodosa* sp. nov., isolated from root nodules of the woody Brazilian legumes *Mimosa bimucronata* and *Mimosa scabrella*. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2007;57:1055-1059.
- [65]. Chen WM, de Faria SM, Chou JH, James EK, Elliott GN, Sprent JI, Bontemps C. et al. *Burkholderia sabiae* sp. nov., isolated from root nodules of *Mimosa caesalpiniiifolia*. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2008;58:2174-2179.
- [66]. Aizawa T, Ve NB, Nakajima M, Sunairi M. *Burkholderia heleia* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium isolated from an aquatic plant, *Eleocharis dulcis*, that grows in highly acidic swamps in actual acid sulfate soil areas of Vietnam. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2010;60:1152–1157.
- [67]. Sheu SY, Chou JH, Bontemps C, Elliott GN, Gross E, dos Reis Junior FB, et al. *Burkholderia diazotrophica* sp. nov., isolated from root nodules of *Mimosa* spp. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2013;63:435–441.

- [68]. Martínez-Aguilar L, Salazar-Salazar C, Méndez RD, Caballero-Mellado J, Hirsch AM, Vásquez-Murrieta MS, et al. *Burkholderia caballeronis* sp. nov., a nitrogen fixing species isolated from tomato (*Lycopersicon esculentum*) with the ability to effectively nodulate *Phaseolus vulgaris*. Anton Leeuw Int J G. 2013;104:1063–1071.
- [69]. De Meyer, SE, Cnockaert M, Ardley JK, Trengove RD, Garau G, Howieson, JG, et al. *Burkholderia rhynchosiae* sp. nov., isolated from *Rhynchosia ferulifolia* root nodules. Int J Syst Evol Microbiol. 2013;63:3944–3949.
- [70]. De Meyer SE, Cnockaert M, Ardley JK, Maker G, Yates R, Howieson JG, et al. *Burkholderia sprentiae* sp. nov., isolated from *Lebeckia ambigua* root nodules. Int J Syst Evol Microbiol. 2013;63:3950–3957.
- [71]. Mavengere NR, Ellis AG, Le Roux JJ. *Burkholderia aspalathi* sp. nov., isolated from root nodules of the South African legume *Aspalathus abietina* Thunb. Int J Syst Evol Microbiol. 2014;64:1906–1912.
- [72]. Paungfoo-Lonhienne C, Lonhienne TGA, Yeoh YK, Webb RI, Lakshmanan P, Chan CX, et al. A new species of *Burkholderia* isolated from sugarcane roots promotes plant growth. Microb Biotechnol. 2014;7:142-154.
- [73]. De Meyer S, Cnockaert M, Ardley JK, Van Wyk BE, Vandamme P, Howieson JG. *Burkholderia dilworthi* sp. nov., isolated from *Lebeckia ambigua* root nodules. Int J Syst Evol Microbiol. 2014;64:1090-1095.
- [74]. Sheu SY, Chen MH, Lyu WYY, Andrews M, James EK, Ardley JK, et al. *Burkholderia dipogonis* sp. nov., isolated from root nodules of *Dipogon lignosus* in New Zealand and Western Australia. Int J Syst Evol Microbiol. 2015;65:4716-4723.
- [75]. Steenkamp ET, van Zyl E, Beukes CW, Avontuur JR, Chan WY, Palmer M, et al. *Burkholderia kirstenboschensis* sp. nov., nodulates papilionoid legumes indigenous to South Africa. Syst Appl Microbiol. 2015;38:545-554.
- [76]. Guo JK, Ding YZ, Feng RW, Wang RG, Xu YM, Chen C, et al. *Burkholderia metalliresistens* sp. nov., a multiple metal resistant and phosphate-solubilising species isolated from heavy metal-polluted soil in the Southeast China. Anton Leeuw Int J G. 2015;107:1591-1598.
- [77]. Bournaud C, Moulin L, Cnockaert M, de Faria S, Prin Y, Severac D, et al. *Paraburkholderia piptadeniae* sp. nov. and *Paraburkholderia ribeironis* sp. nov., two root-nodulating symbiotic species of *Piptadenia gonoacantha* in Brazil. Int J Syst Evol Microbiol. 2017;67:432-440.
- [78]. Choi GM, Im WT. *Paraburkholderia azotifigens* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium isolated from paddy soil. Int J Syst Evol Microbiol. 2018;68:310-316.
- [79]. Beukes CW, Steenkamp ET, van Zyl E, Avontuur J, Chan WY, Hassen AI, et al. *Paraburkholderia strydomiana* sp. nov. and

- Paraburkholderia steynii* sp. nov.: rhizobial symbionts of the fynbos legume *Hypocalyptus sophoroides*. Anton Leeuw Int J G. 2019; <https://doi.org/10.1007/s10482-019-01269-5>.
- [80]. Coenye T, Laevens S, Willems A, Ohlen M, Hannant W, Govan JRW, et al. *Burkholderia fungorum* sp. nov. and *Burkholderia caledonica* sp. nov., two new species isolated from the environment, animal and human clinical samples. Int J Syst Evol Microbiol. 2001;51:1099-1107.
- [81]. Deris ZZ, Van Rostenberghe H, Habsah H, Noraida R, Tan GC, Chan YY, et al. First isolation of *Burkholderia tropica* from neonatal patient successfully treated with imipenem. Int J Infect Dis. 2010;14:e73-e74.
- [82]. Coenye T, Henry D, Speert DP, Vandamme P. *Burkholderia pheniliruptrix* sp. nov., to accommodate the 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid and halophenol-degrading strain AC1100. Syst Appl Microbiol. 2004;27:623-627.
- [83]. Goris J, De Vos P, Caballero-Mellado J, Park J, Falsen E, Quensen III JF, et al. Classification of the biphenyl-and polychlorinated biphenyl-degrading strain LB400^T and relatives as *Burkholderia xenovorans* sp. nov. Int J Syst Evol Microbiol. 2004;54:1677-1681.
- [84]. Vanalere E, van der Meer JR, Falsen E, Salles JF, de Brandt E, Vandamme P. *Burkholderia sartisoli* sp. nov., isolated from a polycyclic aromatic hydrocarbon-contaminated soil. Int J Syst Evol Microbiol. 2008;58:420-423.
- [85]. Valverde A, Delvasto P, Peix A, Velázquez E, Santa-Regina I, Ballester A, et al. *Burkholderia ferrariae* sp. nov., isolated from an iron ore in Brazil. Int J Syst Evol Microbiol. 2006;56:2421-2425.
- [86]. Rusch A, Islam S, Savalia P, Amend JP. *Burkholderia insulsa* sp. nov., a facultative chemolithotrophic bacterium isolated from an arsenic-rich shallow marine hydrothermal system. Int J Syst Evol Microbiol. 2015;65:189-194.
- [87]. Gu JY, Zang SG, Sheng XF, He LY, Huang Z, Wang Q. *Burkholderia susongensis* sp. nov., a mineral-weathering bacterium isolated from weathered rock surface. Int J Syst Evol Microbiol. 2015;65:1031-1037.
- [88]. Lee Y, Jeon CO. *Paraburkholderia aromaticivorans* sp. nov., an aromatic hydrocarbon-degrading bacterium, isolated from gasoline-contaminated soil. Int J Syst Evol Microbiol. 2018;68:1251-1257.
- [89]. Brock DA, Hubert ANM, Noh S, DiSalvo S, Geist KS, Haselkorn T, et al. Endosymbiotic adaptations in three new bacterial species associated with *Dictyoselium discoideum*: *Burkholderia agricolaris* sp. nov., *Burkholderia hayleylla* sp. nov., and *Burkholderia bonniea* sp. nov. bioRxiv. doi:<https://doi.org/10.1101/304352>.
- [90]. Farh MEA, Kim YJ, An HV, Sukweenadhi J, Singh P, Huq MA, et al. *Burkholderia ginsengiterrae* sp. nov. and *Burkholderia panaciterrae* sp. nov., antagonistic bacteria

- against root rot pathogen *Cylindrocarpon destructans*, isolated from ginseng soil. Arch Microbiol. 2015;197:439-447.
- [91]. Huo Y, Kang JP, Kim YJ, Yang DC. *Paraburkholderia panacihumi* sp. nov., an isolate from ginseng-cultivated soil, is antagonistic against root rot fungal pathogen. Arch Microbiol. 2018;200:1151-1158.
- [92]. Lim YW, Bai KS, Han SK, Kim SB, Bae KS. *Burkholderia sordidicola* sp. nov., isolated from the white-rot fungus *Phanerochaete sordida*. Int J Syst Evol Microbiol. 2003;53:1631-1636.
- [93]. Lu P, Zheng LQ, Sun JJ, Liu HM, Li SP, Hong Q, et al. *Burkholderia zhejiangensis* sp. nov., a methyl-parathion-degrading bacterium isolated from a wastewater-treatment system. Int J Syst Evol Microbiol. 2012;62:1337-1341.
- [94]. Vandamme P, De Brandt E, Houf K, Salles JF, van Elsas JD, Spilker T, et al. *Burkholderia humi* sp. nov., *Burkholderia choica* sp. nov., *Burkholderia telluris* sp. nov., *Burkholderia terrestris* sp. nov. and *Burkholderia udeis* sp. nov.: *Burkholderia glathei*-like bacteria from soil and rhizosphere soil. Int J Syst Evol Microbiol. 2013;63:4707-4718.
- [95]. Tian Y, Kong BH, Liu SL, Li CL, Yu R, Liu L, et al. *Burkholderia grimmiae* sp. nov., isolated from a xerophilous moss (*Grimmia montana*). Int J Syst Evol Microbiol. 2013;63:2108-2113.
- [96]. Draghi WO, Peeters C, Cnockaert M, Snauwaert C, Wall LG, Zorreguieta A, et al. *Burkholderia cordobensis* sp. nov., from agricultural soils. Int J Syst Evol Microbiol. 2014;64:2003-2008.
- [97]. Liu XY, Li CX, Luo XJ, Lai QL, Xu JH. *Burkholderia jiangsusensi* sp. nov., a methyl parathion degrading bacterium, isolated from methyl parathion contaminated soil. Int J Syst Evol Microbiol. 2014;64:3247-3253.
- [98]. Baek I, Seo B, Lee I, Lee K, Park SC, Yi H, et al. *Burkholderia megalochromosomata* sp. nov., isolated from grassland soil. Int J Syst Evol Microbiol. 2015;65:959-964.
- [99]. Dobritsa AP, Linardopoulou EV, Samadpour M. Transfer of 13 species of the genus *Burkholderia* to the genus *Caballeronia* and reclassification of *Burkholderia jirisanensis* as *Paraburkholderia jirisanensis* comb. nov.
- [100]. Uroz S, Oger P. *Caballeronia mineralivorans* sp. nov., isolated from oak-*Scleroderma citrinum* mycorrhizosphere. Syst Appl Microbiol. 2017;40:345-351.
- [101]. Gyaneshwar P, Hirsch AM, Moulin L, Chen WM, Elliott GN et al. Legume-nodulating betaproteobacteria: diversity, host range, and future prospects. Mol Plant Microbe Interact 2011;24:1276-1288.
- [102]. Fu Y, Yan R, Liu D, Jiang S, Cui L, Guo X, et al. *Trinickia dioshuihuensis* sp. nov., a plant growth promoting bacterium isolated from soil. Int J Syst Evol Microbiol. 2019;69:291-296.
- [103]. Gao Zh, Zhong Sf, Qin Yn, Yang Z, Lv Yy Qiu Lh. *Trinickia dinghuensis* sp. nov. and *Trinickia fusca* asp. nov., isolated from forest

soil. Int J Syst Evol Microbiol. 2019; DOI 10.1099/ijsem.0.003324

[104]. Zhu H, Guo J, Chen M, Feng G, Yao Q. *Burkholderia dabaoshanensis* sp. nov., a heavy-metal tolerant bacteria isolated from Dabaoshan mining area soil in China. PLoS ONE. 2012;7(12):e50225.

[105]. Sheu SY, Chou JH, Bontemps C, Elliott GN, Gross E, James EK, et al. *Burkholderia symbiotica* sp. nov., isolated from root nodules of *Mimosa* spp. Native to north-east Brazil. Int J Syst Evol Microbiol. 2012;62:2272-2278.

[106]. Partida-Martinez LP, Groth I, Schmitt I, Richter W, Roth M, Hertweck C. *Burkholderia rhizoxinica* sp. nov. and *Burkholderia endofungorum* sp. nov., bacterial endosymbionts of the plant-pathogenic fungus *Rhizopus microsporus*. Int J Syst Evol Microbiol. 2007;57:2583-2590.

Gee JE, Glass MB, Lackner G, Helsel LO, Daneshvar M, Hollis DG, et al. Characterization of *Burkholderia rhizoxinica* and *B. endofungorum* isolated from clinical samples. PLoS ONE. 2011;6(1):e15731.