

Actinomicetos aislados del suelo del Jardín botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira

Actinomycetes isolated from ground of the botanical garden of Pereira Technological University

Aura María Salazar Loaiza¹, Corina Anabel Ordoñez Guerrero², Daniela Hernández Serna³, Luisa María Castaño Pulgarín⁴, Katherine Peña Pérez⁵, José Rafael Rodríguez Núñez⁶, Liliana Bueno Lopez^{7*}
^{1, 2, 3, 4, 5} *Química Industrial, Facultad de tecnología, Semillero de Suelos – Grupo de Estudio Agrícola GEA, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.*

aumasalazar@utp.edu.co

⁶ *Licenciado en Biología y Química, Semillero de Suelos – Grupo de Estudio Agrícola GEA, Centro de Investigación del Café, Chinchiná, Colombia.*

rafa84rodriguez@gmail.com

⁷ *Licenciada en Biología, Facultad de tecnología, Semillero de Suelos – Grupo de Estudio Agrícola GEA, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.*

liliana.bueno@gmail.com

Resumen— Partiendo del importante papel que desempeñan los microorganismos, especialmente las Rizobacterias denominadas Actinomicetos, en la salud y sostenibilidad del suelo, se realizó una identificación parcial de diferentes tipos de actinomicetos aislados del suelo del Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira (JBUTP), según género apoyándose en la Clave Taxonómica de Bergey, dando como resultado los siguientes posibles géneros: *Nocardia*, *Actinopolyspora*, *Streptomyces*, *Thermonospora*, *Micromonospora*, *Actinobispora*; presentándose en mayor porcentaje, los géneros *Nocardia* y *Streptomyces*

Palabras clave— Actinomicetos, Jardín Botánico U.T.P, Rizobacterias, Suelo,

Abstract— Based on the important role of microorganisms, especially Rhizobacteria called Actinomycetes in soil health and sustainability, we performed a partial identification of different types of soil Actinomycetes isolated from the Botanical Garden of the University of Pereira (JBUTP) as gender relying on Bergey taxonomic key, resulting in the following possible genera *Nocardia*, *Actinopolyspora*, *Streptomyces*, *Thermonospora*, *Micromonospora*, *Actinobispora*; performing at a higher percentage, the genera *Nocardia* and *Streptomyces*

Key Word — Actinomyces, Botanical Garden of the U.T.P, Rhizobacteria, Soil

I. INTRODUCCIÓN

El suelo tiene funciones diversas y muy importantes para los ecosistemas terrestres y el medio ambiente del planeta, es el sustento para la vida vegetal y del cual las plantas obtienen soporte mecánico y muchos de sus nutrientes; es el hábitat para una gran diversidad, tanto del componente microbiano (bacterias, actinomicetos, hongos, algas, protozoarios y virus), así como de macroinvertebrados (coleópteros, miriápodos, hormigas, colémbolos, nemátodos, ácaros, larvas, mamíferos pequeños y reptiles); es el lugar donde se llevan a cabo la mayor parte de los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas terrestres (mineralización de la materia orgánica, nitrificación, fijación de nitrógeno y oxidación de metano, entre otros procesos) [1]

La posibilidad de usar técnicas basadas en microorganismos para lograr sostenibilidad en agricultura, aumentan la posibilidad de minimizar el uso de agroquímicos, situación que está captando gran atención del sector agrícola en la actualidad; estos microorganismos involucrados en la promoción de crecimiento vegetal mediante acciones como la estimulación de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes, mejoramiento de la salud de la planta y la calidad estructural del suelo [2]. Entre los microorganismos del suelo, que logran desempeñar un papel importante en todos los aspectos nombrados, son los Actinomicetos, bacterias filamentosas, abundantes en la rizósfera; entre las actividades fundamentales desempeñadas por estos se encuentran: la descomposición de la materia orgánica, la degradación de compuestos recalcitrantes, la degradación de los productos

químicos agrícolas control biológico en plantas y animales, fijación de nitrógeno y promoción de crecimiento vegetal. [3]

Dentro de sus características particulares se encuentra la de producir un olor típico a suelo húmedo debido a la producción de un metabolito denominado geosmina, además presenta una actividad metabólica alta, producen terpenoides, pigmentos y enzimas extracelulares con las que son capaces de degradar la materia orgánica de origen vegetal y animal [4]

A lo largo del siglo XX la tradición institucional de la investigación microbiológica en Colombia ha estado centrada en brindar soluciones a problemas en los campos de la salud y la agricultura, dejando un invaluable legado y un conjunto de colecciones de microorganismos que constituyen la base de futuras investigaciones. Entre las más importantes se encuentra el banco de cepas y genes del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia [4]

El JBUTP, en su plan de manejo ambiental [5], contempla dentro de sus objetivos la integralidad ecológica, enfocándose en la conservación ya que El Jardín Botánico es un área estratégica para el municipio de Pereira, por su función ecológica, como regulador del clima y fijador de dióxido de carbono.

Adicionalmente en este plan se presenta un escenario deseado con una proyección de 20 años [5], llevando a cabo trabajos de investigación en biodiversidad, biotecnología y genética.

Es especialmente relevante resaltar la importancia del suelo, como base fundamental, en el mantenimiento de la diversidad a la que se hace relación en el párrafo anterior, por lo que se observa la necesidad de llevar a cabo estudios a profundidad relacionados con la población microbiana del suelo.

En la actualidad, biólogos, microbiólogos y ecólogos estudian las comunidades microbianas del suelo en busca de microorganismos beneficiosos que puedan ser utilizados en la agricultura, para proteger los cultivos del ataque de plagas o enfermedades, como fertilizantes “amigos” del medioambiente (biofertilizantes)[6]

Reconociendo entonces, la importancia de los actinomicetos en el suelo y el desconocimiento acerca de estos en el JBUTP, de riqueza invaluable para la comunidad pereirana [5]; se presenta como relevante identificar este grupo de microorganismos relacionados con el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la nutrición vegetal, además se debe hacer énfasis en la necesidad de contar con microorganismos disponibles de características definidas que entreguen herramientas a los trabajos de investigación en los que tanto docentes como estudiantes puedan participar activamente, contando con recurso generado directamente de nuestro gran laboratorio

vivo como es el Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Con este trabajo de investigación, se pretende dar solución a la falta de información disponible, de los microorganismos actinomicetos en suelos del JBUTP, por medio del Aislamiento y clasificación de dichos organismos del suelo, usando técnicas de cultivo y pruebas bioquímicas, que permiten sentar una base de estudio, que puede ser punto de partida para estudios posteriores de identificación por medio de técnicas moleculares.

II. MATERIALES Y METODOS

A. Área de estudio

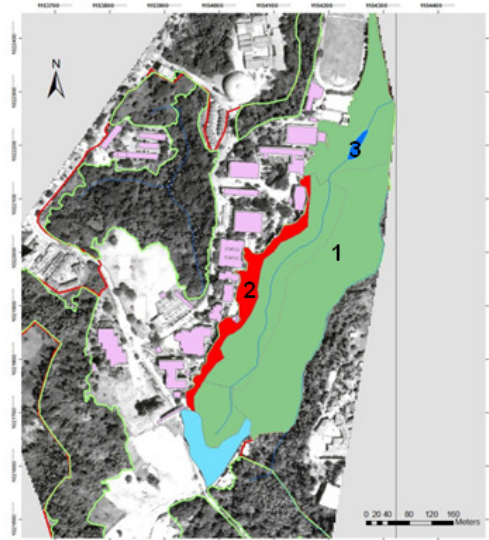


Figura 1. Zonificación JBUTP [5]

De acuerdo al ‘Plan de Manejo Ambiental del JBUTP’ [5], se determinan tres zonas a estudiar (figura 1): la zona verde (1) representa el Ecosistema Bosque Secundario, subdividido en intervenido, poco intervenido y no intervenido; en esta zona es importante resaltar la presencia de plantas de la familia Magnoliacea, plantas maderables de relevancia en el territorio nacional y cuyas especies se encuentran en estado crítico de amenaza, por lo que la labor que se adelanta en el JBUTP, con la propagación de esta planta [7], le da una importancia mayor a este estudio.

La zona roja representa (2) es el Ecosistema Guadual, esta cobertura vegetal está representada por bosque de *Guadua angustifolia*, también se observa en menor proporción especies características de la sucesión vegetal como helechos, arbustos, hierbas, trepadoras, gramíneas y epifitas. En esta área se encuentra el sendero de los Rizomas que tiene su nombre debido a las características especiales de las raíces de las guaduas y la zona Azul (3) Ecosistema Humedal

B. Toma de muestra:

la toma de muestras de suelo, en cada uno de los tres ecosistemas, se llevó a cabo siguiendo recomendaciones del laboratorio de Análisis químico de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira, siendo esta una muestra compuesta que resulta de un proceso aleatorio y representativo; se debe resaltar que cada sistema evaluado presentaba algunas características particulares relacionadas con su grado de intervención y su topografía, [5] es así como el Bosque Secundario fue subdividido en Bosque Intervenido, Poco Intervenido y No Intervenido; el Ecosistema Guadual según la densidad poblacional y la topografía del terreno fue dividido en Guadual densidad alta-plano, Guadual densidad baja-inclinado y Guadual densidad alta-inclinado; resultando de esta manera siete puntos específicos de muestreo: tres en Bosque Secundario, tres en Guadual y finalmente el Humedal, fue considerado sistema homogéneo; en cada lote se realiza un submuestreo, compuesto por seis o siete puntos seleccionados aleatoriamente, haciendo uso de palas, a una profundidad de 20 cm, correspondiente al rizoplano en el suelo; las submuestras son mezcladas muy bien y posteriormente sometidas a un cuarteo; una vez conseguidos alrededor de dos kilos de muestras se empacan en bolsas limpias y se almacenan en la nevera.

Una cantidad suficiente de muestra de suelo se lleva a una temperatura de 60°C durante 48 horas con el fin de determinar algunas características químicas, importantes en la presencia de actinomicetes como el pH, materia orgánica, potasio, calcio, magnesio y fósforo.

C. Aislamiento de actinomicetes:

Se hace uso del medio Agar Avena de acuerdo a recomendaciones de Franco-Correa [2] junto con el método de diluciones seriadas; la composición de este medio para un litro es: 30 g de Avena en hojuelas, 15 g de agar-agar y 0,1% de nistatina; para el aislamiento se toman 10 g de suelo en 90 ml de Agua peptonada (AP) 0,1%, a partir de esta dilución inicial se preparan diluciones sucesivas tomando cada vez un mililitro de solución y adicionando 10 ml de AP hasta alcanzar una dilución de 10^{-9} . Posteriormente se siembra 0,1 ml de cada dilución por superficie, en el Agar Avena servido en cajas petri, realizando triplicado de siembra para cada dilución. Finalmente se lleva a incubar a 28°C durante 10 días. A partir del día 3 de incubación se hace el recuento de toda la población microbiana que empieza a crecer en cada una de las diluciones efectuadas, así, hasta el día 10, para luego reportar las unidades formadoras de colonia (UFC) por gramo de suelo de cada sub-ecosistema. El recuento permite identificar por morfología macroscópica posibles colonias de Actinomicetes, las cuales una vez identificadas son aisladas para su purificación por medio de repliques en Agar Avena [2]

D. Identificación de actinomicetes:

se lleva a cabo una identificación macro y microscópica de las colonias obtenidas en el medio agar avena; macroscópicamente se observan las características de crecimiento considerando textura, color, forma, superficie y borde; microscópicamente se hace reconocimiento por medio de la tinción de Gram y haciendo uso de la técnica de Microcultivo de Ridell, para observar el crecimiento de micelios aéreos de los posibles actinomicetes [8]

La técnica de Microcultivo (figura 2) requiere realizar una siembra por agotamiento del posible Actinomiceto en medio agar avena, una vez se observa el crecimiento de la colonia característica macroscópicamente, se procede a realizar una cuadrícula en el medio con un bisturí estéril obteniendo unidades de 1 cm de lado por 3 mm de espesor y se llevan a un frasco con 50 ml de agua destilada estéril, realizando agitación constante. Se toma una caja de Petri con medio sin inocular y se siembra 1 ml de la solución que ha sido previamente agitada y se homogenizada muy bien esta siembra; posteriormente se toma un cuadro medio recién inoculado y se coloca sobre un cubre objetos soportado en dos palillos ubicados en caja Petri (previamente estéril); este montaje requiere hidratación suficiente por lo que se ubica una mota de algodón humedecida, en un extremo de la caja; se lleva a incubación a 28°C durante 10 días [8]

Se realizan observaciones a los días 3, 6 y 9, tiñendo con azul de lactofenol el agar y el cubreobjetos y se hace tinción de Gram al portaobjeto; además se comparan las estructuras miceliales de los días mencionados anteriormente con la clave taxonómica de Bergey [9]. (Identificación de género parcial).

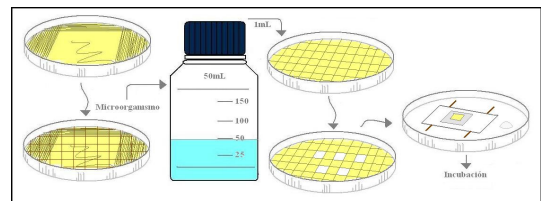


Figura 2: Microcultivos (autores)

E. Tratamiento de datos:

Por medio de un análisis de varianza (ANOVA) se determinan las diferencias estadísticamente significativas, entre los sistemas, haciendo uso del paquete estadístico SPSS versión 11.5 para Windows.

III. RESULTADOS Y ANALISIS

A. Características químicas del suelo:

En la figura 3, se observa una tendencia similar, en el comportamiento de las características químicas evaluadas, con los mayores contenidos de nutrientes presentes en el bosque secundario; para comprobar dicho comportamiento se

realiza comparación de medias por medio de la prueba de ANOVA obteniendo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para contenidos de Fósforo, Materia orgánica, Calcio y Potasio, en los sistemas evaluados.

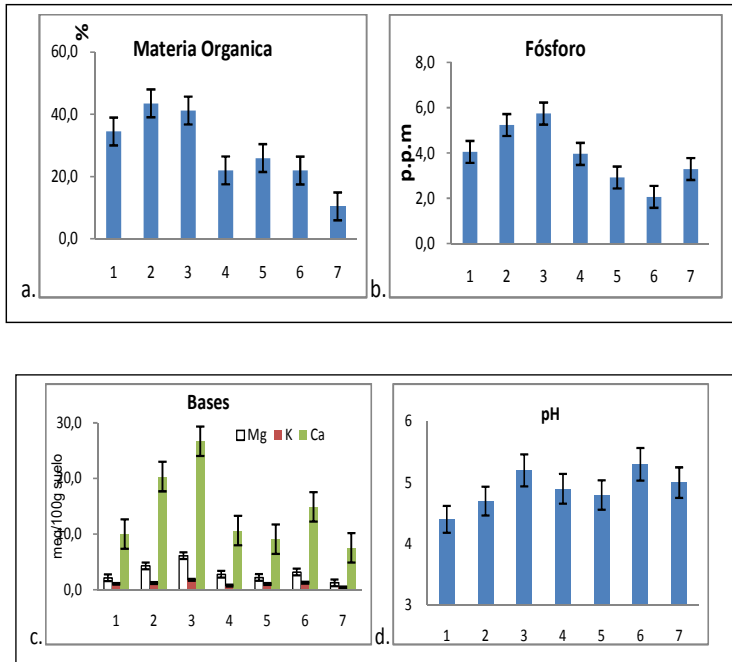


Figura 3. Características Químicas de Suelo; a. partes por millón de fósforo; b. % materia orgánica; c. meq/100g suelo bases (K, Ca, Mg). El eje horizontal indica el ecosistema así: 1. Bosque secundario no intervenido, 2. Bosque secundario poco intervenido, 3. Bosque secundario intervenido, 4. Guadual densidad alta plano, 5. Guadual densidad alta inclinada, 6. Guadual densidad baja inclinada, 7. Humedal

La prueba de Duncan, especifica las diferencias entre al bosque secundario intervenido y bosque secundario poco intervenido, con los demás sistemas, siendo estos dos, los sistemas con mayor disponibilidad de nutrientes. El bosque secundario intervenido presenta los mayores valores para Fosforo ($5,74 \pm 0,57$ p.p.m), Materia Orgánica ($41,2 \pm 2,68$ %), Calcio ($26,7 \pm 1,80$ meq/100gsuelo) y Potasio ($1,8 \pm 0,15$ meq/100gsuelo); mientras que el humedal presenta los valores más bajos, comparados con los de bosque secundario, reflejando por ejemplo, $2,1 \pm 0,69$ p.p.m y $10,4 \pm 1,33$ %, en contenido de Fosforo y Materia Orgánica respectivamente; de la misma manera Potasio y Calcio en el sistema humedal con contenidos de $0,4 \pm 0,05$ y $7,5 \pm 0,76$ meq/100gsuelo, respectivamente son los valores más bajos. Observando los valores de pH (d) en la figura 3, se visualizan diferencias estadísticamente significativas entre sistemas, presentándose los mayores valores en bosque secundario intervenido ($5,2 \pm 0,1528$) y gradual con densidad alta y topografía inclinada ($5,3 \pm 0,78$)

B. Contenido de actinomyces:

la figura 4 representa la cantidad de Actinomyces contados en medio agar avena, para cada sistema estudiado, en

Unidades Formadoras de Colonia por cg de suelo (UFC/gsuelo); de acuerdo a la metodología indicada se realizaron conteos por medio del método de diluciones sucesivas hasta 10^{-9} ; el número de colonias disminuye, de una manera directamente proporcional con la dilución, por lo que en todos los casos se tuvo un número de colonias, no mayor a 7 colonias en la última dilución; teniendo en cuenta que con el aumento de dilución se puede de igual manera incrementar el error del ensayo, se determina representar la dilución correspondiente con 10^{-4} , considerando además que la técnica recomienda contar solo aquellas diluciones que contengan entre 30 a 300 colonias [10]

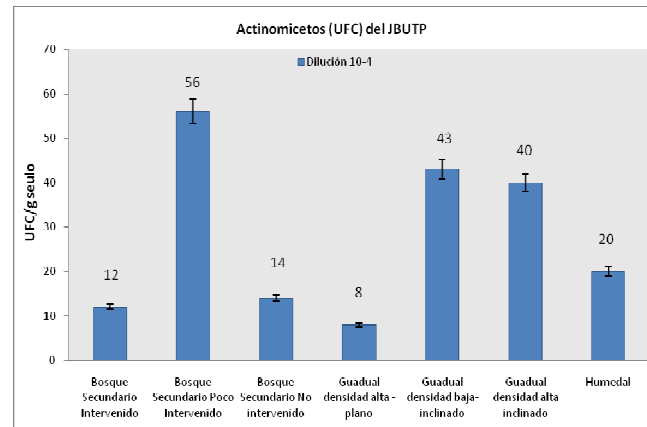


Figura 4. Actinomicetos como UFC/ g suelo, de los ecosistemas estudiados del JBUTP

La prueba de ANOVA, mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las UFC cuantificadas entre los sistemas estudiados, observando que en el sistema de Bosque secundario poco intervenido, es el de mayor contenido de Actinomicetos por gramo de suelo, además se debe resaltar el número de bacterias filamentosas, presentadas en los sistemas de guadua de alta y baja densidad de topografía inclinada.

Al relacionar los contenidos de nutrientes en el suelo con la cantidad de UFC de Actinomicetos, se puede observar, que el bosque secundario poco intervenido presenta el mayor contenido de actinomyces (56 UFC/g suelo) y aunque no presenta los mayores contenidos de nutrientes, si se observa (figura 3) que las condiciones químicas de este suelo son favorables para el crecimiento de estos microorganismos.

La abundancia considerablemente mayor de microorganismos expresada como U.F.C, en el bosque secundario del JBUTP, coincide con la investigación presentada por Cardona et al [3] quienes trabajando en un sistema de bosque comparados con otros ecosistemas, encontraron mayor abundancia de microorganismos estudiados en el bosque, esto debido posiblemente a la diversidad estructural de la población vegetal, ya que se resalta que la composición de la comunidad de plantas, puede influenciar el crecimiento y la proliferación de microorganismos.

Este comportamiento de la presencia considerable de actinomyces en el sistema bosque, coincide con lo

presentado en el trabajo de Corredor et al [13], quienes observaron diversidad de estos microorganismos en bosques del departamento del Quindío, relacionado posiblemente con la diversidad de vegetación en estos sistemas, cobertura que permite el mantenimiento de una comunidad diversa; pero aunque la relación entre la cantidad de bacterias filamentosas en el bosque secundario, se presenta como el más alto comparado con los otros ecosistemas, no es posible desconocer la abundancia de estos microorganismos en los sistemas de guadua de topografía inclinada, lo que coincide de igual manera con el trabajo reseñado por Corredor et al [12], esto posiblemente debido a la gran cantidad de adición natural de materia orgánica, representada en hojarasca, a estos suelos, lo que estimula la multiplicación de los actinomicetos [2]

Lo que se observa para el sistema humedal, coincide con lo planteado por Titus y Pereira [22], quienes plantean como perjudicial, para crecimiento de Actinomicetos, un 80 a 90 % de humedad en el suelo.

Para esta investigación, contrario a lo planteado por Franco-Correa [2], se observa crecimiento de actinomicetos a pH menores a 5.0 (figura 3d y 4), aunque en cantidades no muy altas.

C. Identificación de actinomicetos:

De acuerdo a las características Macroscópicas de Actinomicetos, referenciadas en el libro *The Prokaryotes A Handbook on the Biology of Bacteria Vol.3*, [11] el cual describe los Actinomicetos como colonias de crecimiento lento, de aspecto ceroso, polvoroso, adheridas al agar (figura 5b, d, e y f), de colores variantes entre blanco grisáceo, crema (figura 5 c), colores tierra y negro, se identifican un total de 62 posibles cepas de Actinomicetos

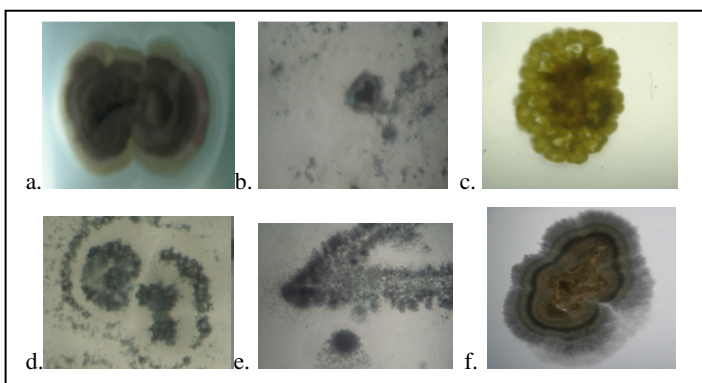


Figura 5: Características Macroscópicas de algunos Actinomicetos del suelo del JBUTP: a y c *Nocardia*; b. *Actinobispora*; d. *Thermomonospora*; e, *Micromonospora* y f *Streptomyces*

De estas cepas se realizaron repliques en Agar Avena para posteriormente evaluarlas microscópicamente, teniendo en

cuenta las recomendaciones entregadas en *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* [9] considerando su morfología en forma de coco Gram positivos (figura 6d, 6e, 6f) y presencia de estructuras miceliarias (figura 6a, 6b, 6c) esto con el fin de establecer cuáles de estas cepas son en verdad Actinomicetos.

De las 62 cepas consideradas posibles Actinomicetos 33 fueron descartadas, ya que macroscópicamente no eran colonias secas de aspecto seroso, en su mayoría presentaron un aspecto cremoso; adicionalmente, microscópicamente no eran cocos Gram positivos, ni presentaban estructuras miceliarias. Así, se determinó que 29 de las 62 cepas aisladas en Agar Avena podían ser posibles colonias de Actinomicetos

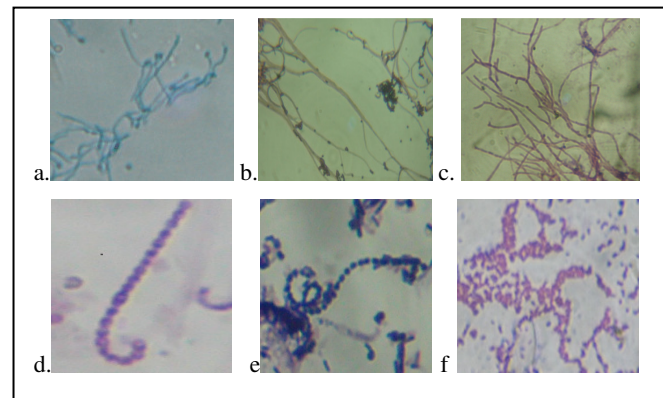


Figura 6: Características microscópicas de algunos Actinomicetos: a. *Micromonospora*, b. *Thermomonospora*, c y f *Nocardia*, d y e *Streptomyces*, Fuente: Autores

.En la tabla 1 se recopilan los géneros identificados por medio de la clave de Bergey, junto a las características más representativas, entre los que se encuentran el género *Nocardia*, situación de esperarse ya que este género se encuentre entre los más abundantes de la biota actinomifítica del suelo [13] y el género *Streptomyces*, que es uno de los mejor reconocidos del orden completo de Actinomycetales debido a su amplia distribución en la naturaleza, especialmente en el suelo y porque alberga a un gran número de los productores más importantes de antibióticos y otros metabolitos secundarios [14]

Este resultado además concuerda con lo presentado por trabajos anteriores [15][16], quienes reportaron que, en la mayoría de estudios con actinomicetos del suelo, se han aislado cerca de 20 géneros, siendo los *Streptomyces* los más numerosos, representativos y dominantes dentro de la comunidad.

Aunque menos frecuente fue la presencia de los otros géneros de Actinomicetos en el suelo, como la *Thermomonospora*, *Micromonospora*, *Actinopolyspora* y *Actinobispora* (tabla 1), no son menos importantes, es así como, por ejemplo, el género *Thermomonospora*, que agrupa Actinomycetes termofílicos y celulolíticos prevalecen en el proceso de compostaje de residuos sólidos municipales; además

industrialmente aparece como microorganismo atractivo en procesos de fermentación [17].

SISTEMA	CODIGO DE CEPA	GENERO
BS* intervenido	JBUTP_GEA_BS_A001	Nocardia
BS intervenido	JBUTP_GEA_BS_A002	Nocardia
BS no intervenido	JBUTP_GEA_BS_A003	Streptomyces
BS poco intervenido	JBUTP_GEA_BS_A004	Micromonospora
BS no intervenido	JBUTP_GEA_BS_A005	Nocardia
BS no intervenido	JBUTP_GEA_BS_A006	Nocardia
BS poco intervenido	JBUTP_GEA_BS_A007	Nocardia
BS poco intervenido	JBUTP_GEA_BS_A008	Streptomyces
BS no intervenido	JBUTP_GEA_BS_A009	Streptomyces
BS intervenido	JBUTP_GEA_BS_A010	Thermomonospora
G** densidad alta plano	JBUTP_GEA_G_A011	Actinopolyspora
G densidad baja inclinado	JBUTP_GEA_G_A012	Nocardia
G densidad alta inclinado	JBUTP_GEA_G_A013	Nocardia
G densidad alta inclinado	JBUTP_GEA_G_A014	Nocardia
G densidad alta inclinado	JBUTP_GEA_G_A015	Actinobispora
Humedal (H)	JBUTP_GEA_H_A016	Nocardia
	JBUTP_GEA_H_A017	Streptomyces
	JBUTP_GEA_H_A018	Streptomyces
	JBUTP_GEA_H_A019	Streptomyces
	JBUTP_GEA_H_A020	Streptomyces
	JBUTP_GEA_H_A021	Nocardiosis
	JBUTP_GEA_H_A022	Nocardia

Tabla 1: Género de Actinomicetos aislados del JBUTP de acuerdo a sistema estudiado. *BS: Bosque Secundario; **G: Guadual; ***A: Actinomiceto

De otra parte, según Hirsch y Valdés (2009) [18], resaltan acerca del género *Micromonospora*, que aunque ha sido reconocido desde hace algunos años como un productor de metabolitos secundarios para biomedicina y algunos han resaltado la importancia de esta bacteria para la ecología del suelo, sorpresivamente solo recientemente se ha reconocido su importancia en el crecimiento de las plantas y como productor importante de recursos antibióticos.

En cuanto al género *Actinopolyspora*, se han identificado algunas especies que tienen capacidad de producir bioemulsificantes, con potencial de aplicación en aceites industrial, lo que permite incluir a este grupo de Actinomicetos en procesos de biorremediación, importante actualmente, debido al creciente interés presentado en la búsqueda de moléculas químicas eco-amigables [19]

Para finalizar, el género *Actinobispora*, es el menos estudiado por el momento, se ha encontrado haciendo parte de algunos consorcios de microorganismos, identificados en materiales de construcción en las catacumbas romanas [20]

Es entonces importante resaltar que este trabajo constituye apenas el comienzo de un gran número de trabajos que se presentarán relacionados con los microorganismos del suelos, y especialmente el grupo de bacterias filamentos Actinomicetos; que han sido reconocidos a través de los años por sus aportes no solo a la medicina sino también y por sus aportes en la ecología del suelo

IV. CONCLUSIONES

En general el ecosistema Bosque Secundario fue el que albergó mayor cantidad de Actinomicetos, siendo además el sistema que presentó mayor disponibilidad de nutrientes, por lo que se asume que el tipo de cobertura de suelo puede afectar la población de microorganismos, lo que hace que un suelo sea más saludable y fértil.

Los posibles géneros encontrados en el suelo del JBUTP fueron: *Nocardia*, *Streptomyces*, *Thermomonospora*, *Micromonospora*, *Actinopolyspora*, *Actinobispora*, *Nocardiosis*; estos géneros de relevancia conocida para la medicina y la agricultura, abren puertas para continuar trabajando en investigaciones que busquen mejorar procesos agrícolas en la región

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica de Pereira a través de la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión por la financiación parcial recibida para realizar este proyecto del semillero de investigación GEA (Grupo de Estudio Agrícola), de la Escuela de Química.

REFERENCIAS

- [1] R. Ramirez Pisco, P.A. Trujillo R y B. Rivera. *Identificación y cuantificación de la actividad microbiana, y macro fauna de un andisol bajo diferentes sistemas de manejo, en el municipio de marinilla (Antioquia)*. [Online] http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/tramirez/identificacion_y_cuantificacion_de_la_actividad_microbiana_y_macro_fauna_de_un_andisol_bajo_diferentes_sistemas_de_manejo_en_el_municipio_de_marinilla_antioquia.pdf
- [2] M. Franco-Correa. *Evaluación de caracteres PGPR en Actinomicetos e Interacciones de estas Rizobacterias con Hongos formadores de Micorrizas*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Facultad de ciencias. Departamento de Fisiología. 2008
- [3] G, Cardona. A.L, Arcos y U.G, Murcia. *Abundancia de actinomicetos y micorrizas arbusculares en paisajes fragmentados de la Amazonia colombiana*. Agron. colomb. vol.23 no.2. 2005. Bogotá July/Dez.r
- [4] M.A Rico. Capacidad promotora de crecimiento vegetal por bacterias del género *Azotobacter* y Actinomicetos aislados de cultivos de *Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753 (Papa) cultivados en zonas altoandinas del Perú. TESIS para optar al título profesional de Biólogo con Mención en Biología Celular y Genética. Lima-Peru. 2009.

- [5] Parra-Pérez. *Implementación y evaluación de dos métodos de conservación y generación de la base de datos del banco de cepas y genes del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia (IBUN)*. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional. Bogotá, Colombia. 2006
- [6] B. Ospina. “*Plan de manejo ambiental del jardín botánico y de los bosques de la universidad tecnológica de Pereira*”. Trabajo de grado para optar al título de Administradora Ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira. 2011
- [7] J.L. Enriquez, J.L. Viera, F. Mendoza “*Caracterización preliminar de aislamiento de Microorganismos, mediante la técnica de E.M., a nivel de comunidades vegetales en dos zonas de vida ecológicamente diferentes*” 2010 [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/9017>
- [8] M. Serna y J.D. Guzmán. *Una Mirada a las Magnoliáceas Colombianas*. Revista Politecnica ISSN 1900-2351, año 6, Numero 11, 2010
- [9] R. Rodríguez. *Evaluación de Etapas del proceso productivo de un Bioinsuño dirigido a la degradación de materiales orgánicos y regulación sanitaria de cultivos*. Universidad Católica de Manizales. Manizales, Colombia 2010
- [10] Bergey. *Manual of Systematic Bacteriology*. 2005
- [11] M.T. Madigan, J.M. Martinko y J. Parker. *Brock. Biología de los Microorganismos*. Decima Edición. Pearson Educacion S.A. Madrid 2004 pp 146-147
- [12] M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K. Scheleife, E. Stackebrandt. *The Prokaryotes A Handbook on the Biology of Bacteria Vol.3*. Third Edition. Springer. 2006, pp 430
- [13] P. Corredor, E. Andrade, J. Tohme, M. Duque y C. Florez. Abundancia y diversidad de las comunidades de *Streptomyces* en seis coberturas vegetales de la franja cafetera del Quindío, Colombia. *Acta Biologica Colombiana Vol 5 N° 2*, 2000, pp 59
- [14] A. Ramirez, M. Blanco y E. Garcia., Biogeografía de Nocardia: Estudio de la población edáfica de Nocardia en diversas zonas climáticas del estado Lara, Venezuela. *Rev. Soc. Ven. Microbiol.* [online]. 2003, vol.23, n.2 [citado 2013-01-22], pp. 142-147 . Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562003000200008&lng=es&nrm=iso. ISSN 1315-2556.
- [15] GI. Cardona, C.P. Peña-Venegas y M. Ruiz-García. Comunidades de hongos actinomicetos en tres tipos de vegetación de la Amazonia colombiana: abundancia, morfotipos y el gen 16s ADNr. *Rev. biol. trop* [online]. 2009, vol.57, n.4 [citado 2013-01-24], pp. 1119-1139. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000400017&lng=es&nrm=iso. ISSN 00347744.
- [16] L-H. Xu., Li. Q-R & C-L. Jiang 1996. Diversity of aquatic Actinomycetes in lakes of the Middle Plateau, Yunnan, China. *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 249-253.
- [17] M. Goodfellow y S.T. Williams. 1983. Ecology of Actinomycetes. *Ann. Rev. Microbiol.* 37: 189-216.
- [18] F.J. Stutzenberger. Degradation of cellulosic substances by *Thermomonospora curvata*. *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. XXI, Pp. 909-913 (1979)
- [19] A.M Hirsch y M. Valdés. Micromonospora: An important microbe for biomedicine and potentially for biocontrol and biofuels. *Soil Biology y Biochemistry*. 2009. Doi:10.1016 pp 1-7
- [20] D.V. Doshi, JP, Maniyar, S.S. Bhuyan y S.S Mujumdar. Studies on bioemulsifier production by *Actinopolyspora sp.A18* isolated from ganden soil. *Indian Journal of Biotechnology*. Vol 9, October 2010, pp 391-396
- [21] S. Sanchez-Moral, L. Luque, S. Cuezva, V. Soler, D. Benavente, L. Laiz, J.M. Gonzalez, C. Saiz-Jimenez, Deterioration of building materials in Roman catacombs: The influence of visitors, *Science of The Total Environment*, Volume 349, Issues 1–3, 15 October 2005, Pages 260-276, ISSN 0048-9697, 10.1016/j.scitotenv.2004.12.080.
- [22] A. Titus, & G. Pereira. The role of Actinomycetes in coffee plantation ecology. www.ineedcoffe.com. 2007