

## **Biodiversidad de grupos funcionales de microorganismos asociados a suelos bajo cultivo de papa, ganadería y páramo en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia**

Biodiversity of functional groups of microorganisms associated soils under potato crop, livestock and *páramo* the Nevados National Natural Park, Colombia

**Lizeth M. Avellaneda-Torres y Esperanza Torres-Rojas**

---

**Citación del recurso.** Avellaneda-Torres, L. M. y E. Torres-Rojas. 2013. Grupos funcionales de microorganismos del suelo asociados a cultivo de papa, ganadería y páramo del Parque Nacional Natural de Los Nevados, 1060 registros, En línea, [http://ipt.sibcolombia.net/sib/resource.do?r=unal\\_gebix](http://ipt.sibcolombia.net/sib/resource.do?r=unal_gebix), publicado el 23/07/2013. GBIF key: <http://www.gbif.org/dataset/b5e9e6f3-3214-4aae-9af7-92d08d8f8a9d> doi:10.15468/oabpy4

---

### **Resumen**

El presente artículo reporta 1.060 morfotipos microbianos (bacterias y hongos) aislados de medios selectivos para grupos funcionales del suelo, como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfato y celulolíticos. Los aislamientos se realizaron en suelos bajo cultivo de papa, ganadería y páramo con la menor intervención antrópica posible en la vereda El Bosque, del Parque Nacional Natural Los Nevados, Colombia. Para cada morfotipo se reporta la identificación realizada mediante marcadores moleculares, el grupo funcional al que pertenece, la georreferenciación del lugar de aislamiento y el uso del suelo asociado. De esta manera se contribuye a la caracterización de la biodiversidad de bacterias y hongos de los páramos colombianos, situación relevante dado el poco conocimiento que existe al respecto y las condiciones ambientales extremas en las que se encuentran dichos microorganismos.

**Palabras clave.** Fijador de nitrógeno. Solubilizador de fosfato. Celulolítico. Microbiota cultivable edáfica. Diversidad microbiana.

### **Abstract**

This article describes the isolation of 1,060 microbial morphotypes (bacteria and fungi) nitrogen fixing, phosphate solubilizing and cellulolytics of soils under potato crop, livestock and páramo with the least human intervention possible from the municipality El Bosque in Los Nevados National Natural Park. For each morphotype the taxonomic identification using molecular markers, the functional group to which it belongs (nitrogen fixing, phosphate solubilizing or cellulolytic), and the georeferenced location of isolation and associated land use was reported. This work contributes to the characterization of the poorly known biodiversity of bacteria and fungi from the extreme environmental conditions of Colombian páramos.

**Keywords.** Nitrogen fixing. Phosphate solubilizing. Cellulolytics. Cultivable soil microbiota. Microbial diversity.

## Introducción

**Propósito.** Los páramos prestan a la sociedad servicios ambientales como la provisión continua de agua, regulación hidrológica, estabilidad de suelos, mantenimiento de la biodiversidad, almacenamiento de carbono y valor paisajístico y cultural. En este contexto los páramos han sido considerados *hotspots* por su ubicación dentro de la cordillera de los Andes (Myers *et al.* 2000, Madriñán *et al.* 2013). Al interior del páramo y específicamente en la vereda El Bosque del Parque Nacional Natural de Los Nevados (PNN Los Nevados), se desarrollan actividades productivas entre las que se destacan el cultivo de papa y la ganadería.

En el marco del proyecto titulado “Caracterización de comunidades microbianas asociadas a prácticas agrícolas y usos del suelo de la vereda El Bosque - PNN Los Nevados”, que buscó avanzar en el conocimiento de los efectos del cultivo de papa y la ganadería sobre la diversidad microbiana del suelo, se realizó la presente base de datos de microorganismos cultivables de grupos funcionales asociados a los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno, fósforo y carbono: fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfato y celulolíticos, respectivamente. Lo anterior con el objetivo de contribuir al conocimiento y así mismo ser una herramienta de consulta para la comunidad científica, las instituciones académicas y gubernamentales, y sectores de la sociedad interesados en la biodiversidad microbiana de los páramos colombianos.

## Datos del proyecto

**Título.** Caracterización de comunidades microbianas asociadas a prácticas agrícolas y usos del suelo de la vereda El Bosque - Parque Nacional Natural de Los Nevados.

**Nombre.** Lizeth Manuela Avellaneda-Torres (Investigadora principal).

**Fuentes de financiación.** Investigación financiada por Colciencias (Contrato 246-2011) y llevada a cabo bajo el contrato de acceso a recursos genéticos número 15 de 2008 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial (MAVDT) y el permiso de investigación de la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Naturales (UAESPNN) número

DTNO-N-20/2007. Los autores también agradecen al Centro Colombiano en Genómica y Bioinformática en Ambientes Extremos (GEBIX) y a la Universidad Nacional de Colombia por la financiación de la presente investigación.

**Descripción del área estudio.** El PNN Los Nevados constituye una región de alto interés biológico en Colombia y el mundo. Es una de las principales áreas protegidas de carácter nacional que hace parte de los procesos de ordenamiento ambiental del territorio, donde se viene consolidando un Sistema Regional de Áreas Protegidas para la ecorregión del Eje Cafetero. El parque incluye diversos ecosistemas como nieves perpetuas, superpáramo, páramo y bosques altoandinos, andinos y subandinos, siendo el páramo y superpáramo los ecosistemas más representativos en área (Fandiño y Wyngaarden 2002). El PNN Los Nevados hace parte del macizo Ruiz-Tolima el cual alinea de sur a norte ocho volcanes principales: Cerro Machín, Nevado del Tolima, Páramo de Santa Rosa, Paramillo del Quindío, Nevado Santa Isabel, Paramillo del Cisne, Nevado del Ruiz y Cerro Bravo (PNN Los Nevados 2010).

Al interior del PNN Los Nevados se encuentra la vereda El Bosque, del municipio de Pereira, la cual presenta páramos y bosques altoandinos asociados a la cuenca alta del río Otún, con ecosistemas de alta montaña ecuatorial que conservan poblaciones vegetales y animales de gran diversidad (Chiquito y Zuluaga 2007). La vereda El Bosque está ubicada en una de las rutas de acceso al complejo de humedales del Otún, designado como de importancia internacional por la Convención Ramsar desde el 25 de junio de 2008.

## Descripción del proyecto

El objetivo general del proyecto fue caracterizar las comunidades microbianas de suelos de diferentes agroecosistemas de la vereda El Bosque – PNN Los Nevados, con el fin de determinar posibles relaciones entre las prácticas asociadas al cultivo de papa y la ganadería sobre la diversidad microbiana del suelo. En el marco de este proyecto se estableció la presente colección de grupos funcionales de microorganismos cultivables del suelo aislados mediante medios selectivos asociados a los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno, fósforo y carbono, siendo estos fijadores de

nitrógeno, solubilizadores de fosfato y celulolíticos respectivamente, en suelos bajo cultivo de papa, ganadería y páramo con la menor intervención antrópica posible.

El cultivo de papa desarrollado en la zona se realiza en ciclos bianuales con periodos de barbecho superiores a los siete años. De esta manera se aplica un sistema de cultivo de papa en rotación con pastos, el cual aplica tecnologías provenientes de la Revolución Verde (como son aplicación de fertilizantes y plaguicidas de síntesis química), así como saberes locales de la comunidad campesina de la zona.

### Cobertura taxonómica

**Descripción.** Las bacterias identificadas pertenecen a cuatro *phylum* diferentes entre los que se encuentran: Bacteroidetes, Actinobacteria, Proteobacteria y Firmicutes. Así mismo se encuentran distribuidas en seis clases diferentes: Sphingobacteriia, Actinobacteria, Betaproteobacteria, Gammaproteobacteria, Bacilli y Alphaproteobacteria. Se identificaron nueve ordenes: Sphingobacteriales, Actinomycetales, Burkholderiales, Pseudomonadales, Bacillales, Enterobacteriales, Rhodospirillales, Xanthomonadales y Rhizobiales. De igual forma se identificaron 19 familias: Sphingobacteriaceae, Streptomycetaceae, Micrococcaceae, Burkholderiaceae, Pseudomonaceae, Bacillaceae, Nocardiaceae, Paenibacillaceae, Moraxallaceae, Trichocomaceae, Rhizobiaceae, Santomonadaceae, Cellulomanadaceae, Micromonosporaceae, Comamonadaceae, Chitinophagaceae, Acetobacteraceae, Microbacteria y Enterobacteriaceae. Se identificaron 25 géneros y 18 especies, entre los géneros se encuentran: *Pedobacter*, *Streptomyces*, *Arthrobacter*, *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Brevibacillus*, *Acinetobacter*, *Kaistia*, *Stenotrophomonas*, *Micromonospora*, *Staphylococcaceae*, *Oerskovia*, *Enterobacter*, *Chitinophaga*, *Pantoea*, *Roseomonas*, *Leucobacter*, *Rahnella*, *Escherichia*, *Bionectria*, *Comamonas* y *Microbacterium*.

### Categorías

**Género.** *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacillus*, *Burkholderia*, *Chitinophaga*, *Comamonas*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Kaistia*,

*Leucobacter*, *Microbacterium*, *Micromonospora*, *Oerskovia*, *Paenibacillus*, *Pantoea*, *Pedobacter*, *Pseudomonas*, *Rahnella*, *Rhodococcus*, *Roseomonas*, *Staphylococcus*, *Stenotrophomonas* y *Streptomyces*.

### Cobertura taxonómica

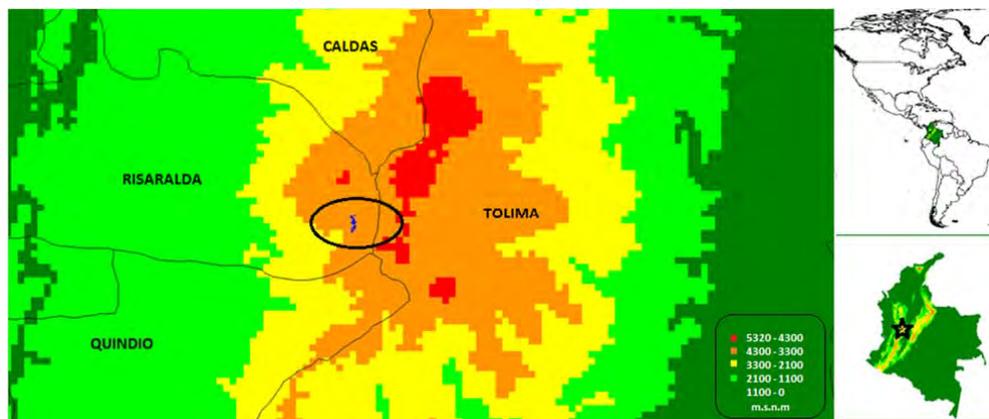
**Descripción.** Las hongos identificados pertenecen a cuatro Phylum diferentes entre los que se encuentran: Ascomycota, Zygomycota, Basidiomycota y Glomeromycota. Así mismo se encuentran distribuidos en ocho clases diferentes: Eurotiomycetes, Sordariomycetes, Zygomycetes, Dothideomycetes, Tremellomycetes, Leotiomycetes, Glomeromycetes y Mucormycotina. Se identificaron 12 órdenes: Eurotiales, Hypocreales, Saccharomycetes, Xilariales, Mortierellales, Pleosporales, Tremellales, Helotiales, Dothideales, Glomerales, Mucorales y Sordariales. De igual forma se identificaron 14 familias: Hypocraceae, Saccharomycetaceae, Amphisphariaceae, Mortierellaceae, Leptosphaeriaceae, Trichosporanaceae, Nectriaceae, Cordycipitaceae, Myxotrichaceae, Dothioraceae, Glomeraceae, Mucoraceae, Sporomiaceae y Sordariaceae. Se identificaron 23 géneros y 25 especies, entre los géneros se encuentran: *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Beauveria*, *Bionectria*, *Coniothyrium*, *Diplogelasinospora*, *Drechslera*, *Fusarium*, *Geomyces*, *Hypocrea*, *Leptosphaeria*, *Mortierella*, *Mucor*, *Neonectria*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Preussia*, *Torula*, *Trichoderma*, *Trichosporon*, *Truncatella* y *Umbelopsis*.

### Categorías

**Género.** *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Beauveria*, *Bionectria*, *Coniothyrium*, *Diplogelasinospora*, *Drechslera*, *Fusarium*, *Geomyces*, *Hypocrea*, *Leptosphaeria*, *Mortierella*, *Mucor*, *Neonectria*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Preussia*, *Torula*, *Trichoderma*, *Trichosporon*, *Truncatella* y *Umbelopsis*.

### Cobertura geográfica

**Descripción.** El PNN Los Nevados se encuentra localizado en la cordillera Central de Colombia, entre las vertientes oriental y occidental, con alturas entre los 2.600 y 5.321 m s.n.m. (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación del Parque Nacional Natural de Los Nevados. Los puntos al interior del círculo representan la zona de muestreo.

Comprende un área aproximada de 58.300 hectáreas, en jurisdicción de los departamentos de Caldas (Municipio de Villamaría), Risaralda (Municipios de Santa Rosa de Cabal y Pereira), Quindío (Municipio de Salento) y Tolima (Municipios de Ibagué, Anzoátegui, Santa Isabel, Murillo, Villahermosa, Casabianca y Herveo) (PNNN 2007).

**Coordenadas.** 4°43'55,2"N y 4°45'3,6"N Latitud; 75°26'49,2"W y 75°26'31,2"W Longitud.

### Cobertura temporal

8 de junio de 2011 - 10 de noviembre de 2012.

### Datos de la colección

**Nombre de la colección.** Grupos funcionales de microorganismos asociados al cultivo de papa, ganadería y páramo en el Parque Nacional Natural de Los Nevados.

**Identificador de la colección.** UNAL: GEBIX: PNNN.

**Identificador de la colección parental.** UNAL: GEBIX: PNNN.

### Material y métodos

#### Área de estudio

Parque Nacional Natural de Los Nevados – Vereda El Bosque. Colombia.

### Descripción del muestreo

Se tomaron muestras de suelos rizosféricos en las fincas Buenos Aires (3.769 m s.n.m.), El Edén (3.590 m s.n.m.) y La Secreta (3.432 m s.n.m.) en la vereda El Bosque, municipio de Pereira, Risaralda. En cada sitio se evaluaron los usos del suelo: páramo, cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) y ganadería en épocas seca y húmeda. En cada uno de los tipos de uso de suelo se evaluaron tres ventanas de observación, compuestas por diez submuestras cada una. Se evaluaron tres usos del suelo por tres fincas por dos épocas por tres ventanas de observación, para un total de 54 muestras. En cada muestra se determinó la abundancia y diversidad de microorganismos fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfato y celulolíticos.

### Control de calidad

La validación y depuración de la información geográfica, taxonómica y los datos adicionales asociados con las muestras de suelo y los morfotipos aislados fueron incorporados en varios pasos del proyecto como un componente esencial del proceso de digitalización. La identificación de los morfotipos se realizó mediante *Basic Local Alignment Search Tool* (Altschul *et al.* 1990, Benson *et al.* 2000) y *Geneious PRO 5.1.5*. y la confirmación de los nombres científicos de los especímenes se realizó utilizando las bases de datos: NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), *Ribosomal Database Project* (<http://rdp.cme.msu.edu/>) y *Catalogue of Life* (<http://www.catalogueoflife.org/>).

Los departamentos Colombianos fueron codificados teniendo en cuenta la división político administrativa de Colombia suministrada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (<http://190.25.231.237/dvpbuscar/dvpbuscar.html>).

### Descripción de la metodología paso a paso

Se realizó el recuento de las unidades formadoras de colonia por gramo de suelo (UFC/g ss) de los microorganismos asociados a los grupos funcionales.

Para los microorganismos fijadores de nitrógeno se realizó conteo y aislamiento utilizando el medio selectivo carente de nitrógeno según Rennie (1981) con modificaciones: 5 g manitol; 5 g ácido málico; 0,5 mL lactato de sodio (60 %, v/v); 0,8 g  $K_2HPO_4$ ; 0,2 g  $KH_2PO_4$ ; 0,2 g  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ; 0,06 g  $CaCl_2$ ; 0,1 g NaCl; 0,001 g extracto de levadura; 0,0025 g  $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ ; 0,0024 g  $Na_2EDTA$ ; 0,0018 g  $FeSO_4$ ; 5  $\mu$ g biotina; 10  $\mu$ g ácido p-aminobenzoico; 18,0 g, agar; 2,0 ml azul de bromotimol (0,5 % en etanol 95 %), 1 L de agua destilada, pH 7.

Para el conteo y aislamiento de microorganismos solubilizadores de fosfatos se utilizó el medio según Sundara y Sinha (1963) modificado: 0,5 g  $(NH_4)_2SO_4$ ; 0,2 g KCl; 0,3 g  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ; 0,004 g  $MnSO_4$ ; 0,002 g  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ; 0,2 g NaCl; 10 g glucosa; 0,5 g extracto de levadura, 0,1 g purpura de bromocresol; 5 g  $Ca_3(PO_4)_2$ ; 15 g agar; 1 L de agua destilada, pH 7,2.

El conteo y aislamiento de los microorganismos celulolíticos se realizó utilizando el medio con carboximetilcelulosa al 1 % como única fuente de carbono así: 0,5 g  $KH_2PO_4$ ; 0,2 g  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ; 0,1 g  $NH_4NO_3$ ; 0,02 g  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ; 0,05 g  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ; 15 g agar, 10 g carboximetilcelulosa, 1 L de agua destilada. Se utilizó pH 7,0 para bacterias y pH 5 para hongos con adición de 34 g/L de cloranfenicol. Todos los conteos fueron realizados por triplicado.

Para esto se tomaron 10 g de las respectivas muestras de suelo y se suspendieron en 90 ml de solución salina al 0,85 %, se agitaron en vórtex por 10 minutos. A partir de 100  $\mu$ l de la suspensión anterior se realizaron diluciones seriadas de  $10^{-1}$  hasta  $10^{-8}$ . Las bacterias y hongos se cultivaron de manera independiente en condiciones de aerobiosis. En el caso de las bacterias

se incubaron a 25 °C durante 48 h y los hongos a temperatura ambiente de cinco a siete días. Se realizó conteo de células viables en las placas que contenían entre 30 y 300 UFC. Se realizó aislamiento y purificación de los morfotipos encontrados.

Los diferentes morfotipos de bacterias y hongos aislados se caracterizaron macroscópicamente, microscópicamente y usando marcadores moleculares. Para bacterias se determinó la secuencia del 16S del ADNr de acuerdo a los procedimientos de Lane (1991). Para los hongos se extrajo ADN con base en lo reportado por Melo *et al.* (2006), GEBIX (2009, 2010) y Plaza *et al.* (2004) y se usaron iniciadores ITS1 y ITS4 de acuerdo con el procedimiento descrito por Vargas *et al.* (2007) y GEBIX (2010). Las secuencias se analizaron mediante *Basic Local Alignment Search Tool* (Altschul *et al.* 1990, Benson *et al.* 2000) y utilizando *Geneious* PRO 5.1.5.

## Resultados

### Descripción del conjunto de datos

**URL del recurso.** Para acceder a la última versión del conjunto de datos:

**IPT.** [http://ipt.sibcolombia.net/sib/resource.do?r=unal\\_gebix](http://ipt.sibcolombia.net/sib/resource.do?r=unal_gebix)

**Portal de datos.** <http://data.sibcolombia.net/conjuntos/resource/95>

**Portal GBIF.** <http://www.gbif.org/dataset/b5e9e6f3-3214-4aae-9af7-92d08d8f8a9d>

**DOI.** 10.15468/oabpy4

**Nombre.** Archivo *Darwin Core* Biodiversidad de grupos funcionales de microorganismos asociados a suelos bajo cultivo de papa, ganadería y páramo en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia.

**Idioma.** Español.

**Codificación de caracteres.** UTF-8.

**URL del archivo.** Para acceder a la versión del conjunto de datos descrita en este artículo: [http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=unal\\_gebix2013](http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=unal_gebix2013)

**Formato del archivo.** *Darwin Core Archive*.

**Versión del formato del archivo.** 1.0.

**Nivel de jerarquía.** Conjunto de datos.

**Fecha de publicación de los datos.** 2014-11-25.

**Idioma de los metadatos.** Español.

**Fecha de creación de los metadatos.** 2013-05-21.

**Licencia de uso.** Este trabajo está bajo una licencia Creative Commons Zero (CC0) 1.0 <http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>

## Discusión

Existen pocos reportes acerca de los microorganismos del suelo en los ecosistemas de páramo, y en Colombia esta información es aún más restringida. Al respecto, se encuentran los reportes de Moratto *et al.* (2005) quienes evaluaron la abundancia de hongos solubilizadores de fosfato y bacterias diazotróficas en el páramo de Guerrero. Los citados autores realizaron identificación de los microorganismos mediante claves taxonómicas (para los hongos) y pruebas bioquímicas (para las bacterias diazotróficas). Por otro lado Bernal *et al.* (2006) reportan microorganismos celulolíticos cultivables y endomicorizas en hojarasca de bosque del páramo de Guerrero, los cuales fueron identificados mediante claves taxonómicas y pruebas bioquímicas.

A pesar de la importancia de estos reportes, las publicaciones citadas no se encuentran asociadas a registros biológicos con los respectivos metadatos complementarios, y a la fecha no se encontraron publicaciones reconocidas de registros biológicos de microorganismos cultivables aislados de suelos de páramos colombianos. Tampoco se reporta esta información para el PNN Los Nevados. Por todo lo anterior la publicación de estos registros microbianos reviste especial importancia, dada la poca información que se tiene al respecto y la importancia de los páramos como ecosistemas estratégicos, considerados *hotspots* (Myers *et al.* 2000, Madriñán *et al.* 2013), debido a que cumplen con la doble condición de presentar por una parte alta biodiversidad y por otra, que esta se encuentra altamente amenazada.

En las figuras 2, 3 y 4 se presenta la distribución de los niveles taxonómicos aislados en cada uno de los medios selectivos para los grupos funcionales de

microorganismos del suelo en ciclos biogeoquímicos del nitrógeno, fósforo y carbono: fijadores de nitrógeno (Figura 2), solubilizadores de fosfato (Figura 3) y celulolíticos (Figura 4) en el PNN Los Nevados.

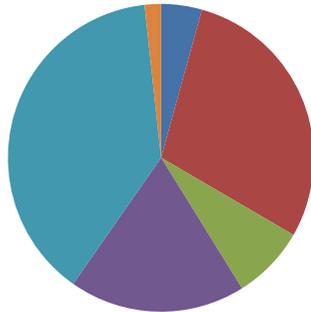
Esta colección de microorganismos contribuye a la caracterización de la biodiversidad de bacterias y hongos de los páramos colombianos, específicamente en el PNN Los Nevados, donde el ecosistema más representativo es el páramo. Situación relevante si se tiene en cuenta que estos ecosistemas de alta montaña se pueden considerar extremos debido a las características ambientales que presentan (p. e. alta radiación solar, baja presión atmosférica, cambios diarios extremos de temperatura, presencia de zonas volcánicas, etc.), por lo cual es de esperar la presencia de microorganismos extremófilos, los cuales podrían ser evaluados a futuro y ser de utilidad a la hora de explorar sus potencialidades ante las diversas problemáticas ambientales que se presentan en la actualidad, así como su posible aplicación biotecnológica.

Finalmente, los presentes registros biológicos son un insumo y hacen parte del proyecto general que busca avanzar en el conocimiento acerca de los impactos que genera el cultivo de papa y la ganadería, sobre la biodiversidad y grupos funcionales de microorganismos como los fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfato y celulolíticos. Esto permite ampliar el entendimiento de la dinámica agroecológica de los microorganismos del suelo en los ecosistemas de alta montaña.

## Agradecimientos

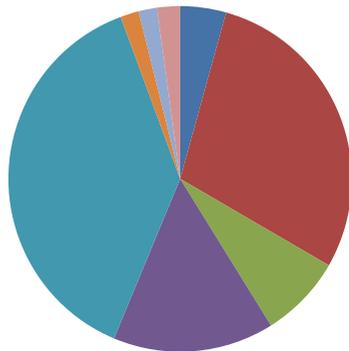
La presente investigación fue financiada por Colciencias (Contrato 246-2011) y fue llevada a cabo bajo el Contrato No 15 de 2008 del MAVDT para acceso a recursos genéticos y el permiso de investigación de la UAESPNN (DTNO-N-20/2007). Se agradece también al Centro Colombiano en Genómica y Bioinformática en Ambientes Extremos (GEBIX) y a la Universidad Nacional de Colombia por la financiación de esta investigación. Se agradece especialmente a los campesinos de la vereda El Bosque por permitir el desarrollo de la presente investigación. A Rosita Mejía por sus aportes para la culminación del presente proyecto.

**A Cobertura taxonómica (Clase)**



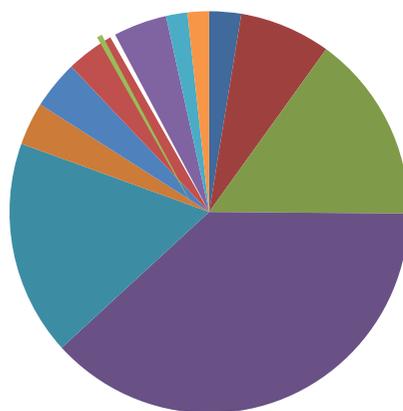
- Sphingobacteriia
- Actinobacteria
- Betaproteobacteria
- Gammaproteobacteria
- Bacilli
- Alphaproteobacteria

**B Cobertura taxonómica (Orden)**



- Sphingobacteriales
- Actinomycetales
- Burkholderiales
- Pseudomonadales
- Bacillales
- Enterobacteriales
- Rhodospirillales
- Xantomonadales

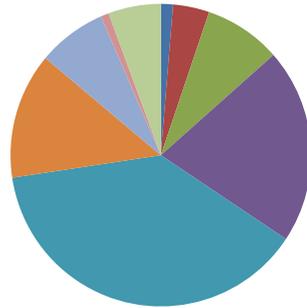
**C Cobertura taxonómica (Familia)**



- Micrococcaceae
- Burkholderiaceae
- Pseudomonaceae
- Bacillaceae
- Nocardiaceae
- Xantomonadaceae
- Cellulomanadaceae
- Micromonosporaceae
- Comamonadaceae
- Chitinophagaceae
- Acetobacteraceae
- Enterobacteriaceae

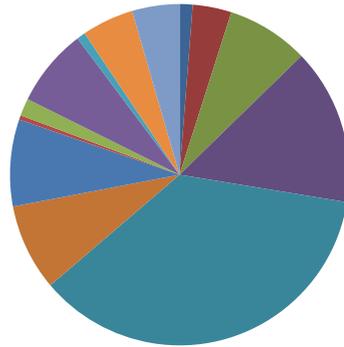
**Figuar 2.** Cobertura taxonómica de fijadores de nitrógeno. A) Clase. B) Orden. C) Familia.

**A Cobertura taxonómica (Clase)**



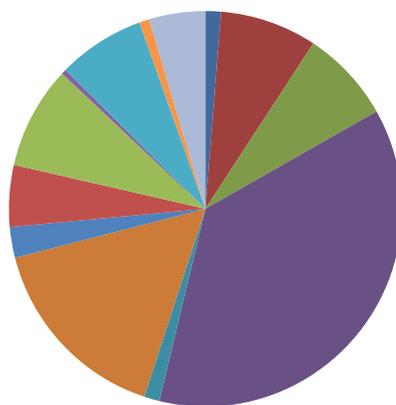
- Spingobacteriaia
- Actinobacteria
- Betaproteobacteria
- Gammaproteobacteria
- Bacilli
- Sordariomycetes
- Zygomycetes
- Dothideomycetes
- Mucormycotina

**B Cobertura taxonómica (Orden)**



- Spingobacteriales
- Actinomycetales
- Burkholderiales
- Pseudomonadales
- Bacillales
- Eurotiales
- Hypocreales
- Saccharomycetes
- Xilariales
- Mortierellales
- Pleosporales
- Mucorales

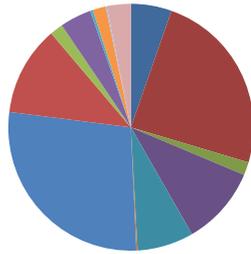
**C Cobertura taxonómica (Familia)**



- Spingobacteriaceae
- Burkholderiaceae
- Pseudomonaceae
- Bacillaceae
- Nocardiaceae
- Trichocomaceae
- Microbacteria
- Enterobacteriaceae
- Hypocreaceae
- Saccharomycetales
- Mortierellaceae
- Sporomiacae
- Sordariaceae

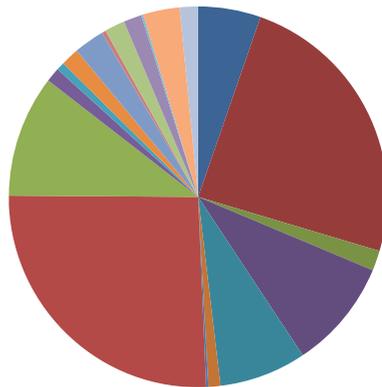
**Figura 3.** Cobertura taxonómica de solubilizadores de fosfato. A) Clase. B) Orden. C) Familia.

**A Cobertura taxonómica (Clase)**



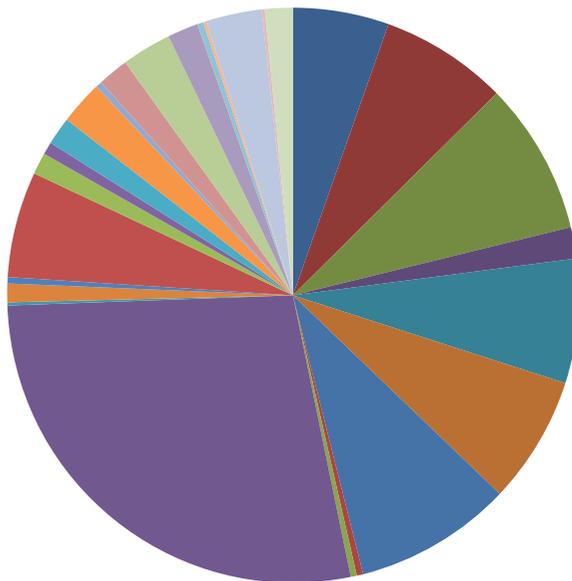
- Spingobacteria
- Actinobacteria
- Betaproteobacteria
- Gammaproteobacteria
- Bacilli
- Alphaproteobacteria
- Eurotiomycetes
- Sordariomycetes
- Zygomycetes
- Dothideomycetes
- Tremellomycetes
- Leotiomycetes
- Glomeromycetes
- Mucormycotina

**B Cobertura taxonómica (Orden)**



- Spingobacteriales
- Actinomycetales
- Burkholderiales
- Pseudomonadales
- Bacillales
- Xantomonadales
- Rhizobiales
- Eurotiales
- Hypocreales
- Saccharomycetes
- Xilariales
- Mortierellales
- Pleosporales
- Tremellales
- Helotiales
- Dothideales
- Glomerales
- Mucorales
- Sordariales

**C Cobertura taxonómica (Familia)**



- Spingobacteriaceae
- Streptomycetaceae
- Micrococcaceae
- Burkholderiaceae
- Pseudomonaceae
- Bacillaceae
- Nocardiaceae
- Paenibacillaceae
- Moraxellaceae
- Trichocomaceae
- Rhizobiaceae
- Xantomonadaceae
- Cellulomanadaceae
- Hypocreaceae
- Saccharomycetales
- Amphisphaeriaceae
- Mortierellaceae
- Leptosphaeriaceae
- Trichosporonaceae
- Nectriaceae
- Cordycipitaceae
- Myxotrichaceae
- Dothioraceae
- Glomeraceae
- Mucoraceae
- Sporomiaceae
- Sordariaceae

**Figura 4.** Cobertura taxonómica de celulíticos. A) Clase. B) Orden. C) Familia.

## Bibliografía

- Altschul, S., W. Gish, W. Miller y L. Myerew. 1990. Basic local alignment search tool. *Journal Molecular Biology* 215 (3): 403-410.
- Benson, D., L. Karsch-Mizrachi, D. Lipman, J. Ostell, M. Rap y D. Wheeler. 2000. GenBank. *Nucleic Acids Research* 28:15-18.
- Bernal, E., S. Celis, X. Galíndez, C. Moratto, D. Sánchez y D. García, D. 2006. Microflora cultivable y endomicorrizas obtenidas en hojarasca de bosque (Páramo Guerrero - finca Puente de Tierra) Zipaquirá, Colombia. *Acta Biologica Colombiana* 11 (2): 125-130.
- Chiquito, S. y S. Zuluaga. 2007. Plan de acción ambiental vereda El Bosque cuenca alta del río Otún. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira. Colombia. 129 pp.
- Fandiño, M. y V. Wyngaarden. 2002. Parque Nacional Natural Los Nevados. Un Caso de selección y zonificación de áreas de conservación biológica. IDEADE-DET, Bogotá. Colombia.
- GEBIX. 2009. Second Progress Report - Colciencias. Colombian Center for Genomics and Bioinformatics of Extreme Environments. Bogotá, Colombia. 75 pp.
- GEBIX. 2010. Third progress report and final report – Phase I. Centro Colombiano en Genómica y Bioinformática en Ambientes Extremos. Bogotá, Colombia. 50 pp.
- Lane, D. J. 1991. 16S/23S rRNA sequencing. Pp. 115-175. *En: E. Stackebrandt and M. Goodfellow (Eds). Nucleic acid techniques in bacterial systematics.* John Wiley and Sons, New York.
- Madriñán, S., A. J. Corté y J. E. Richardson. 2013. Páramo is the world's fastest evolving and coolest biodiversity hotspot. *Frontiers in genetics* 4: 192.
- Melo, S., C. Pungartnik, J. Cascardo y M. Brendel. 2006. Rapid and efficient protocol for DNA extraction and molecular identification of the basidiomycete *Crinipellis pernicioso*. *Genetics and Molecular Research* 5 (4): 851-855.
- Moratto, C., L. Martínez, H. Valencia y J. Sánchez. 2005. Efecto del uso del suelo sobre hongos solubilizadores de fosfato y bacterias diazotróficas en el páramo de Guerrero (Cundinamarca). *Agronomía Colombiana* 23 (2): 299 – 309.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. Da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Plaza, G. A., R. Upchurch, R. L. Brigmon, W. B. Whitman, y K. Ulfig. 2004. Rapid DNA Extraction for Screening Soil Filamentous Fungi Using PCR Amplification. *Polish Journal of Environmental Studies* 13 (3): 315-318.
- PNN Los Nevados. 2007. Plan de Manejo Parque Nacional Natural de Los Nevados 2007-2011. Parques Nacionales Naturales de Colombia, Manizales, Colombia. 37 pp.
- PNN Los Nevados. 2010. Restauración ecológica en páramos del Parque Nacional Natural de Los Nevados. Editorial Andina, Manizales, Colombia. 148 pp.
- Rennie, R., J. 1981. A single medium for the isolation of acetilene-reducing (Dinitrogen-fixing) bacteria from soils. *Canadian Journal of Microbiology* 27: 8-14.
- Sundara, R. y M. Sinha. 1963. Organisms phosphate solubilizers in soil. *Soil Science and Plant Nutrition* 9 (2): 45-49.
- Vargas, A. M., A. Correa, D. C. Lozano, A. González, A. J. Bernal, S. Restrepo y P. Jiménez. 2007. First Report of Late Blight Caused by *Phytophthora infestans* on Cape Gooseberry (*Physalis peruviana*) in Colombia. *APS Journals, Plant Disease* 91 (4): 464.

Lizeth Manuela Avellaneda-Torres  
 Universidad Nacional de Colombia  
 Centro Colombiano en Genómica y Bioinformática  
 en Ambientes Extremos (GEBIX).  
 Bogotá D.C., Colombia  
 lmavellanedat@unal.edu.co

Esperanza Torres-Rojas  
 Universidad Nacional de Colombia  
 Centro Colombiano en Genómica y Bioinformática  
 en Ambientes Extremos (GEBIX).  
 Bogotá D.C., Colombia  
 etorresr@unal.edu.co

Biodiversidad de grupos funcionales de microorganismos asociados a suelos bajo cultivo de papa, ganadería y páramo en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia.

**Citación del artículo.** Avellaneda-Torres, L. M. y E. Torres-Rojas. 2015. Biodiversidad de grupos funcionales de microorganismos asociados a suelos bajo cultivo de papa, ganadería y páramo en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia. *Biota Colombiana* 16 (1): 78-87 . doi:10.15468/oabpy4

**ID del recurso.** GBIF key: <http://www.gbif.org/dataset/b5e9e6f3-3214-4aae-9af7-92d08d8f8a9d>

Recibido: 24 de julio de 2014  
 Aprobado: 9 de diciembre de 2014