



## CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MICROBIOLÓGICA DE UN SUELO CONTAMINADO POR RESIDUOS LÍQUIDOS DE CAFÉ.

*Avance del proyecto "Caracterización física y microbiológica de un suelo contaminado por residuos de café"*

**Andrea Katherine Prieto Sánchez, Jorge Leonardo Angarita Abaunza,  
Laura Juliana Curtidor Martínez<sup>1</sup> y Juan Ernesto Almeida Ospina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudiantes Investigadores, IX Semestre, Ingeniería Ambiental, Universidad Libre – Seccional Socorro  
ankaprisa@hotmail.com, j.leonnardo24@hotmail.com, julianac4@hotmail.com

<sup>2</sup>PhD Ingeniería Ambiental, Docente Investigador, Universidad Libre – Seccional Socorro, juan.almeida@mail.unilibresoc.edu.co

*Recepción artículo Febrero 19 de 2014. Aceptación artículo Agosto 11 de 2014*

EL CENTAURO. ISSN: 2027-1212

### RESUMEN

**Figura 1.** Suelo contaminado por lixiviado de café, MaSBEK



El manejo inapropiado de los subproductos generados en el proceso de cultivo del café genera impactos negativos de gran magnitud en el ecosistema cafetero, afectando tanto el suelo como el aire y agua. Los dos principales subproductos del café se generan durante el proceso de beneficio ecológico del fruto y son la pulpa y el mucílago.

El objetivo planteado en el presente proyecto es caracterizar los parámetros físicos y microbiológicos de un suelo contaminado por residuos líquidos de café para posterior biorremediación electrocinética.

El proyecto de investigación se realizó en el MaSBEK en La Hacienda Majavita propiedad de la Universidad Libre localizada en el Socorro Santander, a una elevación de 1379 m sobre el nivel medio del mar, con una temperatura promedio de 24 °C, a E1091.338, N1207.603.

Entre los principales resultados se encontraron las características de los estratos O y A, el conteo de bacterias y características físicas del agua superficial.

Se pudo concluir que el horizonte A obtuvo un contenido de grava de 1,19 % con respecto al horizonte orgánico, el cual tuvo ausencia de este material, por ende, puede afirmarse que el primer horizonte tiene un mayor drenaje, menor porosidad y por consiguiente una menor capacidad para retener iones y que las colonias presentes en las siembras de cada muestra se mantuvieron en un intervalo de 1,5 UFC a 3 UFC. Pese a que el pH no presentó alguna variación, la muestra número 2 no obtuvo ningún crecimiento de bacterias, lo cual pudo deberse a la dilución realizada para la siembra, la cual fue de 1:1'000.000.

### Palabras clave

Café, contaminante, ecosistema, microorganismo, parámetros, suelo.

**ABSTRACT**

Improper handling of the products generated in the process of coffee cultivation generates large-scale negative impacts on the coffee ecosystem, affecting both soil and air and water. The two main products of coffee are generated during the process and ecological benefits of the fruit are the pulp and mucilage. The stated goal in this project is to characterize the physical and microbiological parameters of soil contaminated liquid waste coffee for later electrokinetic bioremediation. The research project was conducted in the MaSBEK in La Hacienda Majavita owned by the Free University in Socorro Santander located at an elevation of 1379 m above mean sea level, with an average temperature of 24 °C, to E1091.338, N1207.603. Among the main results the characteristics of the O and A strata, the bacteria count and physical characteristics of surface water were found. It can be concluded that the horizon obtained a gravel content of 1.19% over the organic horizon, which had absence of this material therefore can be said that the first horizon has a greater drain, lower porosity and therefore a decreased ability to retain ions and the colonies present in each sample plantings were maintained in a range of 1.5 to 3 CFU CFU. Although the pH did not show any variation, the sample No. 2 obtained no growth of bacteria, which could be due to the dilution performed for planting, which was 1: 1,000,000.

**Key words**

Coffee, ecosystem, organism, parameters, pollution, soil.

**1. INTRODUCCIÓN**

A pesar de las diferentes actividades desarrolladas en las fincas cafeteras para disminuir el efecto negativo en el proceso de producción, aún deja subproductos que generan impacto en los recursos naturales como el agua y el suelo, por la elevada concentración de carga contaminante que presentan dificultad para removerla.

Según Vega, G. (2010), la forma inadecuada como son manejados los subproductos es una de las causas fundamentales de la contaminación debido a la mezcla que se realiza entre el mucílago y la cereza la cual genera aguas residuales muy contaminantes, que comparadas con las aguas residuales domésticas presentan elevadas cargas representadas en DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales y Potencial de hidrógeno ácido.

Según Vega, L. (2009). Pág.17, la pulpa de café en su proceso de degradación o compostaje genera lixiviados los que se caracterizan por sus altas cargas contaminantes representadas en DBO y SST, asimismo un pH ácido, que los constituyen en uno de los subproductos más perjudiciales para el medio donde son vertidos.

Según Grant & Long (1989), el suelo es un depósito gigantesco para los organismos, y casi todos los seres, tarde o temprano, acaban en el mismo, por lo que la constitución de la población nativa y transitoria no queda bien definida. En lo que concierne a las bacterias, la identificación y aislamiento depende de la capacidad de cultivar el microorganismo y de las técnicas empleadas. Periódicamente se describe el aislamiento de bacterias desconocidas que

comprendan fracciones significativas de poblaciones bacterianas de determinados suelos, siendo posible que un número no pequeño de especies de este ambiente permanezca aún sin identificar, no obstante, en general se acuerda que la mayoría de la población bacteriana organotrófica aerobia de gran parte de los suelos está compuesta por géneros gram-positivos.

**1.1. Descripción del problema**

Según Muerza, C. (2006), la materia orgánica presente en los residuos sólidos se degrada formando un líquido contaminante, de color negro y de olor muy penetrante, denominado lixiviado. Este líquido arrastra todo tipo de sustancias nocivas. Se han encontrado hasta 200 compuestos diferentes, algunos de ellos tóxicos y hasta cancerígenos. La humedad de los residuos y la lluvia son los dos factores principales que aceleran la generación de lixiviados, los cuales pueden contaminar los suelos y las aguas superficiales y subterráneas (acuíferos). Como se trata de un proceso contaminante que se produce de manera lenta, sus efectos no suelen percibirse hasta varios años.

**1.2. Antecedentes**

Rodríguez & Vásquez (2003. Pág.32), analizaron unas soluciones de lavado provenientes de las cámaras de electrodos de una celda de remediación a nivel de laboratorio. Se estudió el movimiento de iones nitrato y plomo como contaminantes de suelos de la región (Andisol). Para los estudios se analizaron conjuntamente medidas de pH, conductividad, turbidez, concentración de contaminantes y corriente de electrólisis. Se comprueba que, para las

condiciones experimentales empleadas, los iones nitrato se mueven libremente y son fácilmente removidos del suelo, mientras que el catión plomo es parcialmente retenido, y la cantidad de metal que se moviliza es obtenido finalmente bajo formas insolubles dado el valor de pH generado en la cámara del cátodo.

En otro antecedente (Maturi & Reddy 2005. Pág12), presentaron la viabilidad de la utilización de ciclodextrinas en la remediación electrocinética para la eliminación simultánea de metales pesados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) en suelos de baja permeabilidad.

El modelo de suelo Caolín fue seleccionado como una baja permeabilidad y se enriquece con fenantreno, así como de níquel en concentraciones de 500 mg por 1 Kg cada uno para simular contaminación campo mixto típico.

### 1.3. Pregunta problema

¿Qué características físicas y microbiológicas presenta el suelo contaminado residuos líquidos de café para posterior biorremediación electrocinética?

### 1.4. Justificación

La investigación se realiza con el fin de recuperar las características físico-químicas iniciales de suelos contaminados con lixiviados de residuos sólidos de café mediante una técnica de biorremediación usando electricidad.

Para lo cual se realizó una caracterización física y microbiológica del suelo y así poder determinar los parámetros que presenta y como pueden afectarlo. Debido a la gran existencia de fincas caficultoras, las cuales contaminan en gran manera cantidades significativas de suelo, se hace presente la necesidad de una técnica que permita la descontaminación de dichos suelos de una manera amigable con el ambiente, ya que este método de recuperación de suelos no genera gran impacto al medio porque no produce ningún tipo de material particulado a la atmósfera o residuo extra.

### 1.5. Objetivo general

Caracterizar los parámetros físicos y microbiológicos de un suelo contaminado por residuos líquidos de café para posterior biorremediación electrocinética.

### 1.6. Objetivos específicos

- Caracterizar los estratos O y A del suelo mediante análisis físicos.

- Identificar los microorganismos presentes en el suelo a tratar.
- Caracterizar el agua que se encuentra en la superficie del suelo contaminado.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Localización

El proyecto de investigación se realizó en el MasBEK en La Hacienda Majavita propiedad de la Universidad Libre localizada en el Socorro Santander, a una elevación de 1379 m sobre el nivel medio del mar, con una temperatura promedio de 24 °C, a E1091.338, N1207.603.

### 2.2. Tipo de investigación

El proyecto se define como investigación cuantitativa debido a que se manejaron datos numéricos obtenidos en la medición de las variables a analizar y su alcance es exploratorio porque se recopilan e identifican antecedentes con respecto al problema investigado debido a que es una tecnología nueva.

### 2.3. Definición de variables e indicadores

Las variables establecidas a partir de los objetivos son las descritas en la tabla 1, mediante estas se determinaron las características físicas y microbiológicas del suelo.

**Tabla 1.** Parámetros que intervienen en el proceso.

Tipo de variable	Variable	Unidad
Dependiente	Humedad	%
	Materia orgánica	%
	DQO	mg/L O <sub>2</sub>
	Cantidad de microorganismos	UFC
	Potencial de hidrógeno	-
Independiente	Tipo de suelo	Tipo
Intervinientes	Conductividad	μS/cm <sup>2</sup>
	Temperatura ambiente	°C

### 2.4. Población y muestra

La población fue el suelo aledaño al MaSBEK, ubicado en la Hacienda Majavita de la Universidad Libre en donde se tomaron cuatro puntos como muestras para la caracterización.

## 2.5. Materiales

- Celdas
- Tubos de ensayo con taparrosca
- Beakers
- Asa de siembra
- Agar base
- Pipeteador
- Ácido sulfúrico al 98% de pureza

## 2.6. Equipos de medición

- Sensor de pH
- Conductímetro
- Termoreactor
- Horno de secado
- Incubadora

## 2.7. Procedimiento

Se tomaron los puntos mediante muestreo aleatorio en un área de 2 m<sup>2</sup> sacando cuatro muestras del lugar en forma de zigzag.

Para poder determinar el tipo de suelo se realizaron pruebas granulométricas de laboratorio mediante tamices de diferente tamaño que permitieron clasificar el suelo respecto de su tamaño.

Se midieron parámetros de pH, conductividad en el suelo y el agua.

Seguidamente, se hicieron análisis de DQO para determinar la cantidad de contaminantes presentes.

Por último, para realizar los análisis microbiológicos, se realizó un muestreo aleatorio, teniendo así cuatro muestras. Para las cuales se hicieron diluciones hasta llegar a 1:1'000.000 y poder así llevar a cabo los medios de cultivos.

## 3. RESULTADOS

Después de realizar el muestreo en la zona del MaSBEK y las pruebas de laboratorio correspondientes se obtuvieron los datos necesarios para hacer las correlaciones y la caracterización del suelo.

### 3.1. Características físicas de los estrato O y A

#### Porcentaje de humedad

Se obtuvo mayor cantidad de masa de agua con un valor de 26,68 % en el estrato O, lo que indica que este suelo es más poroso y el menos permeable, semejándolo al comportamiento de las arcillas.

Por otro lado, el estrato A obtuvo un menor porcentaje de agua con 16,53 %, este comportamiento se asemeja al de las arenas, las cuales tienen una alta permeabilidad, es decir, la rapidez con la que el agua se mueve a través de los poros es alta.

#### Porcentaje de materia orgánica

La muestra con mayor contenido de materia orgánica corresponde al estrato O con 15,70 %, esto se debe a que el lugar del cual se tomó, presenta gran cantidad de vegetación a sus alrededores y al contener lixiviados de café. También se pudo observar que el estrato A arrojó un valor de 5,37 % de materia orgánica.

#### El nivel de pH

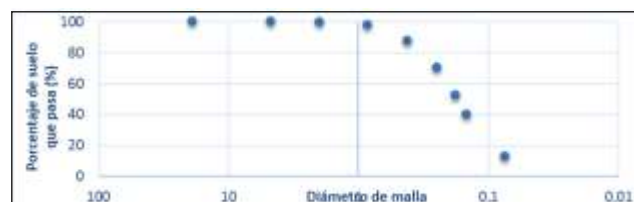
El realizar el análisis en el laboratorio del estado del suelo contaminado por lixiviado del café se observó que el horizonte orgánico presentó un pH promedio de 6,02, siendo este menos ácido que el horizonte A, el cual obtuvo un pH de 5,36.

Esto podría deberse a que en la superficie el agua alcanza más fácilmente el suelo ya que este está en contacto directo con la atmósfera, entonces se mezcla con los lixiviados que se encuentran en él, generando un aumento en el pH y volviéndolo menos ácido en comparación con el horizonte A.

#### Conductividad

Por otro lado, los valores de conductividad medidos en el estrato O y A fueron de 110,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 70,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. Pudiéndose observar lo anterior en la Figura 2.

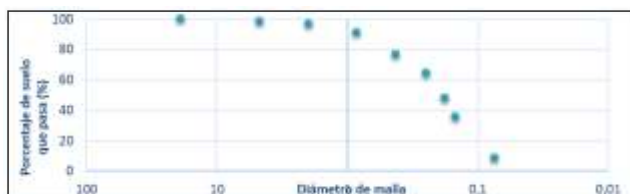
Figura 2. Granulometría del estrato orgánico



La muestra del horizonte O presentó un coeficiente de uniformidad de 3 lo que indica que es un suelo no muy uniforme, pero al analizar la gráfica vemos que es uniforme en la fracción de arena fina. Su coeficiente de curvatura al ser 0,98 nos muestra que es un suelo mal graduado, es decir, un bajo margen de tamaños de partículas.

Se encontró que el 27,42 % es limo, el 12,96 % es arcilla, el 29,63 % es arena y el 29,98 % es arena fina; entonces, se puede inferir que el suelo al tener tanto porcentaje de arenas y limo es un suelo pobremente graduado, con componentes limosos.



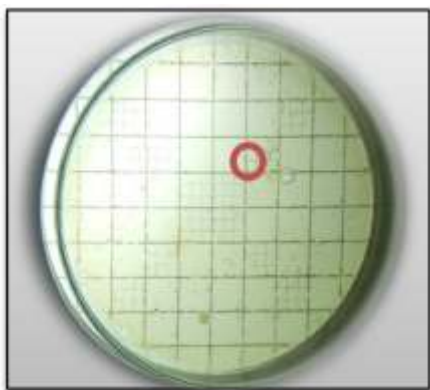
**Figura 3.** Granulometría del estrato A

Como se pudo observar en la Figura 3, la muestra del horizonte A presenta un coeficiente de uniformidad de 2,875 correspondiente a un suelo poco uniforme, esta gráfica también nos indica que es uniforme solo en la fracción de arenas finas. Por otra parte su coeficiente de curvatura es de 1,07 lo que nos muestra un suelo con margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

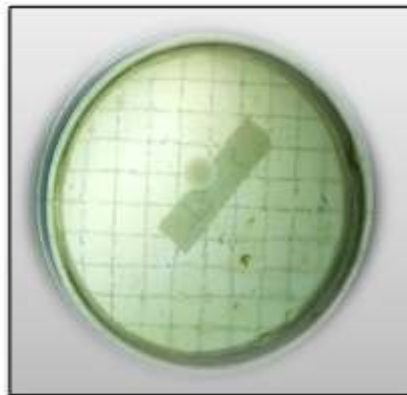
En el análisis se obtuvo 27,11 % de limo, 28,86 % de arena fina, 8,59 % de arcilla, 34,27 % de arena y 1,16 % de grava, de lo cual puede deducirse que a diferencia de la muestra del horizonte A este contiene un pequeño porcentaje de gravas, y su contenido en arenas es mayor, mientras su contenido de arcilla disminuye un poco, esto nos indica que en general el suelo posee las mismas características siendo este en su mayoría arenas con componentes limosos.

### 3.2. Conteo de bacterias

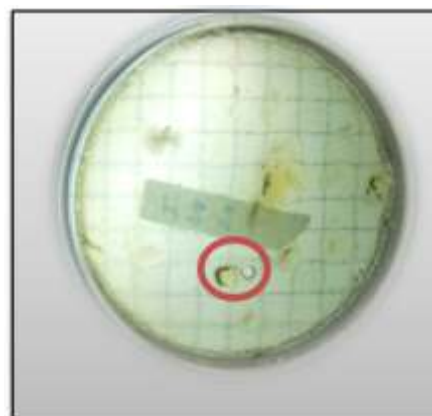
Después de la siembra realizada en los medios de cultivo en el laboratorio, los cuales se hicieron por triplicado para cada muestra, en la Figura 4 se pueden observar los resultados.

**Figura 4.** Conteo de bacterias para la muestra 1

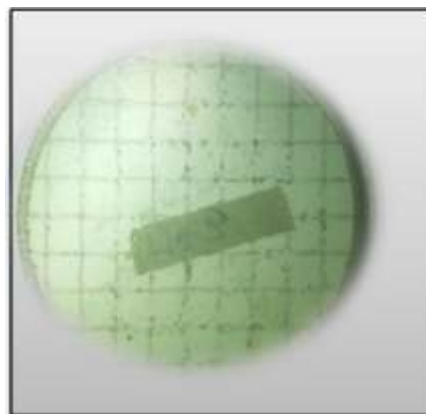
La siembra de bacterias se hizo para cuatro zonas diferentes por triplicado. En la primera zona se obtuvieron seis colonias de bacterias distribuidas una en la muestra 1 y 5 en la muestra 2, en la muestra tres no se obtuvieron colonias. El promedio en la zona 1 fue de 2 UFC existiendo en total dos millones de bacterias.

**Figura 5.** Conteo de bacterias para la muestra 2

En la Figura 5, y zona dos no se obtuvieron unidades formadoras de colonia en ninguna de las tres muestras que se realizaron.

**Figura 6.** Conteo de bacterias para la muestra 3

En la Figura 6, y zona tres se presentaron 1,7 UFC distribuidas de la siguiente manera: en la muestra 1 se formaron 4 UFC en la muestra dos 1 UFC y en la muestra tres no se formó ninguna colonia, presentándose en promedio 1'700.000 bacterias en la zona 3.

**Figura 7.** Conteo de bacterias para la muestra 4

Como se pudo observar en la Figura 7, la zona con mayor presencia de colonias fue la numero cuatro; la cual presento una mayor cantidad de bacterias, distribuidas así: 8UFC en la muestra 1, en la muestra dos y tres no se presentaron bacterias. El promedio de bacterias presentes en la zona cuatro fue igual a 2.7UFC (2'700.000 de bacterias).

**Figura 8.** Comportamiento de la cantidad de bacterias respecto del pH



Como se puede observar en la Figura 8, las colonias presentes en las siembras de cada muestra se mantienen en un intervalo de 1,5 UFC a 3 UFC y el pH no tiene mayor variación. También se ve que en la muestra numero dos no se formaron bacterias pese a que el pH no varió.

### 3.3. Características físicas del agua superficial

En la zona de toma de muestra del suelo se pudo observar que el lixiviado vertido en el lugar se encontraba estancado, lo que permitió realizar análisis a dicha sustancia líquida y poder obtener los siguientes resultados.

Los parámetros analizados fueron pH, temperatura, conductividad y DQO, para los cuales se obtuvieron valores de 6.38, 21.8 °C, 308 µS/cm y 84,6 mg/L O<sub>2</sub> respectivamente.

## 4. DISCUSIÓN

Según estudios realizados por Rodríguez, C. (2009) en Cenicafé, la pulpa puede ser utilizada como sustrato para el cultivo de hongos comestibles y lombriz roja. La pulpa de café generada en el proceso del beneficio en la vereda Alto de Reinas es utilizada por los productores en un 86,3 % para abono, mientras que el restante no la aprovecha, arrojándola directamente al suelo.

Así puede deducirse que el lixiviado de los subproductos de café presente en la zona, pudo tener incidencia en la disminución del pH y por consiguiente el crecimiento de bacterias pudo verse afectado considerablemente.

## 5. CONCLUSIONES

Según la clasificación UCSC de suelos granulares, las dos muestras de suelos tanto de los horizontes O y A, pertenecen a arenas con finos (cantidad apreciable de finos): Su símbolo es SM que indica que son arenas limosas, con mezclas de arena y limo mal graduadas. El horizonte A obtuvo un contenido de grava de 1,19 % con respecto al horizonte orgánico, el cual tuvo ausencia de este material, por ende, puede afirmarse que el primer horizonte tiene un mayor drenaje, menor porosidad y por consiguiente una menor capacidad para retener iones.

Las colonias presentes en las siembras de cada muestra se mantuvieron en un rango de 1,5 UFC a 3 UFC. Pese a que el pH no presentó alguna variación, la muestra número 2 no obtuvo ningún crecimiento de bacterias, lo cual pudo deberse a la dilución realizada para la siembra, la cual fue de 1:1'000.000.

Los parámetros analizados para el agua superficial contaminada por lixiviado fueron pH, temperatura, conductividad y DQO, para los cuales se obtuvieron valores de 6.38, 21.8 °C, 308 µS/cm y 84,6 mg/L O<sub>2</sub> respectivamente.

### 5.1. Recomendaciones

Al momento de realizar las siembras es importante realizar diluciones que no sean tan altas, para que el crecimiento de bacterias en los cultivos sea mayor.

Es importante revisar el tiempo atmosférico al momento del muestreo, debido a que la lluvia puede afectar los resultados del procedimiento.

Es importante además tomar muestras aleatorias a diferentes profundidades para poder observar los diferentes tipos de microorganismos que allí se desarrollan.

Si el suelo es de grano fino es importante realizar las pruebas de Atterberg, para determinar la plasticidad del mismo.

## 6. REFERENCIAS

Donrroso, C. (2005) Descontaminación de suelos. Universidad de Granada. Departamento de edafología y química agropecuaria. España. Recuperado de <http://edafologia.ugr.es/desconta/quimicas3.pdf>.

Maturi, K. Reddy, K. (2005) La retirada simultánea de los compuestos orgánicos y metales pesados metales de los suelos por la remediación electrocinética con una ciclodextrina modificada. Universidad de Illinois. Departamento de ingeniería civil y materiales. USA

Reddy, K. Cameselle, C. (2009) Electrochemical remediation technologies for polluted soils, sediments and groundwater. Wiley. USA. Pág.12.

Rodríguez, J. Vásquez, M. (2013) Evaluación de la electroremediación de Andisoles contaminados, mediante el análisis de las soluciones de lavado. Universitas Scientiarum. Volumen VIII. Colombia. Pág.15

