

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Formulación del Problema.

La contaminación en los suelos provoca su degradación, especialmente cuando en el suelo se depositan de forma voluntaria o accidental, diversos productos como papel, vidrio, plástico, materia orgánica, materia fecal, solventes, plaguicidas, residuos peligrosos o sustancias radioactivas y los residuos sólidos que pueden ser degradables o no degradables (sin cambios durante largo periodos) y otros, los cuales afectan de manera directa las características físicas, químicas y sobre todo biológicas del suelo, desencadenando con ello innumerables efectos sobre los seres vivos (Llovet, 2006). El abandono y las excesivas prácticas agrícolas provocan también su degradación y por consecuencia, un cambio en la calidad microbiológica y la productividad del suelo.

En la superficie del suelo del Parque Itchimbía se observan restos de escombros (plástico, material petreo y otros) que tienen una mínima degradación, lo que provoca un crecimiento lento en las plantas nativas que se utilizan para reforestar el parque y una disminución en la cantidad de microorganismos propios del suelo, que deben adaptarse a estas condiciones para sobrevivir.

Al verse afectada la calidad microbiológica del suelo, es evidente observar alteraciones en la evolución de la materia orgánica, edificación, fijación del nitrógeno, la capacidad de almacenamiento de carbono y la calidad ambiental. Al encontrarse el suelo deteriorado es necesario el añadir más cantidad de abonos orgánicos para poder recuperar su productividad (FAO, 2008).

Como se considera al compost un abono orgánico, y es utilizado en el Parque como abono y cuyo proceso de compostaje es realizado según las normas estándar.

Independiente del origen de los residuos y la tecnología aplicada en el proceso de producción del compost, debemos tener en cuenta que se deben cumplir normas de calidad

para evitar la producción de plagas y enfermedades a las plantas, animales y el hombre (Silva de Carry, 1999). El compost, específicamente, suele ser utilizado como el mejorador de algunas propiedades físicas, químicas y biológicas; es decir, la recuperación de suelos degradados y superficie alteradas.

La aplicación del compost en los suelos degradado aumenta la población microbiana existente (responsable de la mineralización de materia orgánica y liberación de nutrientes esenciales como N, P, C) por ende la producción de sustancias biológicas activas útiles para mejorar y promover el desarrollo especialmente de la vegetación existente (Carillo, 2007).

1.2. Justificación del Problema

En el Ecuador existe la degradación de los suelos agrícolas, parques y áreas verdes lo que es considerado entre los problemas ambientales más serios del país (Byers; White & Maldonado, 1991); este problema es causado por factores contaminantes, como la basura, agentes químicos y otros; reflejándose de forma directa sobre la degradación de la vegetación, de forma especial en la disminución o desaparición de la flora microbiana del suelo.

En la ciudad de Quito, el acelerado crecimiento poblacional ha generado producción de basura y desechos sólidos, llegando a un promedio de 1' 390 000 toneladas por año; siendo las dos terceras partes recolectadas por las empresas (Comercio, 2005). Una tercera parte de la basura producida por los quiteños es arrojada en áreas naturales como bosques, páramos, quebradas y espacios libres, con mayor grado de afectación en las zonas Centro y la Noroccidente de la ciudad (DMQ, 1998).

Hace algunos años el Parque Itchimbía fue invadido por más de doscientas familias, que provocaron la contaminación, degradación del suelo y la desaparición de especies (flora y fauna) propias de la zona, al no poseer medidas fitosanitarias y no contar con los servicios básicos (agua, alcantarillado), pero lo más evidente, fue que permitieron que se

arroje toda clase de basura (material pétreo, maderos, otros) sin ningún tratamiento; convirtiendo al parque en un botadero de escombros y refugio para la delincuencia (Fun. Vida para Quito, 2007).

Es necesario realizar un estudio de la calidad microbiológica del suelo. Según los estudios químicos realizados en el año 2000 (estudios para dar inicio a los programas de reforestación) el suelo se encontraba ácido, y los porcentajes de los elementos básicos, como el nitrógeno (0.55%), potasio y otros fueron menores a los estándares de calidad y el porcentaje de la materia orgánica (1.05% M.O.) fue mínima. En el año 2008 se realizó otra vez el análisis químico del suelo del Parque donde los resultados demostraron que se encuentra con un pH prácticamente neutro y en relación a los elementos básicos (N₂, C, P, otros y la materia orgánica) mantienen cantidades moderadas y similares a los encontrados en el anterior análisis, por lo que es necesaria la aplicación de abonos orgánicos y en este caso del compost para obtener un equilibrio microbiológico en el suelo.

Del compost elaborado en el Parque, fue necesario realizar previamente un análisis físico – químico, cuyos resultados demostraron que los elementos esenciales (C, N, P y otros) se encuentran en los porcentajes aceptables y requeridos para utilizarlo como fertilizante, por lo que es necesario su estudio microbiológico.

En la actualidad, los factores biológicos se han convertido en importantes instrumentos para valorar el manejo de los suelos, se acepta que la actividad de los microorganismos, no solo es un factor clave de la fertilidad del suelo, sino también de sensibilidad frente a procesos no deseables tales como la contaminación o el mal manejo (Acuña *et. al*, 2005). Los microorganismos del suelo como las bacterias, hongos y actinomicetos son responsables de transformaciones biogeoquímicas y de la intervención en el aprovechamiento de nutrientes, la solubilización y absorción de iones; características que la aplicación de abono (compost) debe retribuir al suelo, cuando se lo aplica para mejorar en calidad (Sivila, 1994). Todos estos procesos pueden ser evaluados a partir de las determinaciones de la biomasa microbiana, su actividad metabólica y el conteo de las poblaciones microbianas del suelo y el compost (Torres, *et al.*1997).

La información cualitativa y cuantitativa de la micro flora del suelo en nuestro país es muy escasa; en especial los suelos que han sufrido algún tipo de daño, de forma natural o provocado por el hombre (Palacios, 2003). De allí la importancia de iniciar investigaciones que permitan cuantificar la población microbiana en suelos que presentan un grado de contaminación como basura, insecticidas y derrames petroleros (Sivila, 1994).

El consorcio del Parque Itchimbía y la Dirección de Medio Ambiente del Parque (Municipio de Quito), establecen programas de reforestación y recuperación de la flora y fauna propia del lugar. Como primer paso se han realizado análisis físico- químico del suelo y del compost, pero no se ha realizado estudio de la población microbiana y de su actividad microbiológica en el parque.

En la presente investigación se realizó un estudio sobre la población microbiana como indicador de la calidad del suelo y del compost. Además de ser una fuente para establecer estrategias directas e indirectas para determinar el potencial de degradación en un suelo contaminado y proponer técnicas de remediación, en suelos que presentan características similares a la del Parque Itchimbía.

La biotecnología ambiental y el estudio de los microorganismos, por medio de las técnicas de la microbiología tradicional, junto con metodologías y aplicaciones biotecnológicas (Grijalva, 2007) son herramientas que permiten establecer o desarrollar métodos y mecanismos para mejorar la calidad de los suelos que presentan contaminación o alguna alteración biológica.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Evaluar la calidad microbiológica del suelo y del compost del Parque Itchimbía en el proceso de recuperación del suelo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Aislar hongos, actinomicetos y los grupos importantes de bacterias, de cada fragmento del suelo y del compost.
- Realizar un recuento de hongos, actinomicetos y los grupos más representativos de bacterias de cada fragmento del suelo y del compost.
- Identificar hongos, actinomicetos y los grupos importantes de bacterias, de cada fragmento del suelo y del compost.
- Comparar el tipo y número de hongos, actinomicetos y los grupos más representativos de bacterias de cada fragmento del suelo y del compost.

1.4. Marco Teórico

1.4.1. Calidad Microbiológica del Suelo

El suelo constituye un sistema complejo que alberga una gran riqueza de microorganismos, los cuales establecen relaciones muy variadas y contribuyen a conformar las características propias del suelo, participan en los ciclos del carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo, hierro y otros metales; aportan a la fertilidad del suelo y a la degradación de compuestos. Además, el crecimiento de la vegetación está condicionado por una amplia gama de microorganismos que viven en el suelo y que se encuentran también alrededor de las raíces (Grant & Long, 1999).

1.4.1.1. Calidad del Suelo

Se define a la calidad del suelo como “la capacidad funcional de un tipo específico de suelo para sustentar la productividad animal o vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, sostener el asentamiento y la salud de los seres humanos, con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo” (Aster ,2004).

Las funciones específicas que representan la calidad del suelo incluyen : a) captar, mantener y liberar nutrientes y otros compuestos químicos; b) captar, mantener y liberar agua a la vegetación cercana; c) mantener un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica del suelo (Brejda y Mooman , 2001).

El suelo no posee estándares de calidad definidos, esto se debe a su variabilidad y a otros factores que afectan su funcionamiento, lo que dificulta definir, medir y regular la calidad de este recurso. Los indicadores para determinar la calidad de suelo (Cuadro 1.1), dependen del ecosistema y las características que posee; además permiten analizar la situación actual e identificar puntos críticos con respecto a la sustentabilidad del suelo como medio productivo o como recurso natural, importante para la manutención de la biodiversidad. Los indicadores utilizados de forma directa corresponden a las

características físicas, químicas y biológicas del suelo. Los indicadores biológicos generalmente se refieren a la abundancia y subproductos de los organismos, en los cuales están incluidas bacterias, hongos, actinomicetos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos (Bautista *et al.*, 2004).

Cuadro 1.1. Conjunto de indicadores físico, químicos y biológicos de la calidad del suelo. (Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994).

PROPIEDAD	Relación con las funciones y condiciones del suelo
Indicadores Físicos	
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos
Profundidad del suelo	Estima la productividad potencial y la erosión.
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad.
Capacidad de retención del agua	Relación con la retención de agua, transporte; humedad aprovechable, textura y materia orgánica
Indicadores Químicos	
Materia Orgánica	Define la fertilidad del suelo; estabilidad.
pH	Define la actividad química y biológica.
Conductividad Eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana.
P, N y K extractable	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental.
Indicadores Biológicos	
C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica.
Respiración contenido de humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N
Número de Organismos	Diversidad: composición y número de especies

La población de microorganismos es uno de los parámetros que busca establecer estándares de calidad para el recurso suelo, por ser sensibles a los cambios generados por su uso (Cerón y Melgarejo, 2005). El número y variedad de organismos del suelo también está relacionado con la aparición y control de enfermedades en los vegetales; ya que existe una alteración del equilibrio natural por la manipulación inadecuada de los suelos, condiciona el surgimiento de fitopatógenos y la disminución de microorganismos benéficos. La evaluación de las poblaciones biológicas permite reconocer el estado

nutricional y de salubridad de un suelo, por lo que se lo considera un excelente indicador ambiental (Aster, 2004).

14.1.2. Microbiología del Suelo

Los microorganismos del suelo son los componentes más importantes y constituyen su parte viva, son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo del suelo. Entre los microorganismos presentes están bacterias, actinomicetos y hongos (Alexander, 1980). Entre las funciones más importantes que cumplen asociadamente en los procesos de transformación están:

- Suministro directo de nutrientes (fijación de nitrógeno).
- Transformación de compuestos orgánicos que la planta no puede tomar a formas inorgánicas que si pueden ser asimiladas (mineralización); como proteínas hasta aminoácidos y nitratos.
- Solubilización de compuestos inorgánicos (fosfato tri-cálcico a fosfato mono-cálcico) para facilitar la absorción por las plantas.
- Cambios químicos en compuestos inorgánicos debido a procesos de oxidación y reducción.
- Aumento del desarrollo radicular en la planta que mejora la asimilación de nutrientes, la capacidad de campo y el desarrollo.

Los microorganismos cumplen su actividad en la superficie del suelo hasta unos 20 centímetros de profundidad , estos se debe a que permanecen adheridas a las partículas de arcilla y humus (fracción coloidal) y a las raíces de las plantas que les suministran sustancias orgánicas, que sirven de alimento y estimulación en su reproducción (Delgado, 2005). Por lo tanto, mientras algunos microorganismos actúan sobre un substrato, otros se desarrollan en los productos de la transformación. La población microbiana es la que proporciona nutrientes de forma permanente para que el suelo sea fértil y pueda alcanzar un balance que permita el desarrollo ambiental.

A continuación se presentan algunos de los grupos funcionales utilizados en el análisis de la calidad microbiológica del suelo, con los valores normales de las poblaciones en suelos productivos y fértiles (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Valores observados de microorganismos en el suelo. Uribe, 1999.

GRUPOS FUNCIONALES	UFC x 1000/ g de suelo
Bacterias	1000-100 000
Actinomicetos	100- 10 000
Hongos	1-100

14.1.2.1. Bacterias del Suelo

Son los microorganismos más abundantes y pequeños (0,1 a 1 micras). Las bacterias del suelo pueden ser aerobias estrictas, anaerobias facultativas, microaerófilas o anaerobias estrictas); pueden tolerar pH ácido (acidófilas), pH básico (basófilas). Superan en número y en tipos a todos los microorganismos del suelo (Delgado, 2005).

Las bacterias del suelo se encuentran formando colonias alrededor de partículas que se las considera como fuentes de energía. Algunas bacterias pueden producir esporas como forma de resistencia y sobrevivencia a las condiciones desfavorables para su desarrollo.

La riqueza en biodiversidad se presenta en las bacterias que incluyen un número elevado de especies. Las bacterias que se encuentran de forma abundante en el suelo son pequeños bastones de morfología variable. La proporción de bacterias Gram positivas en el suelo no es elevada ya que predominan en número las bacterias Gram negativas (Atlas, 2001).

Entre los géneros más frecuentes de bacterias del suelo se encuentran *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus* (formadoras de esporas que sobreviven en un rango de pH de 2 a 8 y poseen una habilidad de degradar compuestos

químicos orgánicos), *Brevibacterium*, *Caulobacter*, *Celullomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Xanthomonas*. Entre las principales poblaciones de bacterias fotos autótrofas se encuentran los géneros de cianobacterias *Anabaena*, *Catohrix*, *Chroococcus*, *Cylindrospermum*, *Lyngbya*, *Microcoleus*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Plectonema*, *Schizothrix*, *Scytonema* y *Tolypothrix*. Las bacterias de la especie *Azotobacter* son importantes heterótrofos de vida libre, que puede fijar el nitrógeno atmosférico. Algunas especies anaerobias de *Clostridium* también pueden fijar nitrógeno del suelo; *Rhizobium* es una especie de crecimiento lento, también fijan nitrógeno atmosférico dentro de nódulos de determinadas plantas (Atlas, 2001). Las bacterias nitrificantes también se encuentran en la microbiología del suelo, en especial del género *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* (Alexander, 1980). Del género *Nostoc*, aportan tanto nitrógeno como carbono orgánico en algunos hábitats del suelo (Burges, 1971).

Otras bacterias tienen la capacidad de solubilizar compuestos ricos en fósforo, que no están disponibles para las plantas, mediante su actividad fisiológica de secretar ácidos orgánicos y enzimas denominadas fosfatasas, por lo que proporciona la liberación de fósforo para que las plantas puedan aprovecharlo (Ferrea & Alarcón, 2001). El género *Bradyrhizobium* es un género bacteriano del suelo que tiene la capacidad de solubilizar compuestos de fósforo inorgánico, como también la capacidad para fijar nitrógeno. Por su taxonomía, algunas bacterias que se encuentran en el suelo, son las bacterias globiformes, como el género *Arthrobacter*, en la familia *Corynebacteriaceae*, especies que descomponen la celulosa al igual que las bacterias del género *Cellulomonas*. Las *Arthrobacter* y *Nocardia* son bacterias del tipo corniformes colonizan una gran variedad de micro ambientes. En el suelo, también se encuentran en menor proporción las bacterias del género *Beijerinckia*, *Dexia*, *Azomonas*, y otros (Burgues, 1971).

1.4.1.2.2. Hongos del Suelo

Los hongos constituyen la segunda porción más elevada de la biomasa microbiana del suelo y se presentan generalmente como finos filamentos. La distribución de los hongos

en el suelo está determinada por la disponibilidad de carbono orgánico. Son considerados como saprofitos, es decir que crecen en tejidos muertos y realizan la descomposición de la materia orgánica y generalmente se encuentran en la capa superior del suelo (Coyne, 2000).

Los hongos tienen la habilidad de descomponer residuos orgánicos como los azúcares, proteínas, almidón y compuestos más resistentes como hemicelulosa y lignina, lo que permite mantener un equilibrio en los ecosistemas del suelo (Casanova, 1991). Los hongos representan un gran depósito de nutrientes para el crecimiento potencial de microorganismos, y subsisten en el suelo debido a los mecanismos de esporas y sus estructuras de reposo. Los hongos del suelo metabolizan carbohidratos y pueden degradar lignina; este tipo de microorganismos son cuantificables (Casanova, 1991). Las raíces de las plantas con exudaciones radiculares están pobladas de hongos, que movilizan los nutrientes hacia las plantas y aumentan la capacidad de retener agua, fijar nitrógeno y solubilizar fósforo. Adicionalmente, protegen a las raíces de patógenos, emitiendo sustancias que inhiben su crecimiento (Olalde *et al.* 1998).

Los grupos importantes de hongos que se encuentran en el suelo son Zygomycota, Ascomycota, Deuteromycota y Basidiomycota. La mitad de los hongos que generalmente se aíslan del suelo pertenecen a los deuteromicetos, los géneros *Penicillium*, *Geotrichum*, *Aspergillus* y *Trichoderma*. (Benzina, 2001). El género *Trichoderma* está compuesto por hongos que se encuentran en forma natural, en casi todos los suelos. Otros géneros que se encuentran en el suelo, muy raramente ya que son considerados como patógenos para las plantas son los Oomicetos (*Pythium* y la *Phytophthora*) y hongos complejos como *Agaricus urenidales*, estos últimos causantes de la putrefacción de la madera. La patogenicidad por hongos es una característica que se origina en el suelo, las especies que son saprofitas pueden invadir tejidos vivos y comportarse como agente patógeno. Solo una pequeña cantidad de hongos del suelo causan enfermedades a los vegetales y la provocan con frecuencia los géneros: *Armillaria*, *Helminthosporium*, *Ophiobolus*, *Plasmodiophora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Verticilium*, *Thielaviopsis*, *Phytium*, *Fusarium* (Sánchez, 2004).

Las levaduras frecuentes en el suelo son hongos imperfectos (deuteromicetes). Los géneros de levaduras que se encuentran en el suelo son los siguientes: *Candida*, *Rhodotorula* y *Cryptococcus* y las especies como *Lipomyces*, *Schuwanniomyces*, *Kluyveromyces*, *Schizoblastoporiom*, *Hansenula* y *Cryptococcus* todas se han aislado únicamente del suelo (Atlas, 2001).

1.4.1.2.3. Actinomicetos del Suelo

Los actinomicetos son procariotas cuyo aspecto resulta ser similar a los hongos y constituyen de un 10 a un 50 % de la población microbiana del suelo y se encuentran de forma abundante en suelos que no presentan un elevado grado de contaminación (Coyne, 2000). Los actinomicetos pueden ser organismos aerobios, por lo que no crecen en suelos húmedos; por otro lado no toleran el desecamiento aunque sus esporas, si lo hacen. Los actinomicetos soportan condiciones alcalinas pero no toleran ambientes ácidos. No se los consideran como buenos competidores en el consumo de sustrato fácilmente degradables, aunque degradan quitina y celulosa.

Existen indicios de que los actinomicetos abundan en tierras volcánicas en comparación con otro tipo de suelo. Existen actinomicetos acidofílicos, ya que se mantienen en un pH de 3.5 a 4.5 y son de gran importancia en la industria, por ser fuente de compuestos anti fúngico y enzimas; también tienen un rol en la descomposición de biomasa de hongos en hojarasca y suelos ácidos (Rodríguez, 2000). Entre los principales géneros de actinomicetos tenemos: *Nocardia*, *Rhosococcus* *Streptomyces* (producen antibióticos), *Frankia* (fijadores de nitrógeno), *Mycobacterium*, *Micromonosporas*, *Streptosporanguim*, *Chainia*, *Agromyces*, *Thermoactinomyces* y otros. Un 90 % de los actinomicetos del suelo pueden ser *Streptomyces*, son las causantes del olor a tierra mojada, características que se produce por una serie de metabolitos de estreptomicetos denominados geosminas; antibióticos que juegan un papel importante la medicina.

1.4.2. Calidad Microbiológica del Compost

Los microorganismos desintegradores y transformadores de la materia orgánica se multiplican cuando tienen a su disposición energía y nutrientes. Es el principio de lo que se conoce como **compostaje**; aunque se lo considera generalmente como un proceso fortuito.

El compostaje es un conjunto de procesos biológicos interdependientes realizados por una elevada población de microorganismos aerobios como anaerobios, dando lugar un producto estable llamado "compost" (Stofella & Khan, 2004), por lo que en el proceso de compostaje se obtendrá una reducción en la cantidad de desechos, demanda biológica limitada de oxígeno de los desechos, mejora de sus características físicas y facilidad en su manipulación, como también la reducción de los agentes patógenos, para humanos animales y vegetales (Opazo, 1991).

1.4.2.1. Calidad del Compostaje

La calidad del compost está inicialmente determinada por el material original (composición de los materiales, grado de digestión y contenido de nutrientes), el contenido de materia orgánica, niveles máximos de elementos trazas, niveles máximos de materia inerte y por el sistema de compostaje (Stofella & Khan, 2004).

La calidad de un compost incluye la estabilidad y madurez, también factores, como por ejemplo, la presencia de metales pesados, granulometría, contenido en nutrientes esenciales para las plantas a dosis reducidas. Se han usado tradicionalmente parámetros físicos- químicos, junto con los microbiológicos como índices o requerimientos de calidad del compost (Estrada & Górmuez, 2006). Los índices microbiológicos son utilizados como medida de garantía higiénica y sanitaria para el uso del compost; se debe a la presencia de elementos y sustancias que pueden afectar negativamente a las propiedades del suelo y al ser humano como: la salinidad, presencia de metales pesados y la presencia de patógenos.

La calidad microbiológica del compost se debe evaluar de forma similar a la del suelo. Un análisis estándar del contenido microbiológico del compost, se determina por la concentración de seis grupos funcionales de microorganismos, tal como se muestra en el cuadro 1.3.

Cuadro 1.3. Valores de los índices de calidad microbiología del compost (Bonilla y Mosquera, 2007).

GRUPOS FUNCIONALES	COMPOST UFC/g de suelo
Bacterias	5×10^{10}
Actinomicetos	$1 \times 10^4 - 1 \times 10^8$
Hongos	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^7$
Bacterias fijadoras de Nitrógeno	1×10^5
<i>Pseudomonas</i>	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^4$
Coliformes fecales	Ausentes
<i>Salmonella</i>	Ausente en 25 g de compost

1.4.2.2. Propiedades de Compost:

Para garantizar la calidad del compost se deberá tener en cuenta el óptimo de sus propiedades como:

A. Propiedades Físicas:

A.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad puede expresarse refiriéndose al peso o al volumen aunque se refiere a una fracción del peso total del compost. El contenido de humedad óptimo del proceso de compostaje deberá estar entre el 50% y el 60% en peso (Haug, 1993). El compost debe estar húmedo, pero no empapado; para el crecimiento y la actividad

de microbios se requiere de un nivel de humedad suficiente para mantener capas de agua sobre superficies sólidas y facilitar el movimiento o la difusión de compuestos solubles.

A.2. Densidad

La densidad o el peso de la unidad de volumen de un compost, se da por el contenido de humedad de la materia orgánica, la distribución del tamaño de las partículas y el grado de descomposición (Muñoz, 2005).

A.3. Aireación

El suministro de aire para todo el proceso de compostaje es básico, proporciona oxígeno a los organismos y elimina el dióxido de carbono. El oxígeno es necesario para el metabolismo de los microorganismos aeróbicos y la oxidación de determinadas moléculas orgánicas (Opazo, 1991).

A.4. Temperatura

El proceso de compostaje consiste en una serie de fases de temperatura controlada, cada una de las cuales es realizada por un grupo de microorganismos. Una masa en proceso de compostaje hay que considerarla como un ecosistema microbiano con una sucesión de poblaciones relativamente rápida, puesto que en unos pocos días se alcanzan temperaturas de 55 °C. El proceso es aerobio. La mezcla periódica de la materia para realizar el compostaje asegura el oxígeno y humedad adecuada (Cuadro 1.4.).

Cuadro 1.4. Biología del compostaje aerobio. Hans, J. (2000).

Fase	Tiempo	Temperatura	Evaluación de especies
Residuos Frescos	> 1 día	Ambiente	Insectos, gusanos y huevos, protozoarios, semillas de hierbas, patógenos, bacterias, hongos
Fase mesofílica	15 horas	20 a 50 °C	Eclosión huevos, larvas, huída de insectos, bacterias y hongos mesofílicos
Primera Fase Termófila	56 Horas	50 a 65 °C	Dstrucción huevos de larvas insectos. Inicia destrucción de patógenos, bacterias y hongos termófilos
Segunda fase Termófila	12 días	65 a 75 °C	Dstrucción de Patógenos, Bacterias termófilas y desaparición de hongos
Fase Termófila Final	15 días	75 a 45 °C	Dstrucción final de patógenos. Bacterias termófilas y Actinomicetos
Maduración	20 días	45 a 25°C	Desaparición de Bacterias termófilas y mesofílicas, Antibióticos, libre de patógenos.

De acuerdo a este parámetro el proceso se divide en cuatro etapas:

a.- Etapa Mesofílica: En esta etapa abundan las bacterias mesofílicas (108 bacterias/ g de suelo) y hongos mesofílicos (106 hongos/ g de suelo). El número de actinomicetos permanece relativamente bajo (104 actinomicetos/ g de suelo). Debido a la actividad metabólica de todos estos microorganismos, la temperatura aumenta hasta 40°C, el pH disminuye desde un valor neutro hasta 5,5-6, debido a la descomposición de lípidos, de glúcidos en ácidos pirúvicos y de proteínas en aminoácidos, lo que favorece la aparición de hongos mesofílicos más tolerantes a las variaciones del pH y humedad. El color en esta etapa aún es claro y el olor a frutas, verduras y hojas frescas.

En la primera etapa se debe mantener el agua a 40-60%, el agua distribuye los nutrientes por la masa (C, N, P, K, B, Ca, Mg, Na y otros), según Stofella & Khan ,2004.

b.- Etapa Termofílica: la temperatura continúa ascendiendo hasta llegar a valores de 75° C, las poblaciones de bacterias y hongos mesofílicos mueren o permanecen dormidas mientras que las bacterias termofílicas (109 bacterias/ g de suelo húmedo), actinomicetos (108 actinomicetos/ g de suelo húmedo) y hongos termofílicos (106 hongos/ g de suelo

húmedo), se encuentran en su óptimo, generando incluso más calor que los mesófilos. La degradación de los ácidos obtenidos en la etapa anterior provoca el incremento del pH, que se encuentran desde 5,5 hasta 7,5, el cual permanece constante hasta el final del proceso. El color del compost se pone más oscuro paulatinamente y el olor original se comienza a sustituir por olor a tierra. Es en esta etapa cuando comienza la esterilización del residuo.

c. - Etapa de Enfriamiento: una vez que los nutrientes y la energía comienzan a escasear, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la pila desciende desde los 75 °C, hasta la temperatura ambiente, provocando la muerte de estos y la reaparición de microorganismos mesofílicos al pasar por los 40-45 °C, estos dominarán el proceso hasta que toda la energía sea utilizada.

d.- Etapa de Maduración: la temperatura y pH se estabilizan; en el caso de presentarse ácido, el compost nos indica que todavía no está maduro. El color del producto final debe ser negro o marrón oscuro y su olor a tierra de bosque y no visualizar los residuos iniciales (Stofella & Khan, 2004).

A.5. Tamaño de las Partículas

El tamaño de las partículas es una de las propiedades físicas que nos indican la retención de la humedad, el espacio libre y la porosidad del compost.

B. Propiedades Químicas

B.1. Carbono Orgánico

La concentración total de carbono orgánico de un compost es un indicador de su concentración en materia orgánica y los microorganismos necesitan de este elemento como fuente esencial de energía.

B.2. Nitrógeno

El contenido total de N del compost puede variar según la materia prima, las condiciones de proceso, la maduración y el almacenaje. En el transcurso del proceso de compostaje, el contenido de nitrógeno se disminuye, con la volatilización del amoníaco. Los microorganismos utilizan del nitrógeno para la síntesis de proteínas junto con otros elementos (Hans, 2000).

B.3. Acidez / alcalinidad (pH)

La escala de valores del pH en la mayor parte de los compuestos acabados varía entre 6.0 y 8.0. El valor final del pH de un compost depende de la materia prima, del proceso de fabricación y la adición de cualquier sustancia. Al no tener un control del la acidez o la alcalinidad del compost, este puede ocasionar un daño en el desarrollo de la planta. El pH óptimo se sitúa cerca del valor neutro, y el rango está situado 5.5 y 8.5, si bien hay que evitar niveles de pH extremos .Un pH de 6.5 a 7.2 se lo considera ideal.

B.4. Relación C/N

Es la mezcla de materiales de origen vegetal y animal para procurar un contenido aceptable de todos los nutrientes esenciales. Es importante mantener un buen equilibrio entre los materiales ricos en carbono y los ricos en nitrógeno, para que la relación C/N se mantenga entre 25 y 35. Una relación elevada retrasa la velocidad de humificación y un exceso de N ocasiona fermentaciones no deseables. La mezcla debe ser rica en celulosa, lignina (restos de poda, pajas y hojas muertas) y en azúcares (hierba verde, restos de hortalizas). El nitrógeno será aportado por el estiércol, el purín, las leguminosas verdes y los restos de animales de mataderos (Alexander, 1999).

1.4.2.3. Microbiología del Compost

El compostaje es un proceso complejo en el que intervienen una amplia gama de microorganismos que atacan a los residuos orgánicos. Los principales microorganismos que se encuentran presentes en el proceso son: hongos, bacterias (responsables del 95 % de la actividad de descomposición), actinomicetos y posiblemente también protozoos y algas (Stofella & Khan, 2004).

1.4.2.3.1 Bacterias del Compost

Las bacterias predominan en la actividad microbiana del compostaje aún más que los hongos. La población real de las bacterias depende del tipo de material básico, de las condiciones locales y de las enmiendas utilizadas (Viera, 2004). Se ha identificado diversas especies de bacterias en el compostaje de los residuos agrícolas pertenecientes al género *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthorbacter* y *Alcaligenes* (Lugo, 2005).

En la primera etapa del compostaje se encuentra un gran número de especies, en la que predominan bacterias Gram negativas y entre ellos están *Streptococcus sp.*, *Vibrio sp.* y bacterias Gram positivas como *Bacillus sp.*, con al menos 2000 cepas. Algunas de estas sobreviven la fase termofílica en las capas exteriores de la compostera o en forma de esporas, pero la mayoría emigran posteriormente desde fuera. En la fase termofílica las bacterias del género *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus lichenniformis*, *Clostridium thermocellum*, *Thermomonospora*, *Thermoactinomyces* (Atlas, 2001). Pero una gran variedad de bacterias decrecen al aumentar las temperatura (Stofella & Khan, 2004).

1.4.2.3.2. Hongos del Compost

Los hongos se presentan en el proceso de compostaje al mismo tiempo que el actinomiceto. Se han identificado dos formas de desarrollo de los hongos (mohos y levaduras). Las especies encontradas de hongos celulíticos en los materiales de compost son del género *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma* y *Chaetomium*. También

están presentes los *Basidiomycetos* que juegan un papel importante en la degradación de la lignina. En la fase mesofílica los hongos dominantes que se encuentran en una temperatura entre 35 y 45°C., son las especies *Paccclomyces variotii*, *Sctalidium thermophilum*, un basidomiceto no identificado y *Thermomyces lanuginosus* aunque esta última especie se la considera termofílica. También se encuentran hongos en el proceso termofílico de producción del compost como *Geotrichum candidum*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor pusillus*, *Chaetomium thermophile*, *Thermoascus auranticus*, *Torula thermophila* (Atlas, 2001).

Aunque algunos hongos son de tamaño muy pequeño, la mayor parte de ellos son visibles bajo la forma de cuerpos fructíferos (champiñones) por todo el montón de compost. El *Aspergillus fumigatus* es un moho considerado como degradador de la celulosa y la hemicelulosa; las esporas de esta especie toleran fácilmente temperaturas superiores a los 60 °C por lo es dominante. El correcto proceso de compostaje es el que mantiene una población activa y previene la reactivación de las bacterias patógenas (Stofella &Khan, 2004).

1.4.2.3.3. Actinomicetos del Compost

Los actinomicetos pertenecen al orden Actinomicetales, no se encuentran de forma abundante en todo el proceso, hasta que se termine; para confirmar la presencia de actinomicetos en el compostaje, estos se presentan con un aspecto grisáceo (Stoffella y Khan, 2004). Algunas especies de actinomicetos pertenecen a los géneros *Micromonosporas*, *Streptomyces* y *Actinomyces* son los que se encuentran de forma frecuente en el material del compost; dichas especies pueden formar esporas capaces de soportar la escasa humedad, esto se debe a que los actinos degradan compuestos celulítico y en algunos casos también pueden degradar compuestos lignificados de la madera .

1.4.3. Contaminación del Suelo

El deterioro del suelo es frecuente en las ciudades y sus alrededores, pero se presentan en cualquier parte donde se arroje basura o sustancias contaminantes al suelo, al agua o al aire. Cuando la basura es arrojada al aire libre, ésta permanece en un mismo lugar durante mucho tiempo, parte de la basura orgánica (residuos de alimentos como cáscaras de fruta) se fermenta, produce mal olor y gases tóxicos, que al filtrarse a través del suelo en especial cuando éste es permeable se contamina con hongos, bacteria y otros microorganismos patógenos (productores de enfermedades). También las aguas superficiales y las subterráneas se contamina interrumpiendo los ciclos biogeoquímicos y contaminando las cadenas alimenticias (Santamaria *et.al*, 2001). Un ambiente contaminado es el que degrada la calidad e impide la actividad normal del suelo (Fuentes, 2002), porque se encuentra contaminado por agentes tóxicos o infecciosos que causan directa o indirectamente una pérdida reversible e irreversible de las condiciones normales del medio.

Las causas más comunes para la pérdida de calidad del suelo son:

- Erosión

La erosión corresponde al arrastre de las partículas y las formas de vida que conforman el suelo por medio del agua (erosión hídrica) y el aire (erosión eólica). Generalmente esto se produce por la intervención humana debido a las malas técnicas de riego (inundación, riego en pendiente) y la extracción descuidada y al destajo de la cubierta vegetal (sobre pastoreo, tala indiscriminada y quema de la vegetación).

- Contaminación

La contaminación de los suelos se produce por depositar sustancias químicas y basuras. Las primeras pueden ser de tipo industrial o domésticas, sea a través de residuos líquidos o como aguas servidas de las viviendas (Santamaría *et.al*, 2001). Los suelos sufren contaminación por residuos de pesticida y otros productos agroquímicos. También sufren contaminación los suelos por la mala eliminación y ausencia de tratamientos de basura, el vertido ilegal de residuos industriales.

- Desertificación

Las principales causas de desertificación son la erosión hídrica, los cambios climáticos, sobrepastoreo, la deforestación, los incendios forestales, la extinción de especies nativas de flora y fauna y la expansión urbana.

1.4.3.1. Fuentes de Contaminación

Se considera a todo tipo de contaminantes que provoca la pérdida del suelo y está presente durante décadas.

Clasificación de los residuos

- a) Residuos Inertes: Son desechos de características abrasivas que no necesitan tratamiento alguno para su disposición en el medio ambiente. No representan riesgo alguno para el medio ambiente
- b) Residuos Urbanos o Asimilables a Urbanos: Son los residuos que necesitan ser fermentados y combustibles obtenidos en las distintas actividades que realiza la población.
- c) Residuos Especiales: Estos suponen un grave riesgo para la salud humana y el medio ambiente: requieren por lo tanto de un tratamiento especial.
- d) Residuos Tóxicos Peligrosos: Son aquellos materiales que siendo el resultado de un proceso de producción o transformación, en su composición contienen sustancias o materiales constituyentes, en una concentración que da un carácter de peligrosidad.
- e) Residuos Radiactivos: Son materiales de desechos que contienen nucleoides inestables. Esta propiedad que presentan los núcleos de algunas especies atómicas

consiste en una desintegración espontánea de los mismos, con emisión de partículas y radiaciones electromagnéticas (Torres, *et al.*1997).

1.4.3.2. Efectos de la Contaminación del Suelo

La presencia de contaminantes en un suelo muestra la existencia de efectos nocivos para el hombre, la fauna y la vegetación. Estos efectos tóxicos dependerán de las características toxicológicas de cada contaminante y su concentración. De forma general, la presencia de contaminantes en el suelo se refleja de forma directa sobre la vegetación induciendo su degradación, la reducción del número de especies presentes en el suelo y más frecuentemente la acumulación de contaminantes en las plantas. Los microorganismos pueden contribuir a la creación de una biomasa estéticamente desagradable o genera metabolitos tóxicos.

- En el hombre, los efectos se restringen a la ingestión y a la contaminación de la piel.
- En otros casos, se produce una disminución de la presencia de las sustancias químicas favorables para la asimilación por las plantas.
- Degradación paisajística: la presencia de vertidos y acumulación de residuos en lugares no acondicionados, generan una pérdida de calidad del paisaje (Grant, 1989).

1.5. HIPÓTESIS

La presencia y la cantidad de los microorganismos totales y de los grupos funcionales demuestran que el suelo y el compost del Parque Itchimbía poseen calidad microbiológica apta para seguir con su proceso de recuperación, y están dentro del rango (10^3 UFC y 10^6 UFC/ g de suelo) que reporta la literatura como suelos normales.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Participantes

La presente investigación fue realizada en el Laboratorio de Microbiología de la carrera de Ingeniería en Biotecnología, ubicados en el campus de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), ubicada en la Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, Sangolquí.

Entre los colaboradores del proyecto se encuentra:

- Lic. Alma Koch, M.Sc.
- Ing. Marco Taipe
- Coordinación de Educación y Medio ambiente del Parque Itchimbía (Fundación Vida para Quito).

2.2. Zona de Estudio:

2.2.1. Se realizó el estudio a partir de muestras de suelo tomadas en el Parque Itchimbía en la ciudad de Quito, el mismo que se encuentra dividido en áreas y de las cuales se tomaron ocho (Anexo A). Todas están ubicadas en la cima y en las laderas de la loma Itchimbía, a una altitud de 2900 msnm, en la ciudad de Quito. La temperatura varía entre los 10 a 25 grados centígrados.

2.2.2. Las dos composteras en las que se preparan el compost, utilizado en el Parque, se encuentran ubicadas cerca de la quebrada sur a una distancia de 3Km cada una (Anexo B).

2.3. Período de Investigación

El estudio de la calidad microbiológica del suelo y del compost del parque Itchimbía, se inició en el mes de abril del 2008 y se finalizó en el mes de septiembre del 2008.

2.4. Diseño Experimental y Estadística Utilizada

2.4.1. Suelo

- 1) Número de Observaciones : 3
- 2) Unidad Experimental : una muestra de suelo; número de microorganismos presentes en Unidades formadoras de colonia por gramo de suelo (UFC / g)
 - a) Área Total Parque en estudio : 40 Ha
 - b) Área por cada zona :0,5 a 4 Ha
 - c) Subárea en estudio : 100m² a 200m²

2.4.1.1. Esquemas del análisis estadístico

- Se usó un muestreo sistemático estratificado aglomerado. A las ocho áreas de estudio se las dividió en sub áreas de tamaños diferentes (cada 100 a 200 pasos).
- Se realizó una selección de las sub áreas y en el centro de cada una, se tomaron una muestra para su análisis microbiológico.
- Se utilizó una estadística descriptiva con los datos de las muestras tomadas, frecuencias, contajes y porcentajes.
- El análisis de variancia (ANOVA), fue utilizado para establecer la diferencias entre los microorganismos totales y los grupos funcionales en la muestras de suelo, utilizando un DCA con diferente número de observaciones.
- La prueba de Tukey (P<0,05) fue utilizada para establecer las diferencias de las poblaciones de organismos específicos en el suelo.
 - Variables en estudio (Dependientes) :
 - Población total de bacterias
 - Población total de hongos
 - Población total de actinomicetos
 - Organismos fijadores de Nitrógeno
 - Organismos celulíticos

- Organismos solubilizadores de fósforo
 - Bacilos Gram negativos.
 - *Pseudomonas*
- ◆ Variables en estudio (Independiente) :
- Áreas de estudio (8)

2.4.2. Compost

Las dos composteras que posee el Parque Itchimbía, tienen de 20 pilas, de un metro cuadrado cada una (Anexo B).

- 1) Número de Observaciones : 3
- 2) Unidad Experimental : una muestra de suelo; número de microorganismos presentes en Unidades formadoras de colonia por gramo de suelo (UFC / g)

2.4.2.1. Esquemas del análisis estadístico

- Se aplicó un diseño completamente al azar con tres repeticiones.
 - Se utilizó una estadística descriptiva con los datos de las muestras tomadas, frecuencias, contajes y porcentajes.
 - El análisis de variancia (ANOVA), se lo realizó después de obtener los datos de los organismos totales, de los grupos funcionales y se estableció sus diferencias con respecto a cantidad y presencia.
 - Se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$), para establecer las diferencias de las poblaciones de organismos en estudio del compost.
- Variables en estudio (Dependientes) :
 - Población total de bacterias
 - Población total de hongos
 - Población total de actinomicetos

- Organismos fijadores de Nitrógeno
 - Organismos celulíticos
 - Organismos solubilizadores de fósforo
 - Bacilos Gram negativos
 - *Pseudomonas*
- ◆ Variables en estudio (Independiente)
- Composteras (2)

2.5. Materiales

2.5.1. Materiales, Reactivos y Equipos

Los materiales utilizados para la fase de campo y de laboratorio fueron.

2.5.1.1. Materiales de campo en el muestreo

-2 palas de mano para la recolección de las muestras del suelo y compost, 1 barreta, cajas de Fundas Ziploc (herméticas), 1 caja isopor, guantes estériles, balde, machete.

2.5.1.2 Materiales de Laboratorio

-Tubos de vidrio de 15 mL, cajas petri de vidrio, enlemeyer de 500 mL, matraces, botellas de cultivo 1000mL., vasos de precipitación, probetas, bandejas, porta-tubos, pinzas, agitadores magnéticos, asas microbiológicas, espátulas, triangulo de expansión, pipetas (1mL y 10mL), guantes estériles, mascarilla., balanza analítica, autoclave, incubadora, estufa, destiladora, mecheros, refrigerador, plancha de calentamiento (Magnetic stirrer MSH 300, BOECO Germany), microscopio (Olympus).

2.5.1.3. Reactivos

1. Agar nutritivo (Difco,500g)
2. Agar de papa dextrosa (PDA) (Difco, 500g).
3. Agar Bacto-Actinomycetes Isolation (Difco, 500g).
4. Agar Pseudomonas Isolation (Difco, 500g).
5. Agar Mc Conkey
6. Agar Ramos Callao
7. Agar extracto de suelo
8. Agar Watanabe
9. Tinción Gram

2.5.1.4. Materiales varios

-Tijeras, papel aluminio, parafilm, papel toalla, plástico, mascarillas, etiquetas, regla, marcadores, jabón antibacterial líquido, alcohol antiséptico, alcohol potable, agua destilada estéril.

2.6. Procedimiento

2.6.1. Toma de Muestra

Las muestras fueron tomadas en durante los meses de mayo, junio y julio del 2008; después de la época de lluvia, para asegurar la homogeneidad en la obtención datos en todas las áreas donde se realizó el estudio.

2.6.1.1. SUELO

Las muestras de suelo de las ocho zonas del Parque Itchimbía, se tomaron de forma aleatoria con un muestreo estratificado con selección sistemática; a una profundidad de 0-20 cm (Palacios, 2003). Se debe recolectar un promedio de 200 g de suelo para realizar el análisis microbiológico, las muestras fueron colocadas en fundas Ziploc, cada una con su identificación (profundidad a la cual fue tomada y fecha de muestreo) y para mantener su

temperatura y mantener sus condiciones, fueron transportadas en cajas Isopor hasta el laboratorio donde se realizara el análisis microbiológico (Anexo C).

El área total de estudio abarcó una extensión aproximada de 40 Ha. Cada área tuvo una superficie aproximada de 0,5 Ha a 4 Ha, y de cada una se tomaron submuestras de suelo con peso aproximado 200g, al igual que las muestras compuestas para el análisis microbiológico. En cada área se tomaron las muestras de la siguiente manera (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Toma de muestras en las áreas establecidas para el análisis del suelo del Parque Itchimbía. Quito-Pichincha, 2008.

AREA	TRATAMIENTO	Nro. Sub-muestras (Sub- áreas)	Nro. Muestras totales
I	Hacienda Piedrahita	10	4
II	Sector de los Colegios	6	3
III	Bosque de los Arrayanes	6	2
IV	Humedal Andino	8	3
V	Sector del área Recreacional Norte	7	3
VI	Intersección la Quebrada Norte y Sur	5	2
VII	Quebrada Sector Norte	15	6
VIII	Quebrada Sector Sur	18	7

2.6.1.2. COMPOST

Las dos composteras que el Parque Itchimbía posee, se encontraban en la última fase (maduración), por lo tanto el compost estaba listo para ser utilizado como abono. Las muestras para realizar el análisis microbiológico fueron tomadas en esa fase (Anexo B).

Seis muestras de 200g se obtuvieron de cada pila de compost, una de la parte inferior izquierda, una de la parte superior y una de la parte inferior derecha (Anexo B) a 20 cm. cada una. La recolección de las muestras se realizó tomando precaución para evitar la contaminación de las mismas (Benítez, 2003).

Las muestras fueron transportadas en fundas con cierre hermético, cada una con su respectiva identificación y llevadas en una caja isopor al laboratorio de inmediato, para su análisis microbiológico.

2.6.2. Análisis Microbiológico del Suelo y Compost

2.6.2.1. Diluciones del Suelo y del Compost

En el laboratorio, las submuestras de cada área se homogenizaron para obtener muestras compuestas, las cuales fueron conservadas a 4° C hasta su análisis (Figura 2.1).

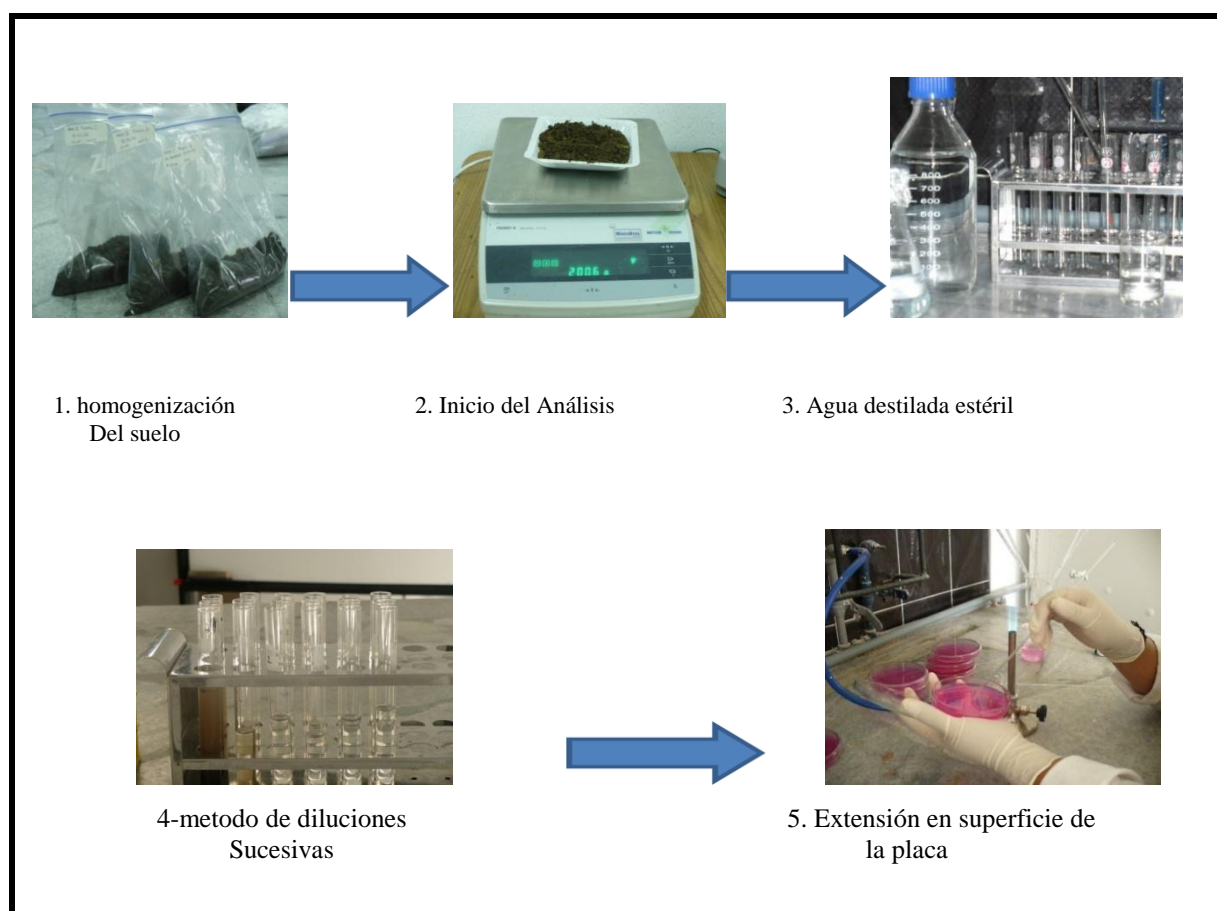


Figura 2.1. Esquema general del método de diluciones sucesivas .Quito-Pichincha, 2008.

Se inicio el estudio con las diluciones de las muestras, por lo que se utilizó el método de diluciones sucesivas. Se pesó 1g del suelo y el mismo procedimiento se lo realizó a las muestras de compost; el cual fue diluido en 9mL de agua destilada estéril en un tubo de ensayo estéril (dilución 10^{-1}) y se homogenizó con agitación vigorosa en un vórtex por 5 minutos (Palacios, 2003). Se tomó 1 mL de la solución y se hizo la transferencia a un tubo con 9 ml de agua destilada estéril (dilución 10^{-2}). De ahí se hicieron diluciones hasta 10^{-10} ; se utilizó una pipeta estéril de 1mL en cada paso. Se agitó de forma constante por 1minuto con un vórtex en cada paso.

Se tomó 0.1 mL de la dilución seleccionada y se colocó en el centro de la superficie del medio de cultivo específico para el crecimiento; se realizó este proceso por triplicado.

La alícuota se la extendió por la superficie de la placa con una varilla de vidrio la cual estuvo previamente esterilizada (inmersa en alcohol al 70 %, pasándola por la flama del mechero permitiendo su enfriamiento). Se aseguró una distribución homogénea por toda la superficie del medio.

Las placas se incubaron de forma invertida a diferentes temperaturas y tiempo según el tipo de microorganismo. Después del periodo de incubación, se realizó el conteo de las colonias mediante el conteo directo de las colonias en las cajas y se las reportó como unidades formadoras de colonia por gramos de suelo (Grant & Long, 1989).

Las muestras de suelo de las ocho áreas y las muestras del compost tuvieron el mismo proceso en el análisis microbiológico de los organismos totales y los grupos funcionales.

2.6.2.1. Análisis microbiológico de los Organismos Totales

Para iniciar el análisis microbiológico se realizó una prueba piloto con muestras tomadas anteriormente para determinar cuál de las diluciones (10^{-1} y 10^{-10}). Para cada

organismo se tomaron diferentes diluciones, dos en cada caso y se procedió con el recuento total.

2.6.2.1.1. Análisis microbiológico de las Bacterias Totales

Se colocó 0.1mL de las diluciones 10^{-4} y 10^{-6} en las cajas petri que contenían 20 mL de agar nutritivo; este paso se lo realizó por triplicado. La incubación tuvo una duración de 24 horas a una temperatura de 30 a 37 °C se tomó nota del número de colonias (Palacios, 2003).

2.6. 2.1.2. Análisis microbiológico de los Hongos Totales

Se colocó 0.1mL de las diluciones 10^{-1} y 10^{-3} en las cajas petri que contenían 20 mL de medio papa dextrosa agar (PDA) con la adición de rosa de bengala y estreptomicina (antibiótico que no permitió el crecimiento de bacterias), procedimiento que se lo realizó por triplicado. La incubación tuvo una duración de 3 a 5 días a una temperatura de 28 a 30°C Se tomó nota del número de colonias (Viera, 2004).

2.6.2.1.3. Análisis microbiológico de los Actinomicetos Totales

Se colocó 0.1mL de la dilución 10^{-2} en las cajas petri que contenían 20 mL de Bacto Actinomiceto Isolation agar, paso que se realizó por triplicado. La incubación tuvo una duración de 7 a 14 días a una temperatura de 28 a 30°C se contabilizó el número de colonias (Palacios, 2003).

2.6.2.2. Análisis microbiológico de los grupos funcionales en el suelo y el compost

Para la identificación de los diferentes organismos se utilizó la técnica de la dilución sucesiva y una siembra por extensión de superficie. Se determinó la presencia de cada organismo por las características de su crecimiento en los medio selectivo (Figura 2.2).

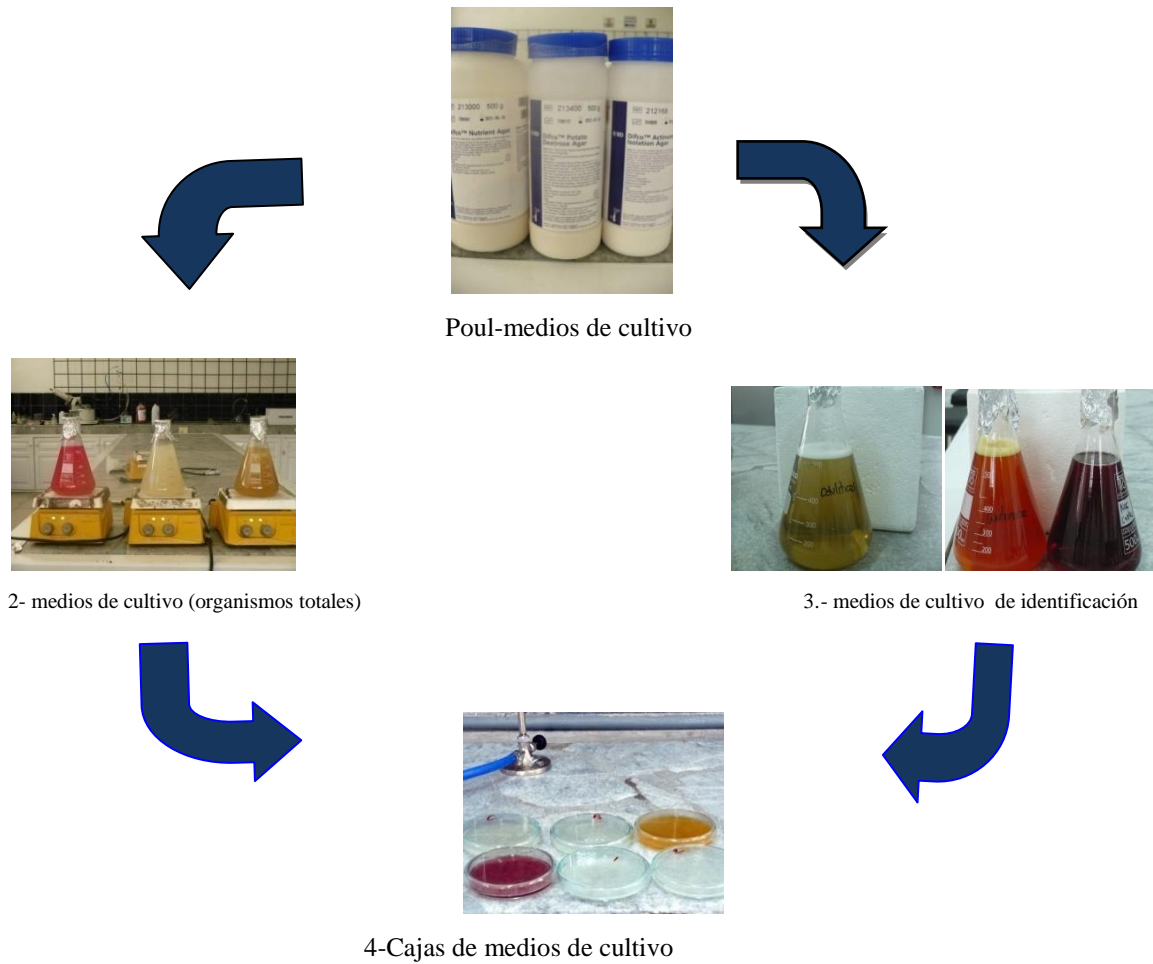


Figura 2.2. Esquema general de los medios de cultivo específicos utilizados en el análisis Microbiológico. Quito-Pichincha, 2008

2.6.2.2.1. Análisis microbiológico de la población de Bacilos Gram negativos

Se obtuvo las bacterias aisladas después de agregar 0.1mL de la dilución 10^{-2} , las cuales fueron inoculadas en el medio Mc Conkey agar. La incubación tuvo una duración de 48 horas a una temperatura de 28 a 35°C por triplicada. Se contaron las colonias que presentaban color rojo, demostrando la fermentación de la lactosa (Llumiquina, 2003).

2.6.2.2.2. Análisis microbiológico de los organismos Celulolíticos

Se colocaron 0.1 mL de la dilución 10^{-2} en las cajas petri que contenían el medio extracto de suelo agar, por triplicado. La incubación tuvo una duración de 10 días a una temperatura de 28 a 30 °C. Se contabilizaron los organismos que mostraron halo de solubilización de la carboximetil celulosa (Morales, 2007).

2.6.2.2.3. Análisis microbiológico de los organismos Solubilizadores de Fósforo.

Se colocó 0.1 mL de la dilución 10^{-2} en las cajas petri que contenían el medio Ramos Callao agar (bacterias) y en el medio para solubilizadores de fósforo (hongos). La incubación tuvo una duración de 10 días a una temperatura de 28 a 30°C. Se contabilizaron los organismos que presentaron halo de solubilización del fosfato, también los que presentaron colonias con abultamientos (cremas y transparentes). En el caso de los hongos, los que se presentaron de color crema (Fernández *et. al*, 2005).

2.6.2.2.4. Análisis microbiológico de los Organismos Fijadores de Nitrógeno.

Se colocó 0.1 mL de la dilución 10^{-2} en las cajas petri que contenían el medio Watanabe agar (bacterias). También se realizó la inoculación de 0,2 mL de la dilución 10^{-2} en medio semisólido de Watanabe de cada tubo. La incubación tuvo una duración de 10 días a una temperatura de 37°C y se contabilizaron las cajas que tenían halo de nitro fijación (Morales, 2007).

2.6.2.2.5. Análisis microbiológico de las *Pseudomonas*.

Se colocó 0.1 mL de la dilución 10^{-2} en las cajas petri que contenían el medio agar para el aislamiento de *Pseudomonas*. La incubación tuvo una duración de 48 horas una temperatura de 37°C y se contabilizaron las cajas que tenían las colonias emergentes (Viera, 2004).

2.6.3. Porcentaje de Humedad

La humedad del suelo se calcula por la diferencia de peso entre una misma muestra, cuando está húmeda, y después de haber sido secado en la estufa, hasta obtener un peso constante.

Se tomó 1g a 5g de cada muestra de suelo y compost, a todas se las colocó en la estufa a 105 °C, durante 48 horas (Morales, 2007), para obtener las muestras ya sin humedad y obtener los porcentajes de humedad en cada muestra por la diferencias de peso con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} * 100$$

2.6.4. Unidades Formadoras de Colonias

Después de obtener el número de colonias de los diferentes microorganismos, para su análisis se debe reportar como unidades formadoras de colonias (UFC)/ g de suelo seco (Fernández, 2006). Se realizó el cálculo con la siguiente ecuación:

$$\text{UFC/g s.s.} = (\text{NC} * 1 / \text{FD} * 1 / \text{V}) / (\text{P} * \text{FH})$$

Donde:

NC= número de colonias en una caja

FD=Factor de dilución que corresponde a la dilución de donde se tomó la muestra con la que se inocula la caja (10^{-1} a 10^{-10}).

V= Volumen inoculado en la caja= 0,1 ml.

P =Peso de la muestra húmeda

FH= Factor de corrección de humedad ($1 - (\% \text{ humedad} / 100)$).

2.7. ANÁLISIS DE DATOS:

Para el análisis de los datos se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System). Versión 8.0. Se usó el procedimiento ANOVA y se utilizó la prueba de Tukey al 5% para encontrar la diferencia entre los tratamientos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1. SUELO

3.1.1. Organismos Totales

Se realizó el análisis de variancia de los organismos totales (bacterias, hongos y actinomicetos totales) que se encuentran en las ocho áreas del suelo del Parque Itchimbía, donde no se obtuvieron diferencias significativas entre bacterias, hongos y actinomicetos totales en cada una de las áreas. El coeficiente de variación resultó de 45,58%. El valor total por gramo de suelo fue de $2,02 \times 10^6$ UFC/g. Se realizó la transformación de los datos con logaritmo natural para el análisis estadístico, con el que se obtuvo un promedio total de 9.76 UFC/g de suelo (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Análisis de variancia de las poblaciones de los organismos totales (UFC/g de suelo) encontradas en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito –Pichincha, 2008.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	Pr>F
AREA	7	144,54	20.64	1,04 ^{ns}	0,4020
Error	275	5453.02	19.82		
Total	282	5597.56			
C.V. (%)	45,58				
\bar{x} (Ln X)	9.76 UFC				

En las ocho áreas, los promedios de los organismos totales no fueron significativamente diferentes; aunque si muestran diferencias matemáticas en cada una de ellas, como se observa en la figura 3.1; donde el área V (Sector Área Recreacional Norte) posee un promedio de $3,64 \times 10^6$ UFC/ g de suelo y el área II (Sector de los Colegios) con un promedio de $2,24 \times 10^5$ UFC /g de suelo

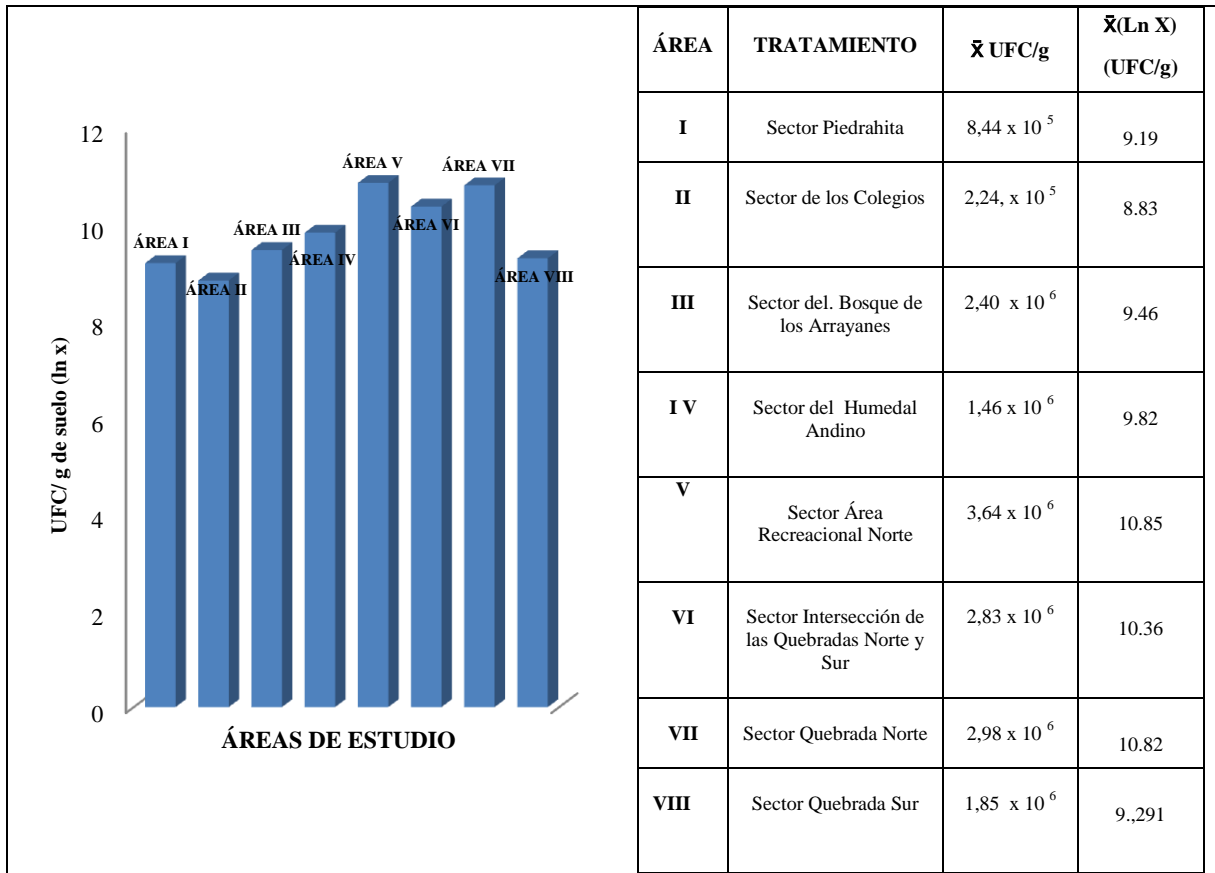


Figura 3.1. Promedios de Población de los organismos totales (UFC/g de suelo) encontradas en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía .Quito –Pichincha, 2008.

En el suelo de todo el Parque se encontró un coeficiente de variación del 19,11% y un promedio total de $2,02 \times 10^3$ UFC/g de suelo, se transformó a logaritmo natural (Ln X) para su análisis y se obtuvo un promedio de 9.76 UFC/ g de suelo (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Análisis de varianza de las poblaciones de los organismos totales (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito-Pichincha, 2008.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	Pr>F
Organismos	2	4621.04	2310.52	662.50 ^{ns}	0.0001
Error	280	976.51	3.48		
Total	282	5597.56			
C.V. (%)	19.11				
\bar{x}(Ln X)	9.76 UFC/ g				

Según la prueba de Tukey ($P < 0,05$) los valores descritos en la figura 3.2, se presentan dentro de dos grupos, en el primer grupo se encuentran las bacterias totales y el segundo grupo la comparten los hongos y actinomicetos totales.

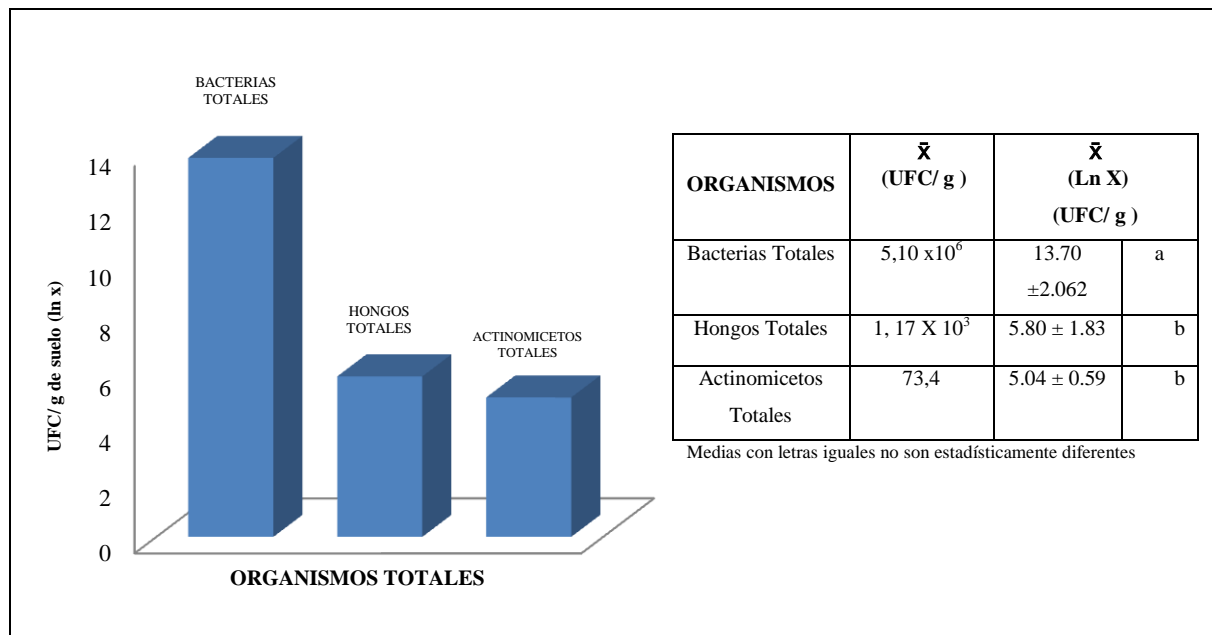


Figura 3.2. Promedios de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC/g de suelo) de los organismos totales encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito - Pichincha, 2008.

3.1.1.1. Análisis de las Bacterias Totales

Al observar los resultados de las poblaciones de bacterias totales de cada área, no se encontró diferencias significativas entre sus cantidades, además se obtuvo un coeficiente de variación del 15,24% y un promedio total de $5,10 \times 10^6$ UFC/g de suelo, cuya transformación a logaritmo natural nos dio un promedio de 13,66 UFC/ g de suelo (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Análisis de variancia. La población de bacterias totales (UFC/g de suelo) encontradas en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía .Quito –Pichincha, 2008.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. calculado	PR>F
AREAS	7	10.135	10,13	0,67 ^{ns}	0,69
ERROR	137	853,75	5,97		
TOTAL	144	863,88			
C.V. (%)	15,24				
\bar{X} (ln X)	13,66 UFC/ g				

Los promedios de unidades formadoras de colonia de las bacterias totales en suelo de las áreas del Parque Itchimbía se encuentran entre los 10^6 UFC. Por ejemplo el área V (Sector Área Recreacional Norte) y el VII (Sector Quebrada Norte) con un promedio de $9,10 \times 10^6$ UFC/g de suelo y $7,47 \times 10^6$ UFC/g de suelo respectivamente; superiores al encontrado en el área II (Sector de los Colegios) con $5,35 \times 10^5$ UFC/g de suelo, pero esta diferencia se presenta de forma matemática (Figura 3.3).

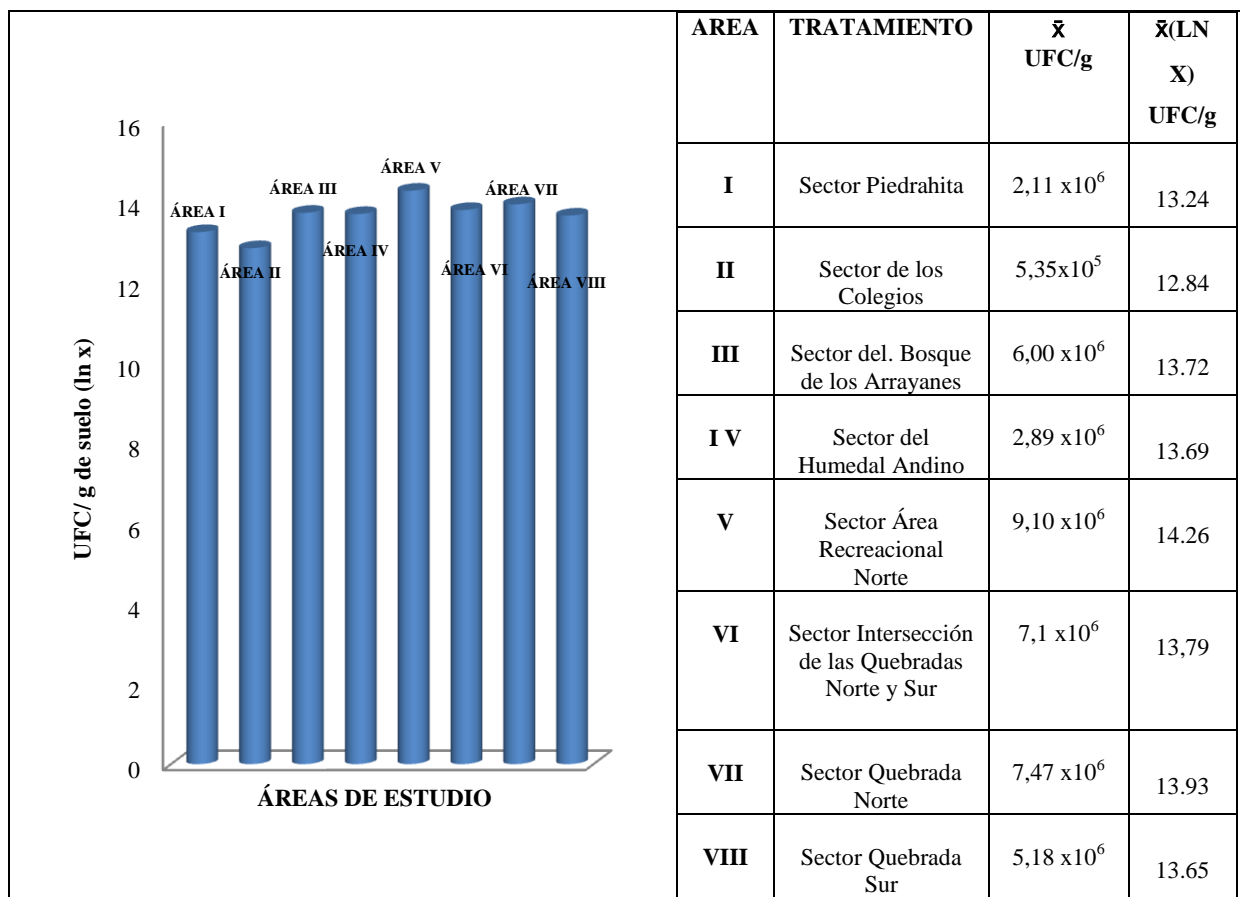


Figura 3.3. Promedio de la población de bacterias totales (UFC/g de suelo) encontradas en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía .Quito –Pichincha, 2008.

Se utilizó el análisis de frecuencia para la identificación de la tinción Gram, ya que se encontró gran cantidad de bacilos en su mayoría bacilos Gram negativos (Anexo D) con 64,58% seguidamente de bacilos Gram positivos con un 35,42 %, (Figura 3.4).

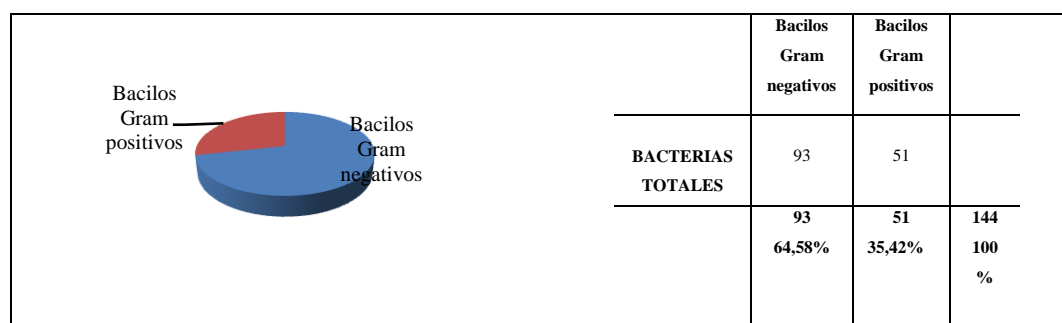


Figura 3.4. Frecuencias de la tinción Gram de las bacterias totales (UFC/g de suelo) encontradas en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito- Pichincha. 2008.

En lo que se refiere a la prueba de tinción Gram, fueron los bacilos Gram negativos los que se encontró en grandes cantidades en cada una de las áreas, como se lo demuestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Frecuencia de la tinción Gram de las bacterias totales (UFC/g de suelo) encontradas en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbia. Quito-Pichincha, 2008.

ÁREA	TINCION		TOTAL
	Bacilos Gram negativos	Bacilos Gram positivos	
I	11	8	19
	7,69	5,56	13,95
II	10	4	14
	6,94	2,78	9,72
III	5	4	9
	3,47	2,78	6,25
IV	11	7	18
	7,54	4,76	12,3
V	12	4	16
	8,33	2,78	11,11
VI	8	4	12
	5,56	2,78	8,34
VII	17	11	28
	11,81	7,64	19,45
VIII	19	9	28
	13,19	6,25	19,44
TOTAL	93	51	144
	64,53	35,42	100%

En la siguiente figura (3.5), se puede observar la variedad en la prueba de Tinción Gram de las bacterias totales en cada una de las áreas de estudio, encontrando una mayor cantidad de bacilos Gram negativos.

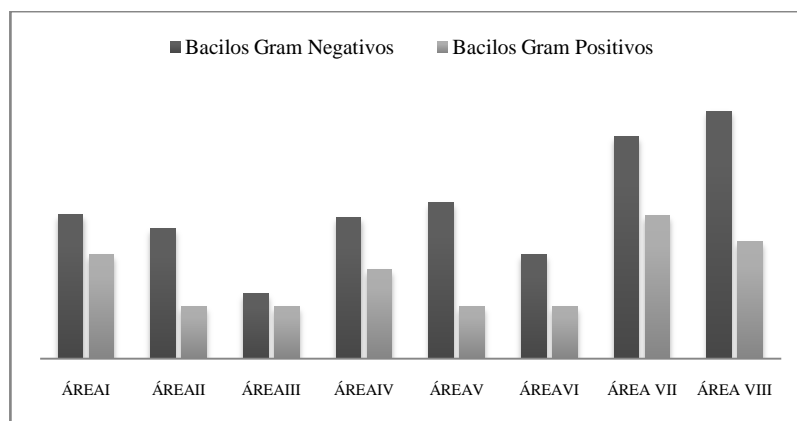


Figura 3.5. Frecuencias de la tinción Gram de las bacterias totales (UFC/g de suelo) encontradas en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

3.1.1.2. Análisis de los Hongos Totales

En el suelo del Parque Itchimbía se encontró que la población de hongos totales, no presentaron diferencias significativas. Se obtuvo un promedio total de $1,17 \times 10^3$ UFC/g de suelo y se realizó la transformación a logaritmo natural para su análisis del cual se obtuvo un promedio de 5,80 UFC/ g de suelo (Tabla 3.5). Se obtuvo un coeficiente de variación del 31,12%.

Tabla 3.5. Análisis de variancia. La población de hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito –Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
AREAS	7	32,51	4,65	1,43 ^{ns}	0,20
ERROR	98	320,62	3,26		
TOTAL	105	352,92			
C.V. (%)	31,12				
\bar{x} (Ln X)	5,80 UFC/ g				

Al verificar que no existen diferencias estadísticas, se observaron los promedios de los hongos totales en cada una de las áreas; donde se encontraron diferencias matemáticas,

como se muestra en el área IV (Sector del Humedal Andino) con $4,4 \times 10^3$ UFC/g de suelo y el área III (Sector del. Bosque de los Arrayanes) con $1,1 \times 10^3$ UFC/g de suelo, superiores al promedio del área VII (Sector Quebrada Norte) de 619 UFC/g de suelo.

Se puede observar en la figura 3.6, la cantidad de hongos presentes en cada área.

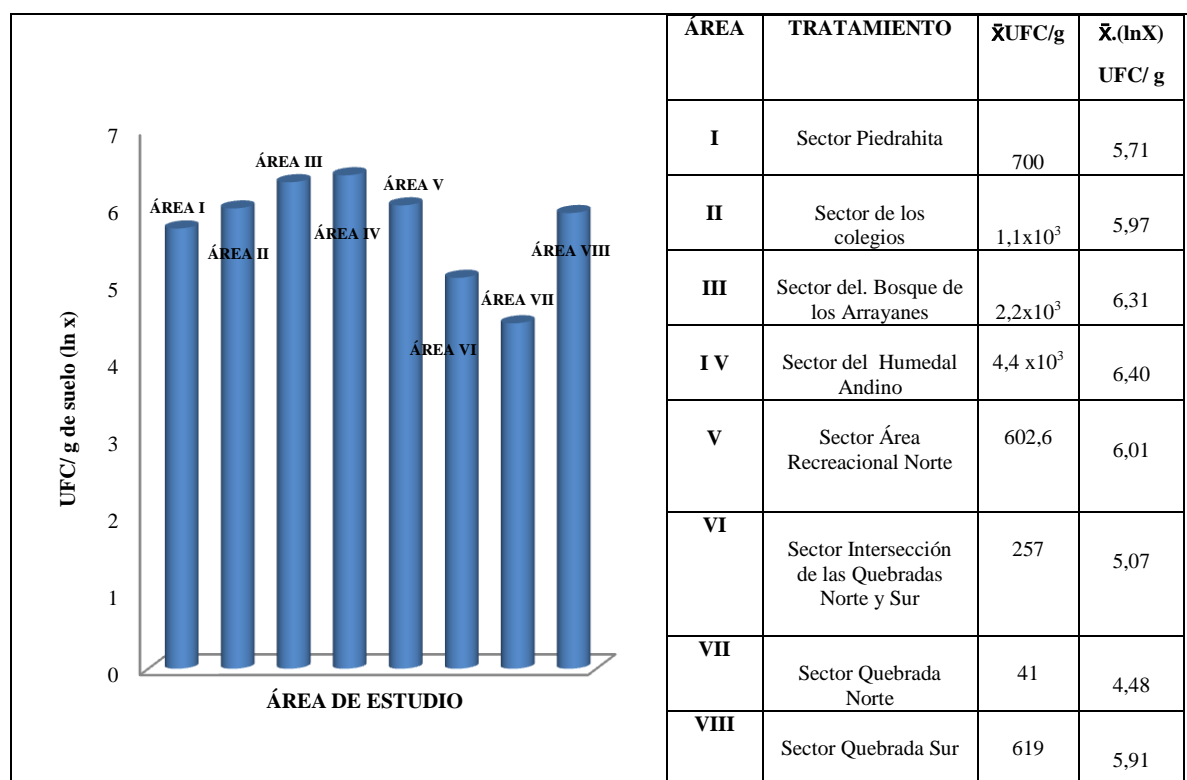


Figura 3.6. Promedio de la población de los hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbí. Quito –Pichincha, 2008.

En el suelo del Parque Itchimbí se encontró una variedad de hongos. Los hongos de crecimiento algodonoso (47,62%) y los hongos de crecimiento compacto (39,07%); los cuales después de identificarlos por medio de la microscopia óptica fueron los géneros *Aspergillus* (verde, pardos, amarillos, blancos y negros), *Penicillium* (verde, amarillo), *Cladosporium* (verde, café) y otros, como se puede observar en el anexo (E) y en la Figura 3.7.

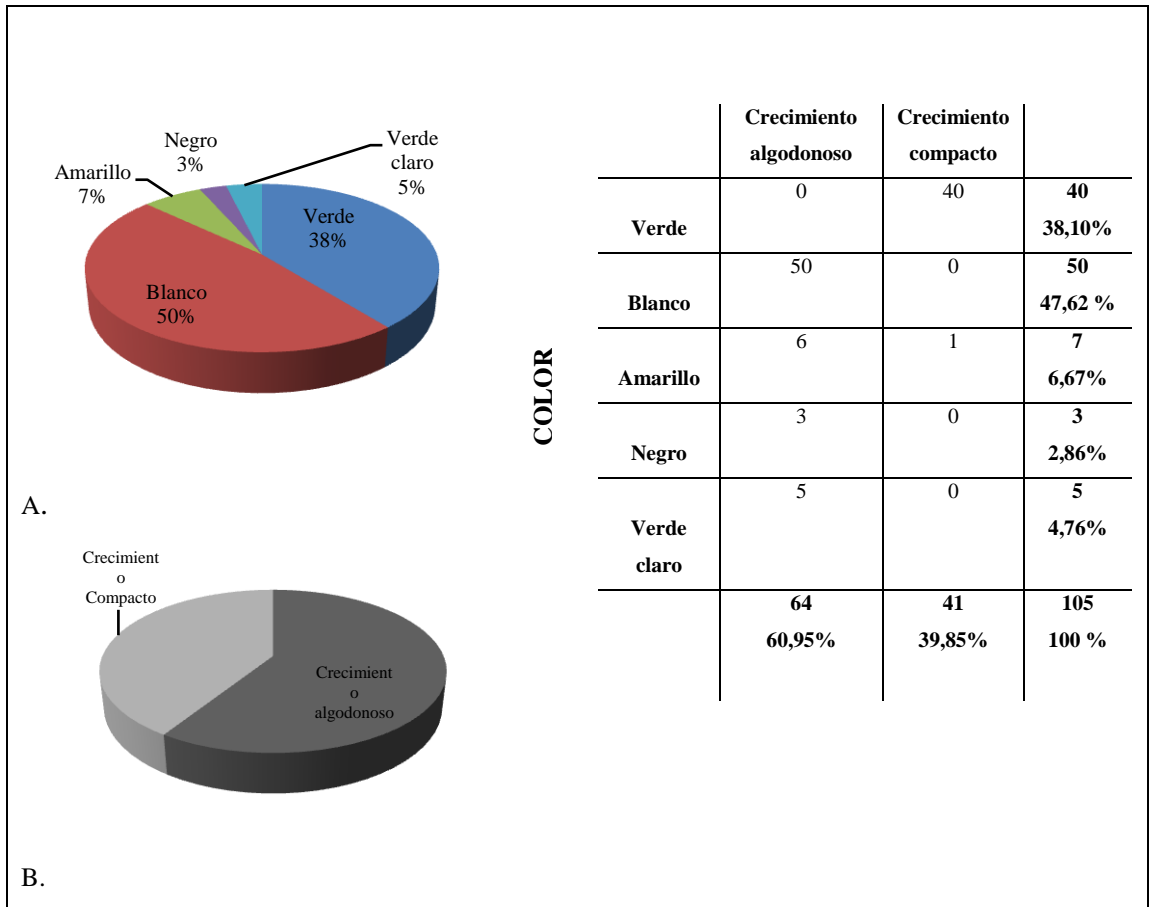


Figura 3.7. Frecuencias de los hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito- Pichincha. 2008. A. Color. B. Crecimiento

En las ocho áreas se realizó un análisis de frecuencia, donde se demuestra que los hongos de crecimiento algodonoso fueron los de mayor presencia en cada una de las áreas a excepción del área I, II y III en las que se encontró hongos de crecimiento compacto; también se presentó variedad en el color de los hongos descritos en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Frecuencia del color y la forma de los hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito-Pichincha, 2008.

ÁREA	FORMA										TOTAL
	Crecimiento Algodonoso					Crecimiento Compacto					
	COLOR										
	Verde	Blanco	Amarillo	Negro	Verde Claro	Verde	Blanco	Amarillo	Negro	Verde Claro	
I	-	6	-	1	-	7	-	-	-	-	14
		5,71		0,95		6,67					13,3
II	-	6	-	-	-	7	-	1	-	-	14
		5,71				6,67		0,95			13,33
III	-	6	-	-	-	7	-	-	-	-	13
		5,71				6,67					12,38
IV	-	6	-	1	3	5	-	-	-	-	15
		5,71		0,95	2,86	4,76					14,28
V	-	6	-	-	-	2	-	-	-	-	8
		5,71				1,90					7,61
VI	-	3	1	-	1	2	-	-	-	-	7
		2,86	0,95		0,95	1,90					6,66
VII	-	6	-	1	-	4	-	-	-	--	11
		5,71		0,95		3,81					10,47
VIII	-	11	5	-	1	6	-	-	-	-	23
		11,48	4,76		0,95	5,71					22,9
TOTAL	-	50	6	3	5	40		1			105
		48,6	5,71	2,85	4,76	38,09		0,95			100%

En la figura 3.8 se observa las frecuencias en color y forma de crecimiento en la que se presentaron los hongos en el suelo de cada área del Parque Itchimbía.

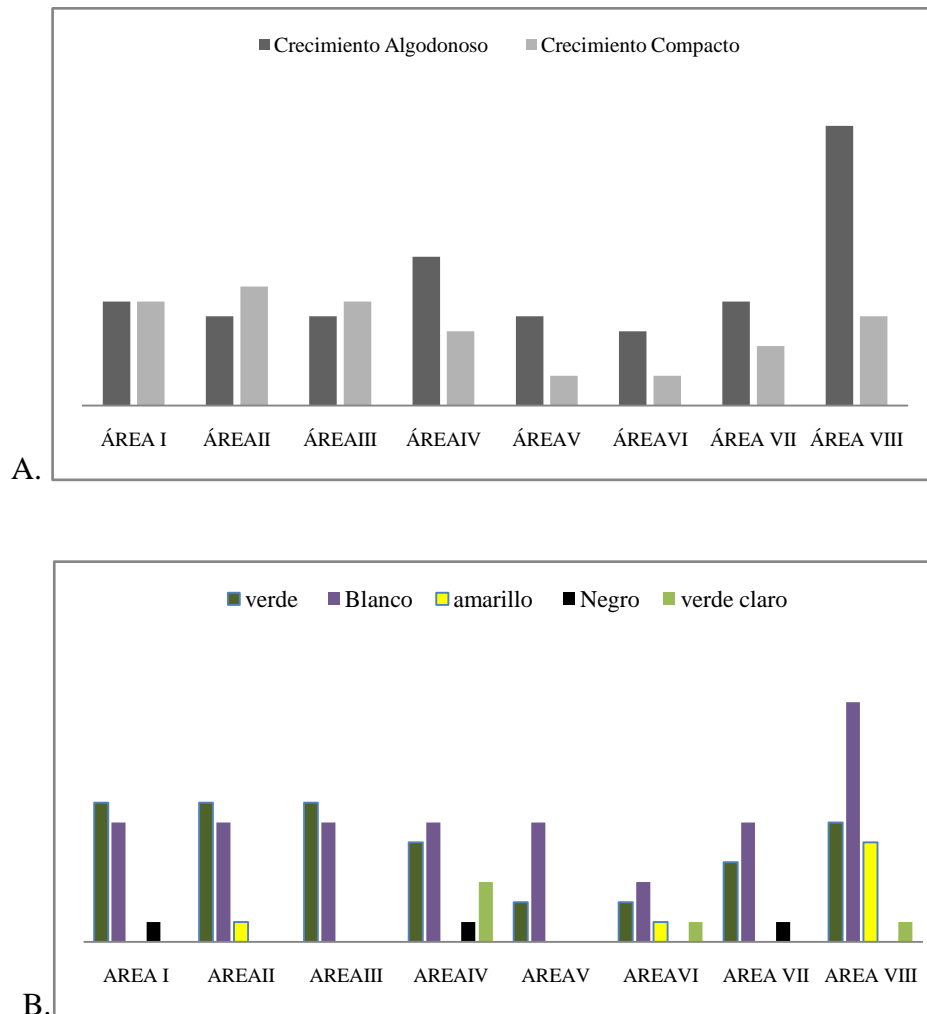


Figura 3.8. Frecuencias de los hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito –Pichincha, 2008. (A). Crecimiento, (B) Color.

3.1.1.3. Análisis de los Actinomicetos Totales

En la totalidad del Parque, la población de actinomicetos fue menor en comparación a las poblaciones de bacterias y hongos totales (Anexo F). Al igual que los otros microorganismos totales, no se encontró diferencias significativas de actinomicetos en las ocho áreas del Parque. Poseen un coeficiente de variación de 11,91% y un promedio total de 73,41 UFC/ g de suelo, y con la transformación a logaritmo natural se obtuvo un promedio de 5,04 UFC/ g de suelo (Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Análisis de variancia. La población de actinomicetos totales encontrados (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía .Quito –Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
AREAS	7	2,18	0,31	0,86 ^{ns}	0,54
ERROR	24	8,67	0,36		
TOTAL	31	10,87			
C.V. (%)	11,91				
\bar{x} (Ln X)	5,04 UFC/ g				

No se encontraron diferencias estadísticas pero sus promedios muestran diferencias matemáticas como los promedios del área VIII (Quebrada Sur), área V (Sector Área Recreacional Norte) y en el área IV (Sector del Humedal Andino) con 619 UFC/g de suelo, 115,4 UFC/g de suelo y 107,04 UFC/g de suelo respectivamente, valores que no difieren entre sí, por otro lado el promedio encontrado en el área III (Sector del. Bosque de los Arrayanes) con 18,94 UFC/g de suelo, fue inferior; como se lo representa en la figura 3.9.

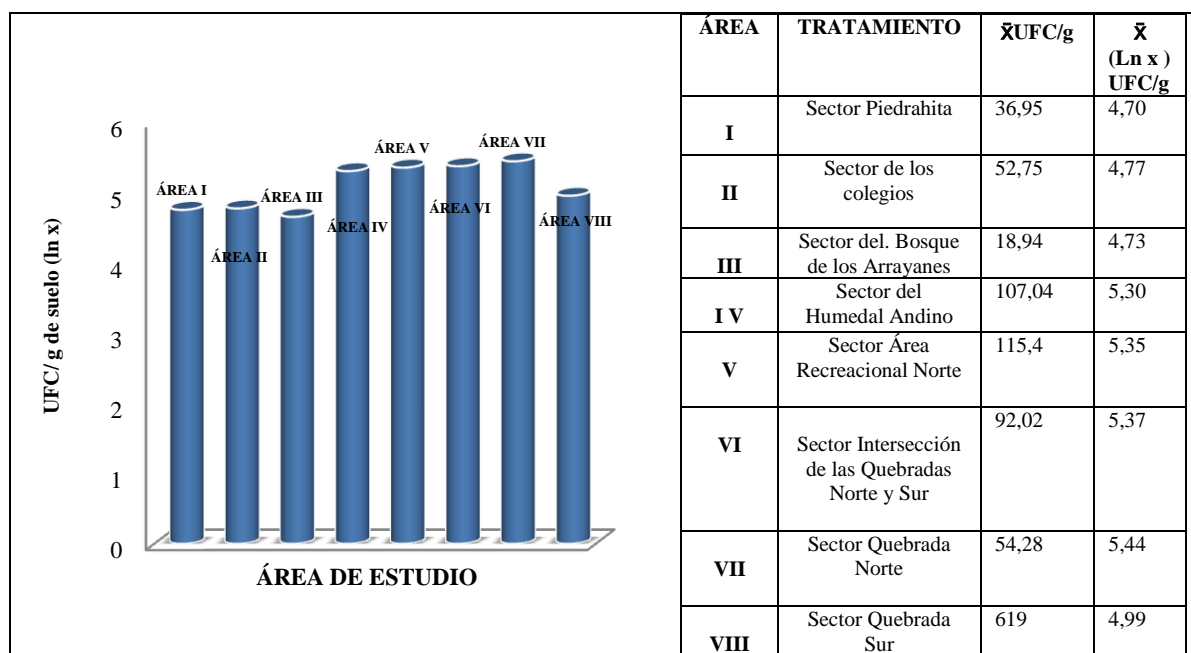


Figura 3.9. Promedio de la población de actinomicetos totales (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito –Pichincha, 2008.

3.1.2. Grupos Funcionales

Para la identificación de los organismos propios del suelo y que intervienen en los diferentes ciclos biogeoquímicos, se utilizaron medios selectivos para obtener bacterias y hongos. Se aislaron organismos celulolíticos, fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, Bacilos Gram negativos y la presencia de *Pseudomonas*.

Se realizó el análisis de variancia, donde se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los grupos funcionales, con un coeficiente de variación de 13,23% y un promedio total de $1,70 \times 10^3$ UFC/ g de suelo, para su análisis estadístico se realizó la transformación a logaritmo natural donde el promedio total fue de 7,67 UFC/g de suelo (Tabla 3.8).

Tabla 3.8. Análisis de variancia. La población de los grupos funcionales (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbia. Quito –Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
ORGANISMOS	4	39,26	9,81	9,51*	<0001
ERROR	125	129.08	1.03		
TOTAL	129	168.34			
C.V. (%)	13.23				
\bar{x} (Ln X)	7,67 UFC/ g				

Para determinar la predominancia de una población de los grupos funcionales se realizó una prueba de Tukey ($P < 0,05$), donde los valores de las unidades formadoras de colonia de bacilos Gram negativos con un promedio de $3,17 \times 10^3$ UFC/g de suelo, formó el primer grupo de organismo identificados en el suelo del Parque, un segundo grupo lo forman las *Pseudomonas* (comparte con los bacilos Gram negativos) con un promedio de $2,21 \times 10^3$ UFC/g de suelo, se muestra una leve diferencia con los organismos celulolíticos y los solubilizadores de fósforo que forman el tercer grupo, estos dos comparten con los

organismos fijadores de nitrógeno que pertenece al cuarto grupo con un promedio de 691,04 UFC/g de suelo (Figura 3.10).

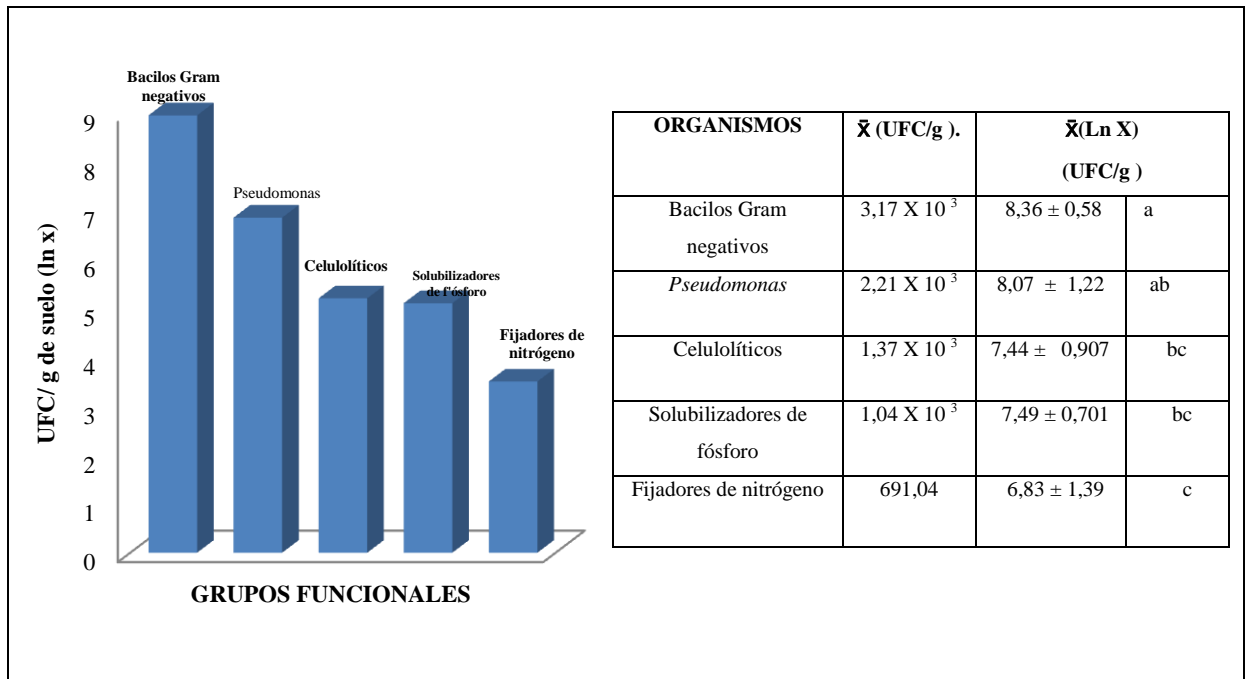


Figura.3.10. Población de los Grupos Funcionales (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbí. Quito –Pichincha, 2008.

3.1.2.1. Análisis de la población de Bacilos Gram negativos

La población de Bacilos Gram negativos que se encontró en las ocho áreas, no mostró diferencias significativas según su análisis de variancia, además posee un coeficiente de variación del 14,5% y un promedio total de $3,17 \times 10^3$ UFC/g de suelo; su transformación a logaritmo natural nos dio como resultado un promedio total de 8,15 UFC/g de suelo (Tabla 3.9).

Tabla 3.9. Análisis de variancia. Población de Bacilos Gram negativos (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito-Pichincha, 2008.

F. de V.	G.l. .	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
AREAS	7	0,63	0,093	0,49 ^{ns}	0,82
ERROR	16	2,94	0,183		
TOTAL	23	3,57			
C.V. (%)	14,5				
\bar{x}' (LnX)	8,15 UFC/ g				

Al observar los promedios de las poblaciones de Bacilos Gram negativos en cada una de las áreas, se encontraron diferencias matemáticas entre los promedios de las áreas I, V, VI, VII y VIII con los promedios de las áreas II, III y IV (Figura 3.11).

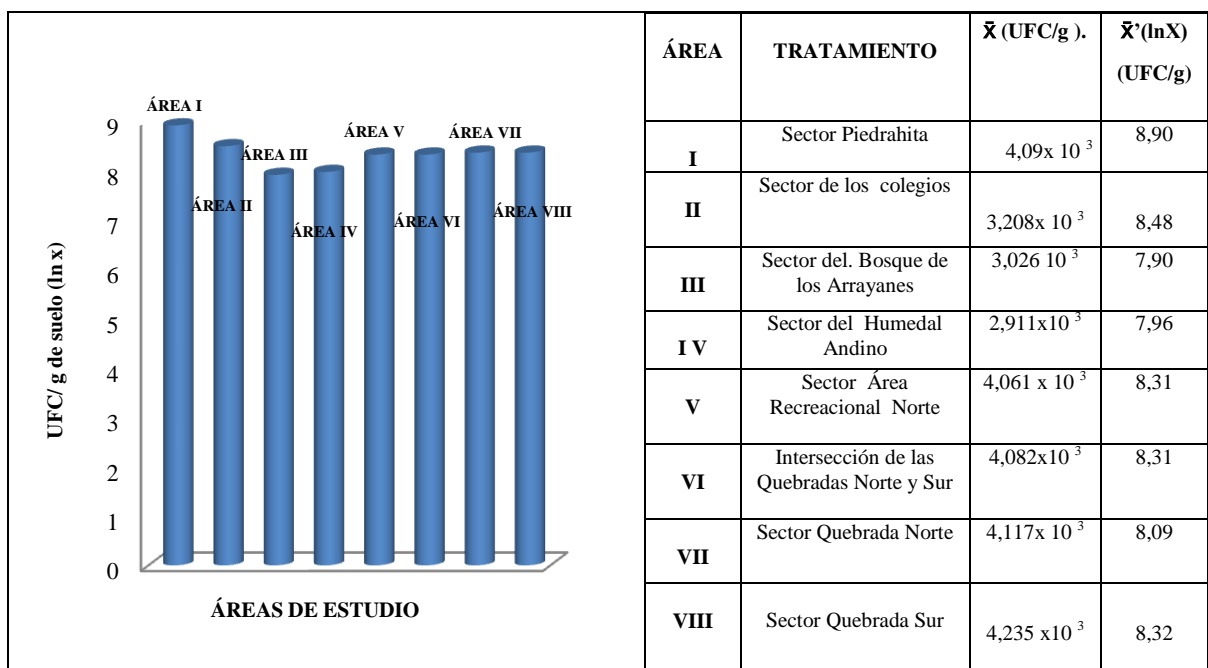


Figura 3.11. Promedio de la población de Bacilos Gram negativos (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito –Pichincha, 2008.

3.1.2.2. Análisis de los Organismos Celulolíticos

Los organismos celulolíticos son organismos que se encuentran en cada área de en cantidades similares. Según el análisis de variancia no se encontró diferencias estadísticas en las ocho áreas, además tienen un coeficiente de variación de 11,42 % y su promedio total fue de $1,37 \times 10^3$ UFC/g de suelo, con la transformación de las medias a logaritmo natural se obtuvo un promedio total de 7,16 UFC/g de suelo (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Análisis de variancia. Población de los organismos celulolíticos (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbia. Quito – Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
AREA	7	2,51	0,35	0,54 ^{ns}	0,79
ERROR	13	8,71	0,67		
TOTAL	20	11,23			
C.V. (%)	11,42				
\bar{x} (LnX)	7,16 UFC/ g				

No se existe diferencias estadísticas, pero se presentan diferencias matemáticas en los promedios de los organismos celulolíticos que se encuentran en el suelo de cada una de las áreas del Parque, como es el caso del promedio del área VI (Intersección de las Quebradas Norte y Sur) con $2,172 \times 10^3$ UFC/g de suelo, similar al promedio de las áreas restantes, pero superior al promedio del área I (Sector Piedrahita) con 606,06 UFC/g de suelo (Figura 3.12).

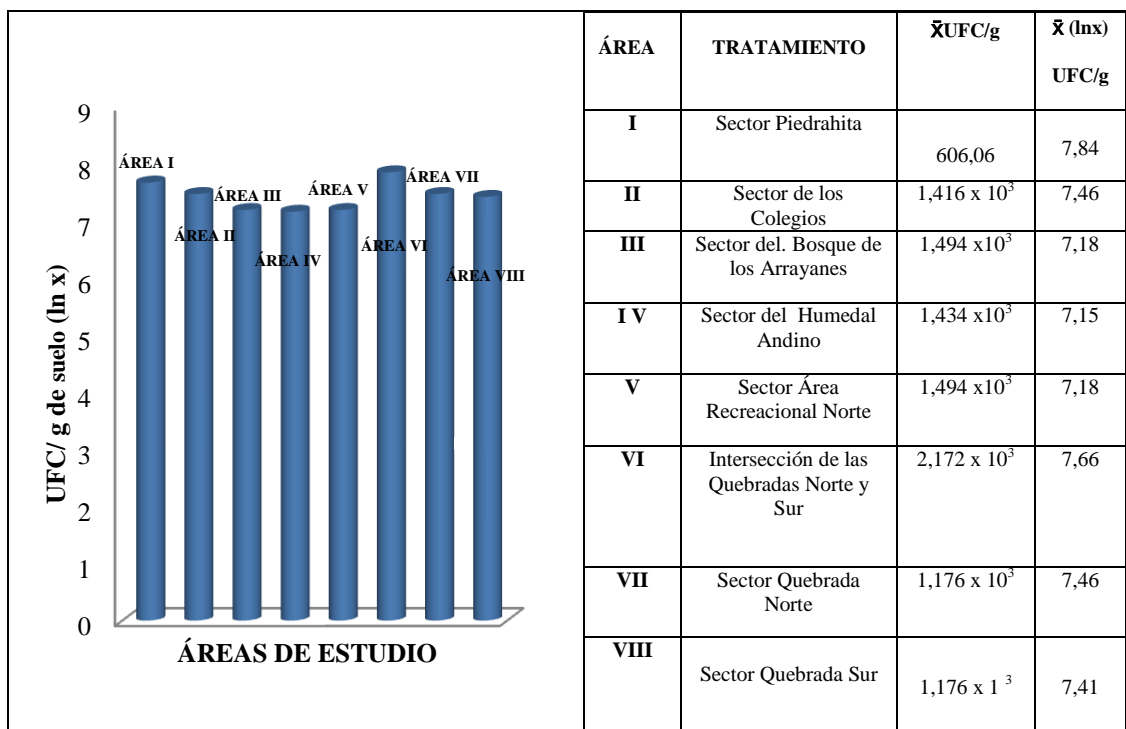


Figura 3.12. Promedio de la población de los organismos celulolíticos (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito –Pichincha, 2008.

3.1.2.3. Análisis de los Organismos Solubilizadores de Fósforo

En las ocho áreas del Parque no se encontró diferencias significativas de las bacterias y hongos solubilizadores de fósforo, se obtuvo un coeficiente de variación del 7,84% y un promedio total de $1,048 \times 10^3$ UFC/g de suelo, la transformación a logaritmo natural nos dio como resultado un promedio total de 7,24 UFC/g de suelo (Tabla 3.11).

Tabla 3.11. Análisis de variancia. La población de los organismos solubilizadores de fósforo (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F.de V	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
AREAS	7	1,065	0,15	0,47 ^{ns}	0,83
ERROR	8	2,58	0,32		
TOTAL	15	3,65			
C.V. (%)	7,84				
\bar{x} (LnX)	7,24 UFC/ g				

En la figura 3.13 se puede observar las diferencias matemáticas en los promedios como es el caso del área V (Sector Área Recreacional Norte) que presentó un promedio de $1,724 \times 10^3$ UFC/g de suelo, similar a los promedios de las áreas restantes y superior al promedio del área III (Sector del. Bosque de los Arrayanes) con 766,28 UFC/g de suelo.

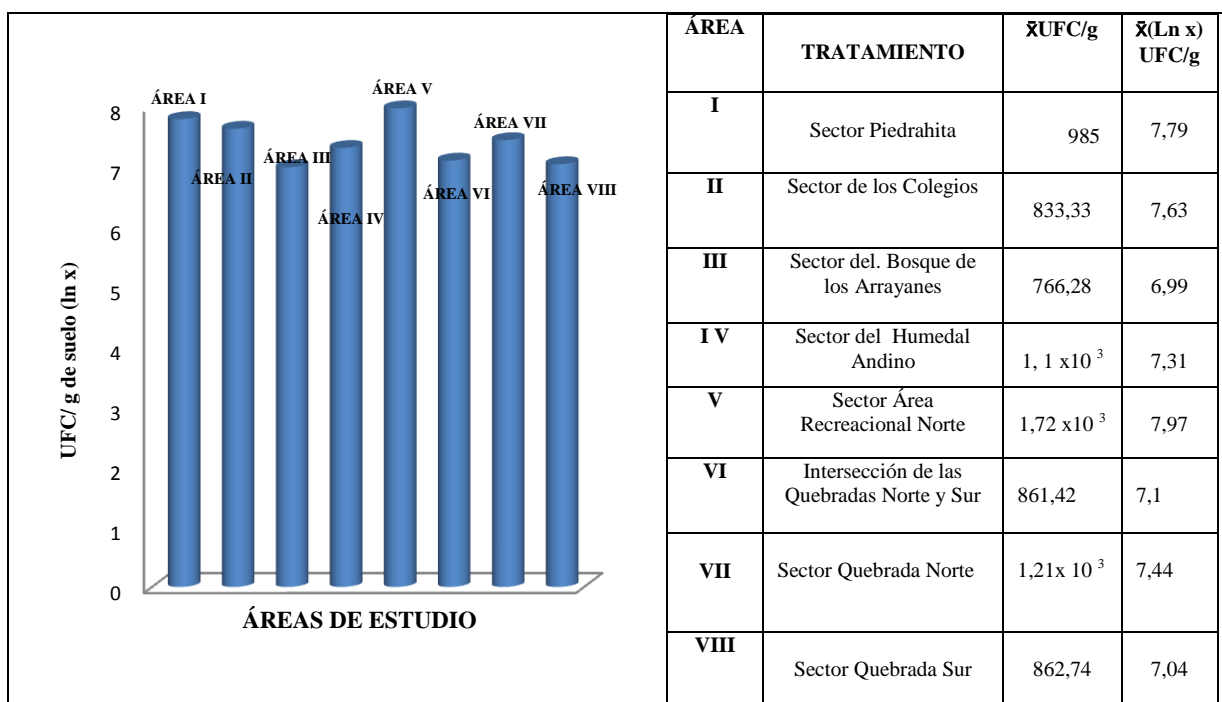


Figura 3.13. Promedio de la población de los organismos Solubilizadores de fósforo (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito–Pichincha, 2008.

Los organismos solubilizadores de fósforo que se encontraron con mayor frecuencia en las muestras del suelo del Parque Itchimbía fueron los hongos filamentosos de color blanco compactos con un porcentaje de 68,75%; también se presentaron bacterias con un porcentaje de 31,25 % de forma convexa (Figura 3.14).

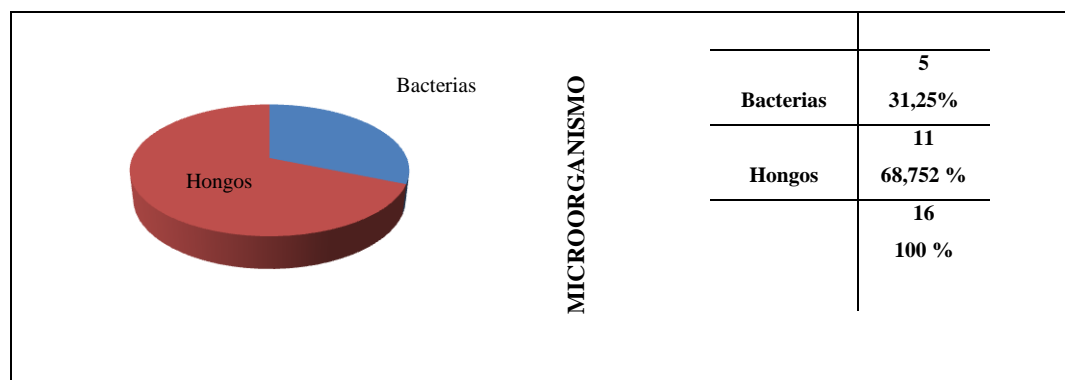


Figura 3.14. Frecuencias del tipo de los organismos solubilizadores fósforo (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito Pichincha. 2008.

Se puede observar en el Anexo (G) las bacterias y hongos solubilizadores de fósforo que se encuentran en el suelo del Parque.

3.1.2.4 Análisis de los Organismos Fijadores de Nitrógeno.

No existió diferencias significativas según su análisis de variancia que se realizó en suelo de las ocho áreas, donde se obtuvo un coeficiente de variación del 16,34% y un promedio total de 691,04 UFC/ g de suelo y con la transformación a logaritmo natural de las medias se obtuvo como resultado un promedio de 6,46 UFC/g de suelo (Tabla 3.12).

Tabla 3.12. Análisis de variancia. La población de los organismos fijadores de nitrógeno (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
ÁREAS	7	12,42	1,77	1,59 ^{NS}	0,25
ERROR	9	10,05	1,11		
TOTAL	16	22,48			
C.V.	16,34				
$\bar{x}(\ln X)$	6,46 UFC/ g				

Las unidades formadoras de colonia de los organismos fijadores de nitrógeno que se encontraron en las áreas VII (Sector Quebrada Norte) y VIII (Sector Quebrada Sur) cuyos promedios totales fueron de $1,490 \times 10^3$ y $1,25 \times 10^3$ UFC/g de suelo, fueron superiores matemáticamente a los promedios de las áreas restantes; como por ejemplo el área II (Sector de los Colegios) con 125 UFC/g de suelo (Figura 3.15.).

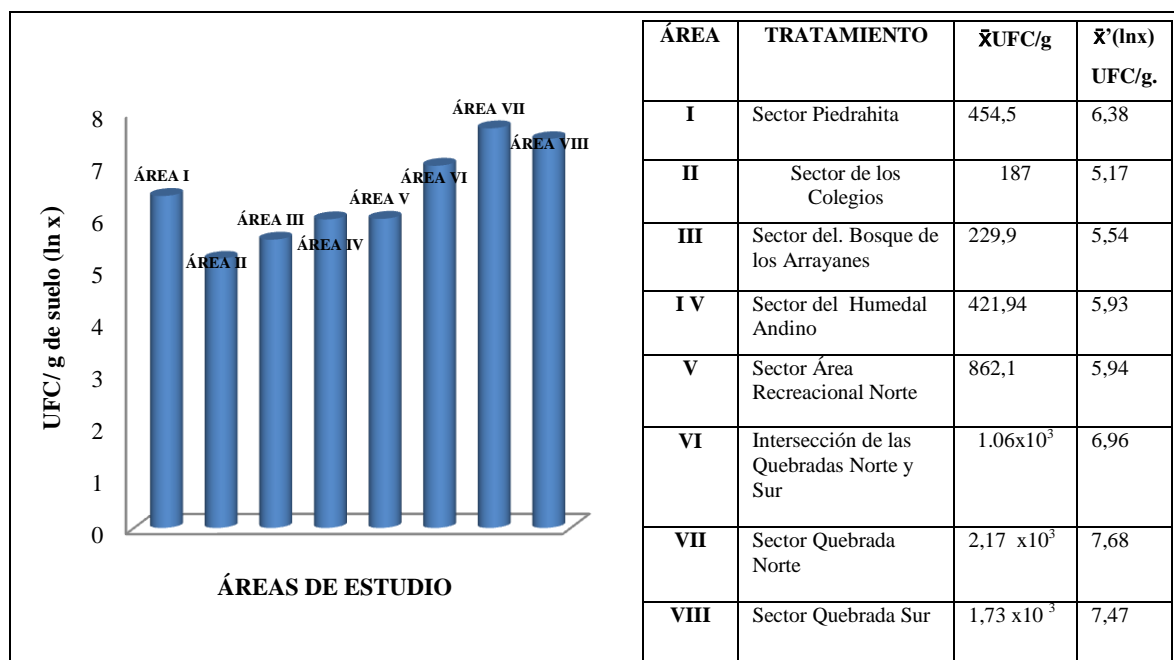


Figura 3.15. Promedio de la población de los Organismos Fijadores de Nitrógeno (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito - Pichincha, 2008.

En el anexo (G) se observa a las bacterias con la capacidad de fijar nitrógeno en su medio de cultivo (Watanabe).

3.1.2.5 Análisis de la población Población de *Pseudomonas*.

No se encontró diferencias significativas de las unidades formadoras de colonia de las *Pseudomonas* en las ocho áreas del Parque Itchimbía. Se obtuvo un coeficiente de variación de 8,18 % y un promedio total de $2,21 \times 10^3$ UFC/ g de suelo y su transformación a logaritmo natural nos dio como resultado un promedio total de 7,60 UFC/g de suelo (Tabla 3.13).

Tabla 3.13. Análisis de variancia. La población de *Pseudomonas* (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F. de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
AREAS	7	4,08	0,58	1,50 ^{ns}	0,24
ERROR	14	5,43	0,38		
TOTAL	21	9,51			
C.V. (%)	8,18				
\bar{X} (LnX)	7,60 UFC/ g				

El promedio de las unidades formadoras de colonia de *Pseudomonas* en el área III (Sector del. Bosque de los Arrayanes) fue de $4,21 \times 10^3$ UFC/g, superior matemáticamente al encontrado en cada una de las áreas, como se lo demuestra en la figura 3.16.

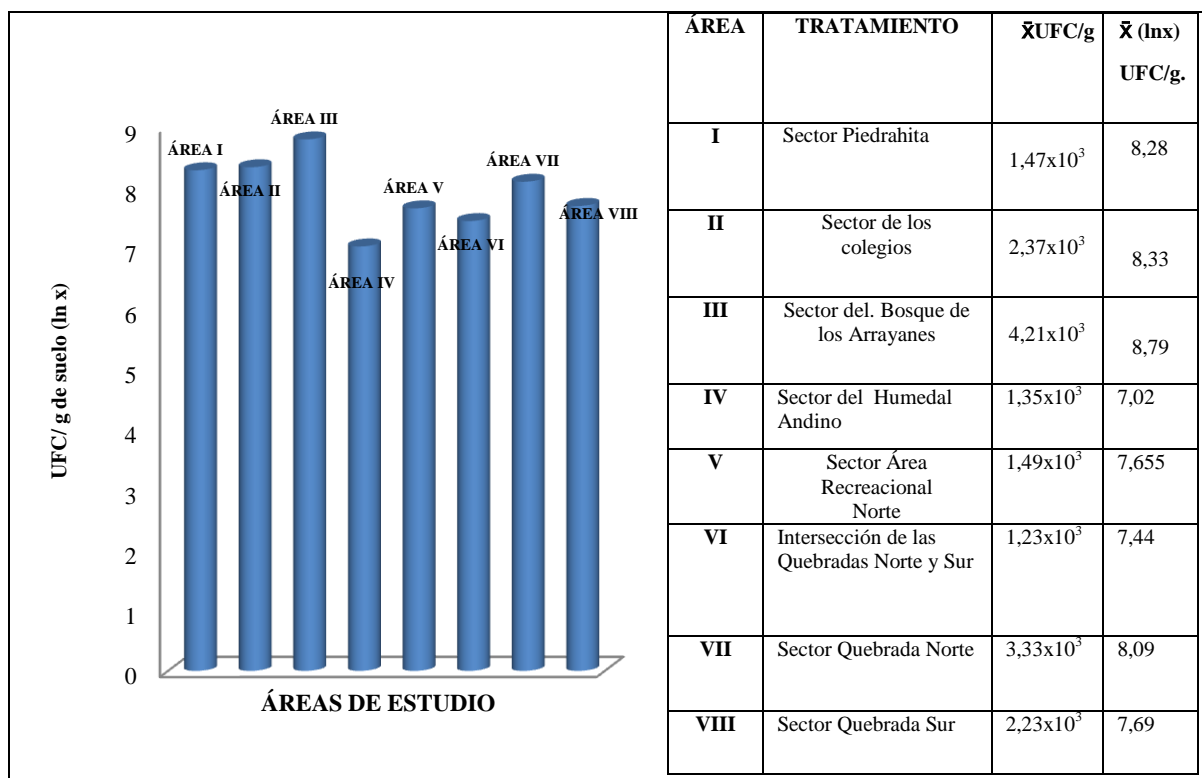


Figura 3.16. Promedio de la población de *Pseudomonas* (UFC/g de suelo) encontrados en las áreas establecidas para el estudio del suelo del Parque Itchimbía. Quito–Pichincha, 2008.

3.2. COMPOST

3.2.1. Análisis de los Organismos Totales

Con las muestras del compost se realizó el análisis de los organismos totales e identificar los principales microorganismos que determinan su calidad. Con respecto a los organismos totales, las bacterias totales son los que se encuentran en mayores cantidades en cada compostera. Para demostrar las diferencias entre las bacterias, hongos y actinomicetos totales, se realizó el análisis estadístico ANOVA y la prueba de Tukey según el caso.

En el análisis de variancia se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$), entre los organismos totales de la dos composteras, con un coeficiente de variación de 14,94% y un promedio total de $8,24 \times 10^6$ UFC/g de suelo, se realizó la transformación a logaritmo

natural para su análisis y del cual se obtuvo un promedio total de 10,49 UFC/ g de suelo (Tabla 3.14).

Tabla 3.14. Análisis de variancia. La población de los organismos totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F. de V.	GL	S.C.	C.M.	F. cal	Pr<F
ORGANISMOS	2	2572,79	1286.39	523.03*	<.0001
Error	283	696.04	2.45		
Total	285	3268.84			
C.V. (%)	14.94				
$\bar{X}^*(LnX)$	10.49 UFC/ g				

Al analizar los datos con la prueba de Tukey se presentó dos grupos, la cantidad de bacterias totales forman el primer grupo y difieren significativamente ($P < 0,05$), de las cantidades de hongos y actinomicetos totales, estos últimos no presentan diferencias en el compost del Parque Itchimbía y forman el segundo grupo (Figura 3.17).

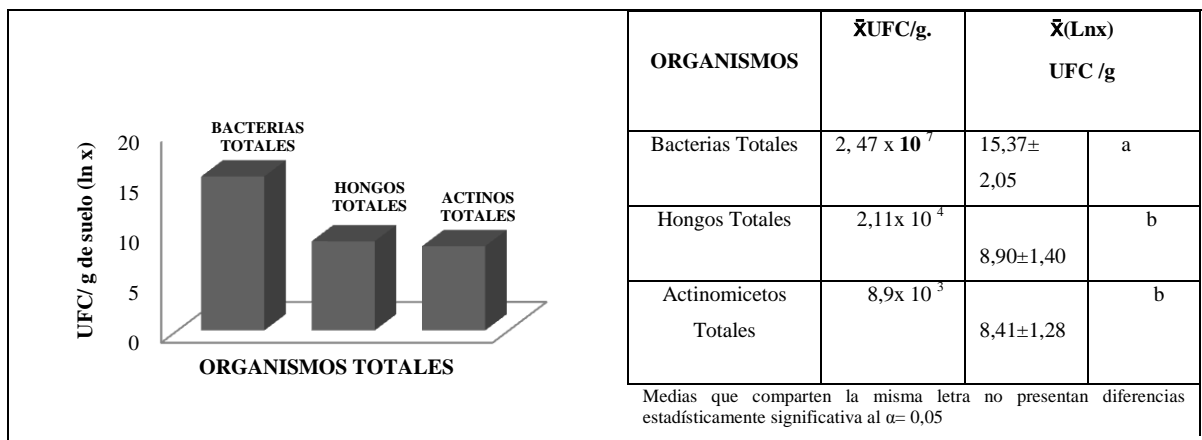


Figura 3.17. Población de los organismos totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

3.2.1.1. Análisis de las Bacterias Totales

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la compostera I y la compostera II con respecto a la población de bacterias totales; donde se obtuvo un coeficiente de variación del 33,33% y un promedio total de $3,95 \times 10^7$ UFC/ g de suelo, y con la transformación a logaritmo natural se obtuvo un promedio total de 1,49 UFC/g de suelo (Tabla 3.15).

Tabla 3.15. Análisis de variancia. La población de bacterias totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
COMPOSTERAS	1	1,08	1,08	4,44*	0,037
ERROR	107	26,16	0,24		
TOTAL	108	27,24			
C.V. (%)	33,005				
$\bar{x}(\text{Ln } X)$.	1,49 UFC/g				

La mayor población de bacterias totales se presentó en la compostera I con un promedio de $4,053 \times 10^7$ UFC/g de suelo, superior al promedio de la compostera II que tuvo un promedio total de $8,607 \times 10^6$ UFC/ g de suelo, como lo demuestra en la figura 3.18.

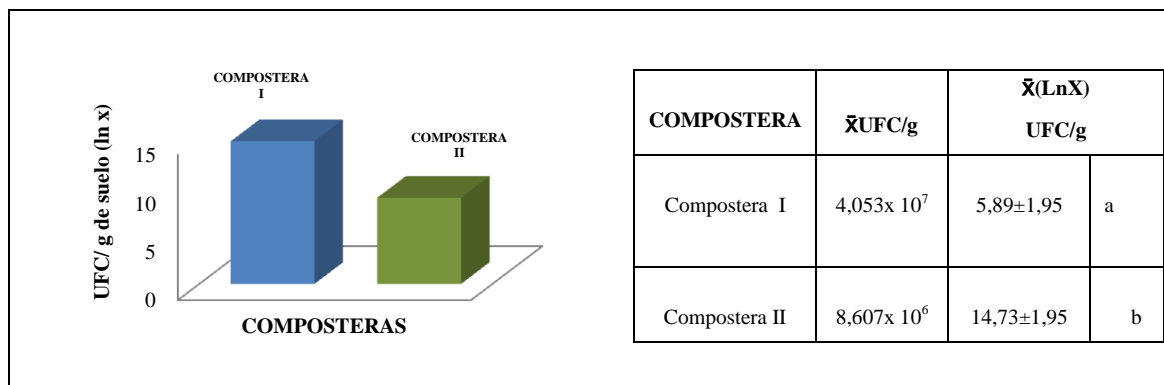


Figura 3.18. Población de bacterias totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía .Quito–Pichincha, 2008

Se observó una elevada cantidad de bacterias totales del mismo color y forma (Anexo H). Se realizó la prueba de tinción Gram y se encontró mayor porcentaje de bacilos Gram negativos con un 50,65% y bacilos Gram positivos con un porcentaje de 49,62% (Tabla 3.33). Las frecuencias observadas sobre la predominancia de los bacilos Gram negativos se lo demuestra por medio de un grafico en la figuras 3.19.

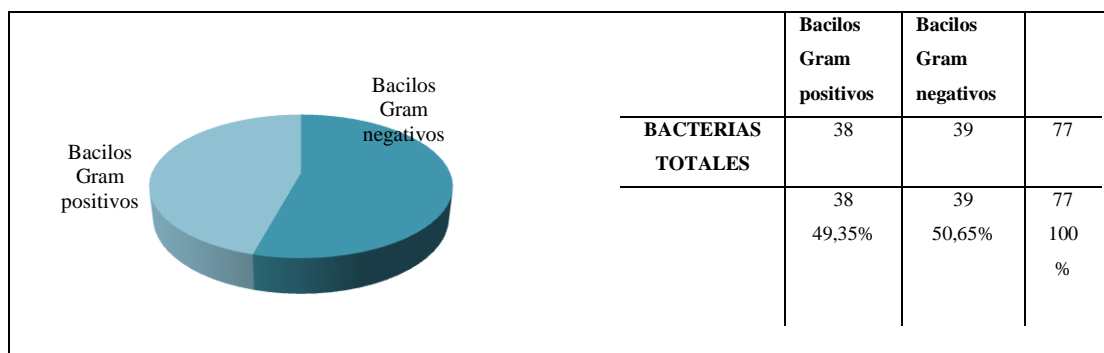


Figura 3.19. Frecuencias de la tinción de bacterias totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía Quito- Pichincha. 2008.

De acuerdo a la prueba de tinción Gram, se observó un porcentaje superior bacilos Gram negativos en cada una de las composteras, como se observa en la Figura 3.20.

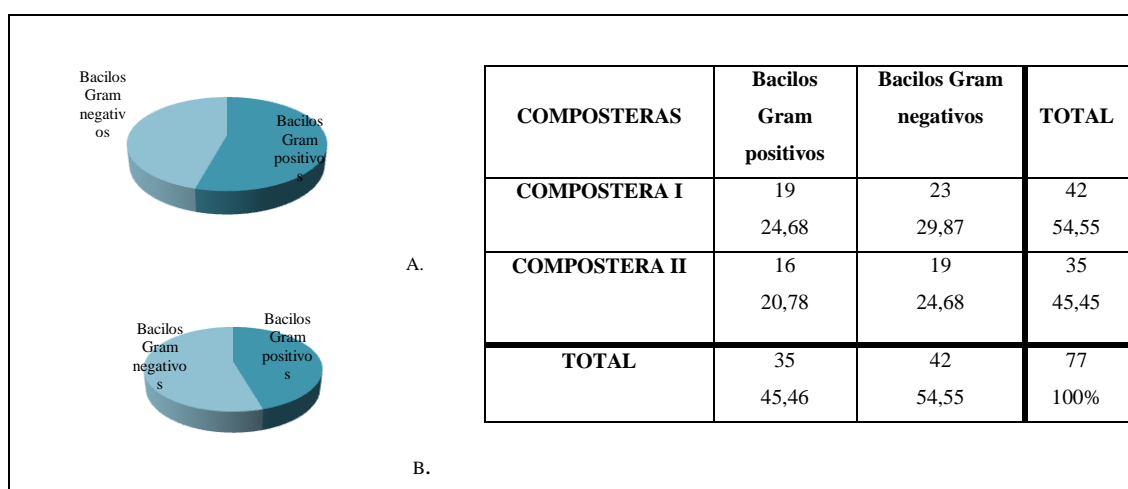


Figura 3.20. Frecuencias de la tinción Gram de las bacterias totales (UFC/g de suelo) encontrados compost del Parque Itchimbía Quito-Pichincha, 2008. (A). Compostera I, (B) Compostera I.

3.2.1.2. Análisis de los Hongos Totales

Se realizó el análisis de variancia entre las poblaciones de hongos totales en las dos composteras, donde se encontró diferencias significativas ($P < 0,05$) y un coeficiente de variación de 14,84% y un promedio total de $2,11 \times 10^4$ UFC/g de suelo, con su transformación a logaritmo natural el promedio total fue de 8,09 UFC/g de suelo, (Tabla 3.16).

Tabla 3.16. Análisis de variancia. La población de hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
COMPOSTERAS	1	24,80	24,80	14,19**	0,0003
ERROR	100	174,84	1,74		
TOTAL	101	199,64			
C.V. (%)	14,84				
$\bar{x}(\text{Ln X})$	8,09 UFC/g				

Con la prueba de Tukey, se encontró que el promedio de los hongos totales en la compostera I con $3,497 \times 10^4$ UFC/g de suelo, (primer grupo), presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) con la compostera II que tiene un promedio de $7,28 \times 10^3$ UFC/g de suelo (Figura 3.21).

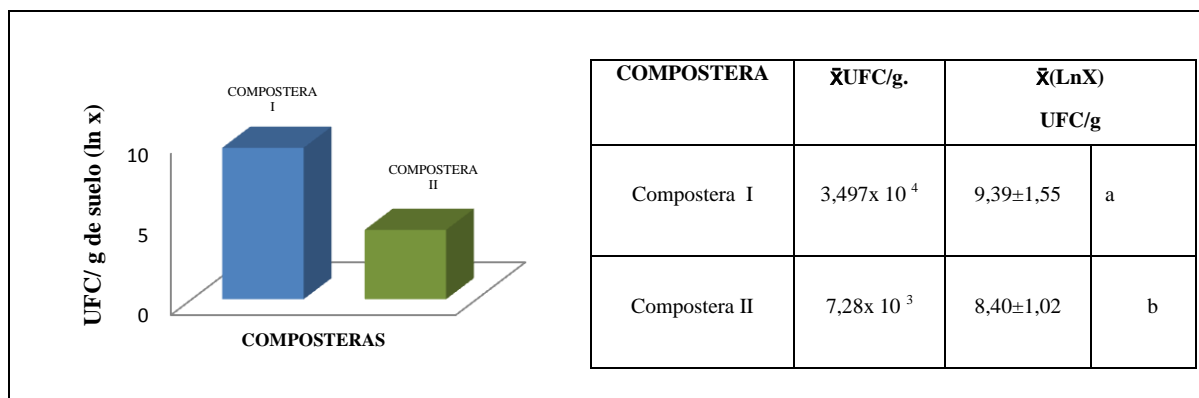


Figura 3.21. Población de hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito–Pichincha, 2008.

Los hongos con crecimiento compacto fueron los de mayor presencia con un porcentaje del 43,22 % en el compost, también se presentaron hongos de crecimiento algodonoso con un porcentaje de 35,02%, como se muestra en el siguiente Tabla 3.17.

Después de ser identificados por medio de la microscopia óptica resultaron ser en su mayoría hongos del géneros *Aspergillus* (verdes, amarillas y blancos), *Penicillum* (verdes y blancos), *Mucor* (filamentoso largos blancos). Ver anexo I.

Tabla 3.17. Frecuencias de la población de hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbia. Quito-Pichincha, 2008.

		CRECIMIENTO		
		Crecimiento algodonoso	Crecimiento compacto	
COLOR	Verde	20	117	137 43,22%
	Blanco	99	12	111 35,02%
	Amarillas	32	4	36 11,36%
	Negras	2	0	2 0,63%
	Verde claro	28	1	29 9,15%
	Rosado	2	0	2 0,63%
		183 57,37%	134 42,27%	317 100 %

En la figuras 3.22 se mostró la variedad de color y el crecimiento de los hongos identificados como en el compost del Parque como son los del género *Asperguillus*, *Penicillum*, *Mucor* y otros.

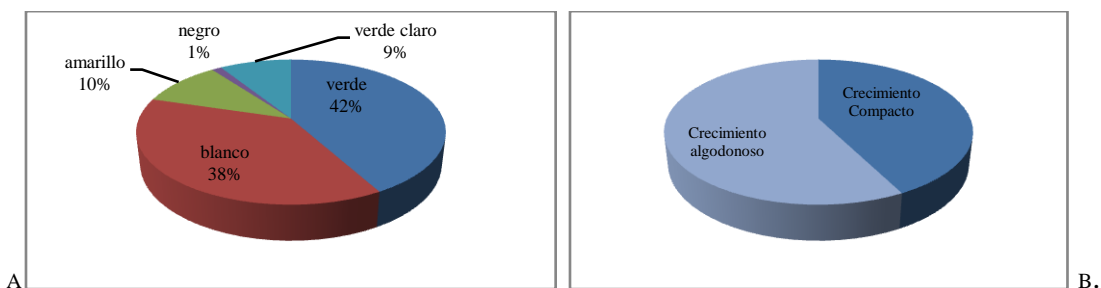


Figura 3.22. Frecuencias del color y el crecimiento de los hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito- Pichincha. 2008. A. Color, B. Crecimiento

La variedad de colonias de hongos en lo que se refiere a la forma de crecimiento y el color, se encontraron de tal forma que los hongos de crecimiento compacto de color verde son de mayor cantidad, también se observó una mínima presencia de hongos de color rosado en la compostera I, como se lo demuestra en la tabla 3.18.

Tabla 3.18. Frecuencia del color y el crecimiento de los hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost de cada compostera del Parque Itchimbía .Quito-Pichincha, 2008.

Composteras	FORMA												TOTAL
	Crecimiento Algodonoso						Crecimiento compacto						
	color						color						
	Verde	Blanco	Amarillo	Negro	Verde Claro	Rosad	Verde	Blanco	Amarillo	Negro	Verde Claro	Rosad	
I	13	54	15	2	14	-	57	9	2	-	1	-	167
	4,10	17,03	4,74	0,63	4,42		17,98	2,89	0,63		0,32		52,74
II	7	45	17	-	14	2	60	3	2	-	-	-	150
	2,21	14,20	5,06		4,42	0,63	18,93	2	1,33				50,5
TOTAL	20	99	32	2	28	2	117	12	4	-	1	--	317
	6,31	31,20	16,07	0,63	8,84	0,63	36,91	4,89	1,96		0,32		100%

En la figura 3.23 se demuestra la variedad en las colonias de hongos totales existentes en el compost, con la mayor presencia de hongos de crecimiento compacto verde en la compostera II, en cambio en la compostera I se observa una mayor presencia de hongos de crecimiento algodonoso de color negro y rosado (Anexo I).

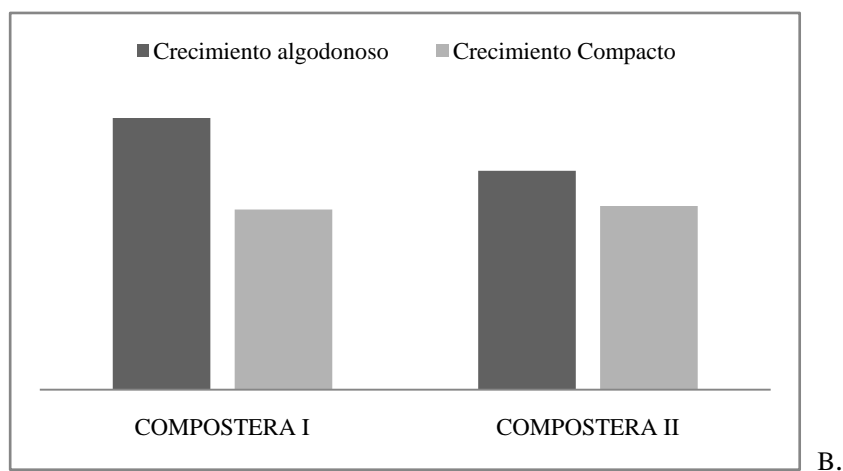
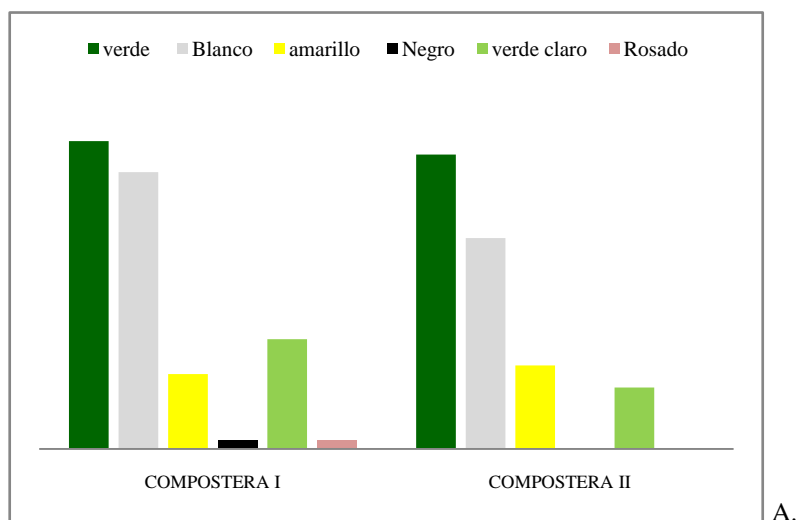


Figura 3.23. Frecuencias del color y la forma de los hongos totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía .Quito –Pichincha, 2008. (A). Color, (B) Forma.de crecimiento.

3.2.1.3. Análisis de los Actinomicetos Totales

No se encontró diferencias significativas entre las dos composteras como señala la tabla 3.19. Se obtuvo un coeficiente de variación de 15,21% y un promedio total de $8,98 \times 10^3$ UFC/g de suelo y con su respectiva transformación a logaritmo natural el promedio fue de 8,41 UFC/g de suelo.

Tabla 3.19. Análisis de variancia. La población de actinomicetos totales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
COMPOSTERAS	1	1,73	1,73	1,06 ^{ns}	0,306
ERROR	104	170,52	1,63		
TOTAL	105	172,26			
C. V. (%)	15,21				
\bar{x} (Ln X)	8,41UFC/g				

Sin embargo la compostera I presentó diferencias matemáticas con un promedio de $1,02 \times 10^4$ UFC/g de suelo, superior al promedio de la compostera II con $7,75 \times 10^3$ UFC/g de suelo, como se lo demuestra en la figura 3.24.

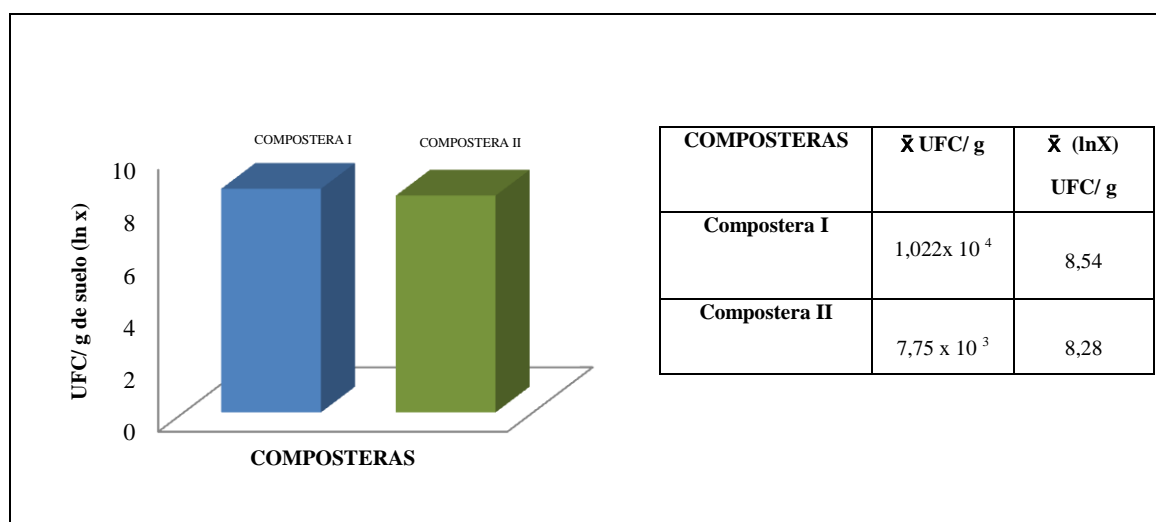


Figura 3.24. Población de Actinomicetos totales encontrados (UFC/g de suelo) en el compost del Parque Itchimbía. Quito-Pichincha, 2008.

No se encontró diferencias en la variedad de color y forma, los actinomicetos se presentaron de color blanco como se lo pueden observar en el Anexo (J).

3.2.2. Grupos Funcionales

Para determinar que el compost que se realiza en el Parque Itchimbía es de calidad; se identificó a los organismos de grupos funcionales y se utilizó medios específicos para obtener bacilos Gram negativos, organismos celulíticos, fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosforo y la presencia de *Pseudomonas* (Anexo K).

No se mostró diferencias significativas, como se observa en la tabla 3.20, además se presentó un coeficiente de variación del 10,26% y un promedio total $1,30 \times 10^4$ UFC/g de suelo, con la transformación a logaritmo natural el promedio total fue de 8,91 UFC/ g de suelo.

Tabla 3.20. Análisis de variancia. Población de los grupos funcionales (UFC/g de suelo) encontradas en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F. de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
ORGANISMOS	4	8.62	2.15	2.58 ^{ns}	0.065
ERROR	22	18.39	0.83		
TOTAL	26	27.03			
C.V. (%)	10.26				
\bar{x}.(Ln X)	8.91 UFC/ g				

No se encontró diferencias significativas, pero se observan diferencias matemáticas en los promedios de las unidades formadoras de colonia de las *Pseudomonas*, Bacilos Gram negativos, Organismo fijadores de nitrógeno, celulolíticos y los solubilizadores de fósforo este último con un promedio de $3,56 \times 10^3$ UFC/g de suelo; como se lo encuentra en la figura 3.25.

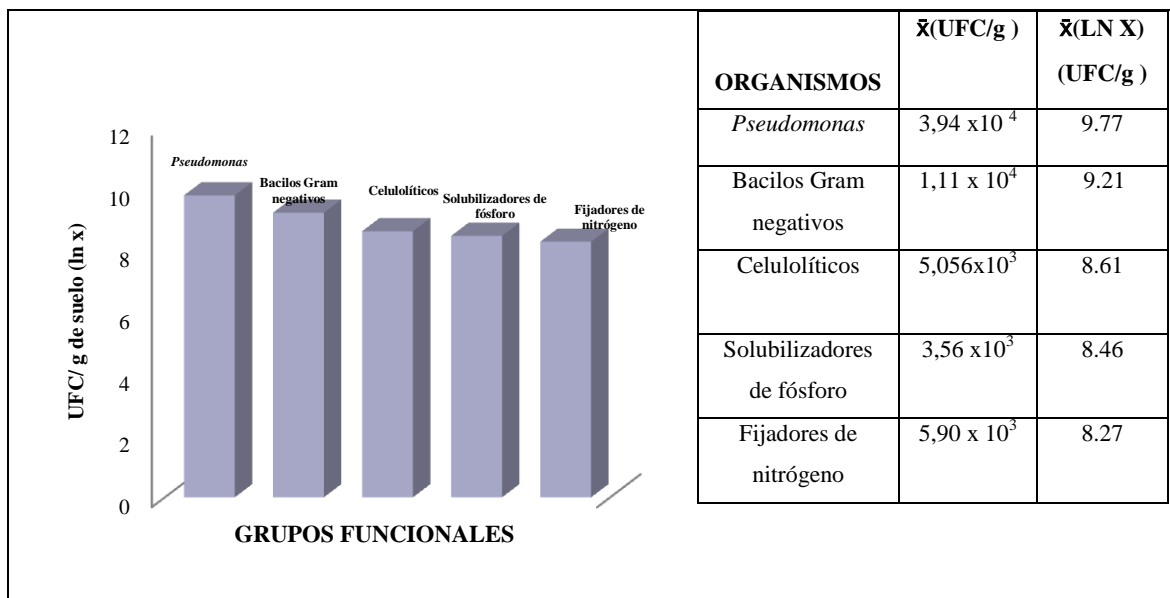


Figura 3.25. Población de los Grupos funcionales (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito –Pichincha, 2008.

3.2.2.1. Análisis de Bacilos Gram negativos.

La población de los bacilos Gram negativos en el compost del Parque Itchimbía no se presentaron con diferencias significativas, se obtuvo un coeficiente de variación del 3,80% y un promedio total de $1,11 \times 10^4$ UFC/g de suelo, para realizar su análisis estadístico se transformó a logaritmo natural y se obtuvo un promedio total de 9,21 UFC/g de suelo (Tabla 3.21)

Tabla 3.21. Análisis de variancia. La población de bacilos Gram negativos (UFC/g de suelo) encontradas en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
COMPOSTERA	1	0,55	0,55	4,53 ^{ns}	0,104
ERROR	4	0,49	0,12		
TOTAL	5	1,05			
C.V. (%)			3,80		
\bar{x} LnX			9,21 UFC/ g		

Se encontró diferencias matemáticas en los promedio de la compostera I con $1,49 \times 10^4$ UFC/ g de suelo, superior al promedio de la compostera II. En la figura 3.26 se demuestra su diferencia.

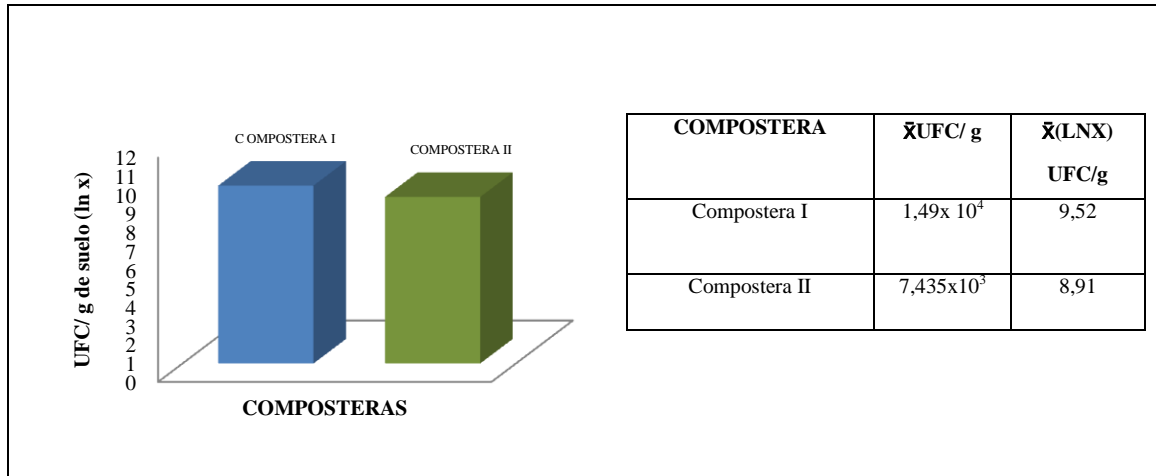


Figura 3.26. Población de bacilos Gram negativos (UFC/g de suelo) encontradas en el compost del Parque Itchimbía .Quito – Pichincha, 2008.

3.2.2.2. Análisis de los Organismos Celulolíticos

Entre la dos composteras no se encontró diferencias significativas, se obtuvo un coeficiente de variación del 3,58 %, con un promedio total $5,056 \times 10^3$ UFC/g de suelo, también se transformó a logaritmo natural y su promedio total fue de 8,61 UFC/g de suelo (Tabla 3.22).

Tabla 3.22. Análisis de variancia. La población de los organismos celulolíticos (UFC/g de suelo) encontrados el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
COMPOSTERAS	1	0,55	0,55	4,53 ^{ns}	0,104
ERROR	4	0,49	0,12		
TOTAL	5	1,05			
C. V. (%)	3,58				
\bar{X} (Ln X)	8,61 UFC/ g.				

El promedio de la compostera II no presentó diferencias matemáticas, el promedio de la compostera I; como se lo observa en la figura 3.27.

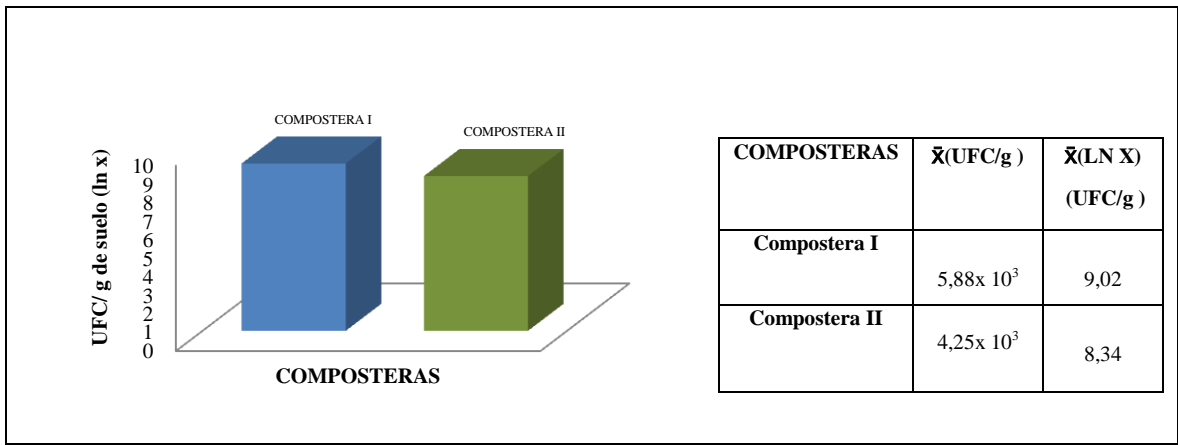


Figura 3.27. Población de organismos celulolíticos (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía .Quito – Pichincha, 2008.

3.2.2.3. Análisis de los Organismos Solubilizadores de Fósforo

En las dos composteras, no existen diferencias significativas por la presencia de organismos solubilizadores de fósforo, se obtuvo un coeficiente de variación de 7,33% y un promedio total de $3,56 \times 10^3$ UFC/g de suelo, con su transformación a logaritmo natural el promedio total fue de 8,46 UFC/g de suelo (Tabla 3.23).

Tabla 3.23. Análisis de variancia. La población de los organismos solubilizadores de fósforo (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F. de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
COMPOSTERAS	1	0,14	0,14	0,37 ^{ns}	0,601
ERROR	2	0,77	0,38		
TOTAL	3	0,91			
C.V. (%)	7,33				
\bar{x} (Ln X)	8,46 UFC/ g				

Los promedios de los organismos solubilizadores de fósforo que se encontraron en la compostera I no difieren del promedio de la compostera II, como se lo observa en la figura 3.28.

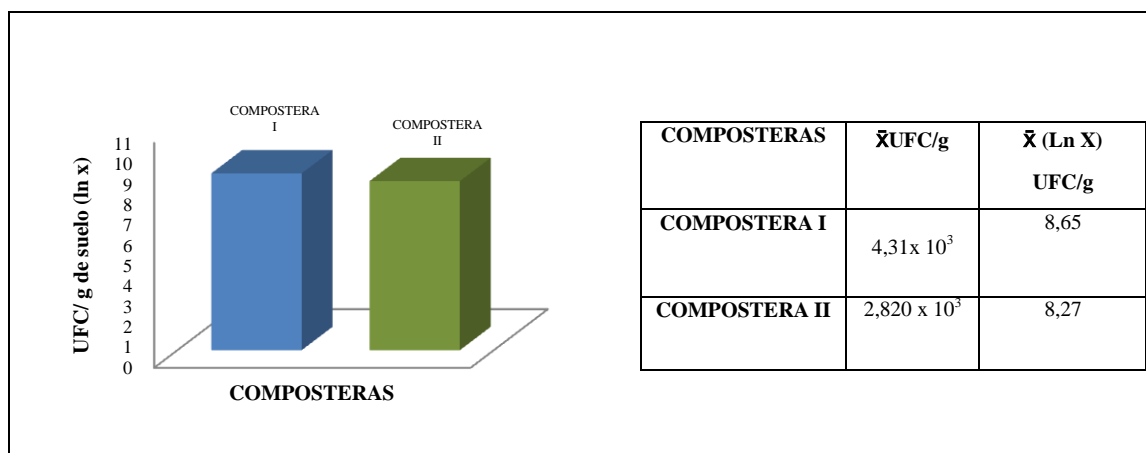


Figura 3.28. Población de los organismos solubilizadores de fósforo (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

En las muestras de compost se encontró hongos y bacterias solubilizadores de fósforo, resultando los más frecuentes los hongos con un porcentaje del 75% y las bacterias con un 25% (Figura 3.29).



Figura 3.29. Frecuencias de los organismos solubilizadores de fósforo (UFC/g de suelo) en el compost del Parque Itchimbía. Quito- Pichincha. 2008.

3.2.2.4. Análisis de los Organismos Fijadores de Nitrógeno

En la tabla 3.24, se demuestra los organismos fijadores de nitrógeno no tienen diferencias significativas en las dos composteras del Parque Itchimbía, se obtuvo un coeficiente de variación de 15,76% y un promedio total de $5,90 \times 10^3$ UFC/ g de suelo. Se realizó la transformación a logaritmo natural y el promedio total fue de 8,27 UFC/g de suelo.

Tabla 3.24. Análisis de variancia. La población de los organismos fijadores de nitrógeno (UFC/g de suelo) encontrados en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
COMPOSTERA	1	0,0000065	0,0000065	0,0000000001 ^{ns}	0,998
ERROR	4	6,81	1,702		
TOTAL	5	6,81			
C.V. (%)	15,76				
\bar{x} (Ln X)	8,27 UFC/g				

En cuanto a los promedios de los organismos fijadores de nitrógeno se encontraron cantidades similares en la compostera I ($7,06 \times 10^3$ UFC/g de suelo), con la compostera II ($4,743 \times 10^3$ UFC/g de suelo), como se lo demuestra en la figura 3.30.

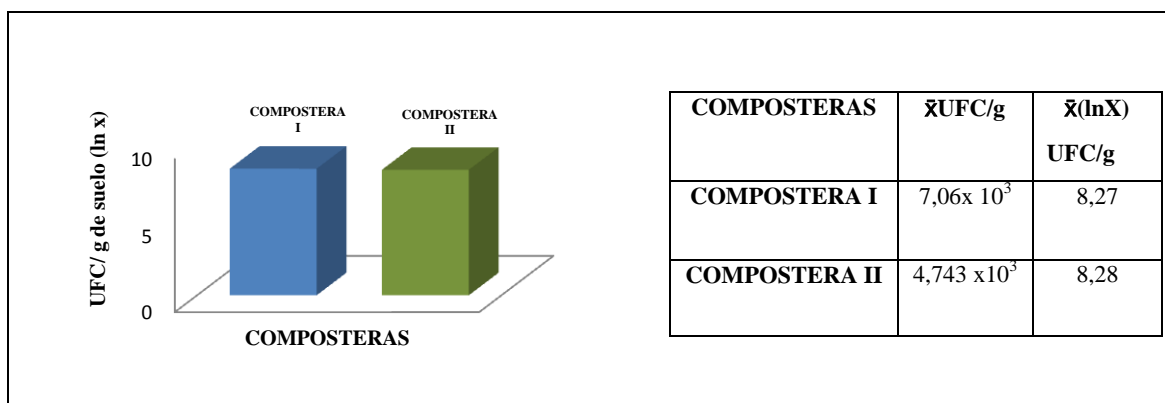


Figura 3.30. Población de los organismos fijadores de nitrógeno (UFC/g de suelo) encontradas en el compost del Parque Itchimbía. Quito– Pichincha, 2008.

3.2.2.5. Análisis de las *Pseudomonas*

No se presentó diferencias significativas en la presencia de *Pseudomonas* en las dos composteras. El coeficiente de variación que se obtuvo fue de 11,27% y su promedio total de $3,94 \times 10^4$ UFC/ g de suelo, además se realizó la transformación a logaritmo natural y el promedio fue de 9,77 UFC/ g de suelo (Tabla 3.25).

Tabla 3.25. Análisis de variancia. Población de *Pseudomonas* (UFC/g de suelo) encontrada en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008

F.de V.	Gl.	S.C.	C.M.	F. Calculado	PR>F
COMPOSTERAS	1	3,92	3,92	3,23 ^{ns}	0,14
ERROR	4	4,85	1,21		
TOTAL	5	8,77			
C. V. (%)	11,27				
$\bar{x}(\ln X)$	9,77 UFC/g				

A pesar de no tener diferencias estadísticas, se puede observar en la figura 3.33, que se presenta diferencias matemáticas en los promedios de cada compostera, encontrado mayor cantidad en la compostera I ($7,09 \times 10^4$ UFC/g de suelo), como se lo observa en la en la figura 3.31.

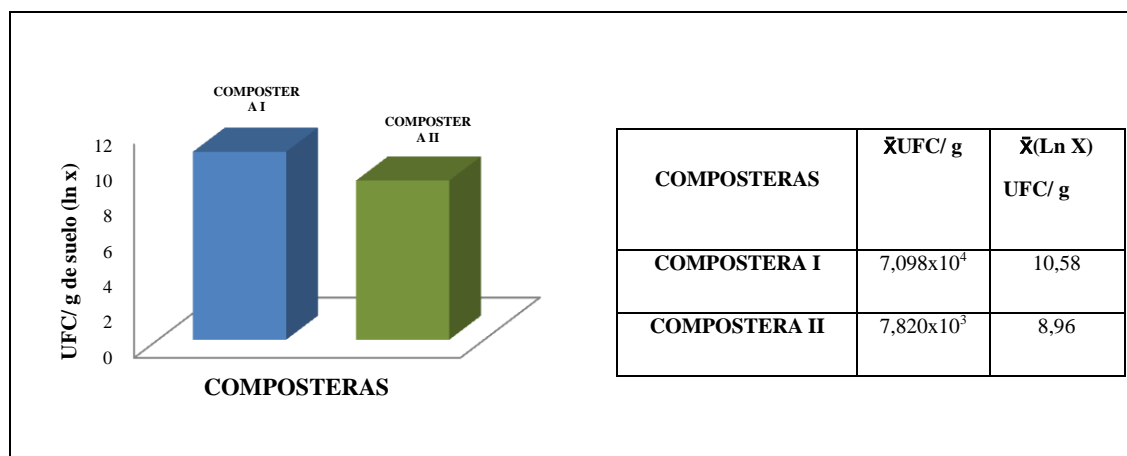


Figura 3.31. Población de *Pseudomonas* (UFC/g de suelo) encontradas en el compost del Parque Itchimbía. Quito – Pichincha, 2008.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN

4.1. Suelo

4.1.1. Organismos Totales

Los organismos totales en el suelo del Parque Itchimbía mostraron diferencias entre ellos, la población de bacterias totales mostró una cantidad superior a las poblaciones de hongos y actinomicetos totales, demostrando de esta manera que el suelo de las áreas del Parque Itchimbía son unos hábitats con múltiples variables que influyen en la cantidad de las poblaciones microbianas.

Los organismos totales en cada una de las áreas del Parque, se presentaron de forma abundante, con cantidades que se encuentran dentro de los límites para que el suelo de cada área sea considerado de calidad (sano y fértil). Como por ejemplo los resultados encontrados en las investigaciones relacionadas con el estudio de la microbiología del suelo, en diversos tipos de suelo algunos con características similares a las del Parque y otros con características diferentes, como lo realizaron Morales (2007), Palacios, (2004).

4.1.1.1. Bacterias Totales

El promedio de las bacterias en un suelo sano, fértil y productivo (Uribe, 1999) se presenta con valores superiores a la 10^3 UFC, los promedios de las bacterias totales encontrados en el suelo de cada una de las áreas, se mantienen dentro de los límites permitidos, para determinar que el suelo en la totalidad del Parque está recuperando su calidad microbiológica.

Su presencia y cantidad puede estar influenciada directa o indirectamente por factores medio ambientales como la humedad, la temperatura y otros (Alexander, 1991).

El pH (Anexo L) en el suelo del Parque puede o no influir en la población de las bacterias totales, pero se encontró que el área V (Sector Área Recreacional Norte) tuvo una

mayor población y su pH es prácticamente neutro. Otro ejemplo es el área II (Sector de los Colegios) en la que se observó una menor cantidad de bacterias totales y el suelo tiene un pH neutro, pero en este caso se encontró restos de escombros y basura en su superficie y a los 20 cm profundidad en la que se tomó las muestras.

4.1.1.2. Hongos Totales

Se considera que el suelo del Parque Itchimbia, mantiene una moderada densidad poblacional con una diversidad de géneros microbianos no obstante el número de hongos totales en el suelo del Parque se encuentra dentro del límite inferior de los estándares indicados para suelos productivos y sanos (Tabla 2.1).

Se observó diferencias matemáticas en los promedios de las unidades formadoras de colonia de los hongos totales, también se encontró una elevada variedad de géneros, como fue el caso del suelo del área VIII (Quebrada Sur), esto puede ser posiblemente a que esta área tiene mayor cantidad de nutrientes, vegetación y una compactación que hace que los organismos se reproduzcan rápidamente. En cambio en el área VII (Quebrada Norte) tiene menor cantidad de hongos esto posiblemente por la pérdida de oxígeno, la deficiencia de nitrógeno y otros factores que provocan que la presencia de hongos propios del suelo sea deficiente (Alexander, 1980).

Según datos bibliográficos (Alexander, 1999; Silva de Carry, 1994), indican que las colonias de hongos son predominantes en suelos ácidos, ya que con esta clase de pH las colonias de los hongos favorecen a la captación de agua y nutrimentos para el suelo, además no presentan competencia con bacterias y actinomicetos. El pH en el que se encuentran la mayoría de las áreas del Parque es neutro a excepción del área IV que se encuentra ligeramente ácido y el área VIII que se encuentra ligeramente alcalina. (Anexo L). Una cantidad elevada de colonias de hongos totales se encuentran en el área III, que tiene un pH ligeramente neutro, lo que nos indica que los microorganismos se adaptan a diferentes condiciones para su sobrevivencia.

Se encontró diversidad de hongos (color y forma) en la mayoría de suelos, desde el área IV hasta el área VIII, con diferentes valores de pH. En un suelo ácido tiene mayor

diversidad de géneros microbianos y se lo considera como bioindicador para mostrar la estabilidad y dinámica de una comunidad microbiana (Arevalo, 2004); también nos indica que la mayor diversidad de hongos viven en condiciones aeróbicas.

La humedad influye en el ciclo metabólico de los hongos como lo menciona Alexander (1991), pero en este caso no mostró influencia, ya que el porcentaje de humedad de las muestras de suelo de cada una de las áreas fue similar; aunque la cantidad de colonias de hongos fue variable.

4.1.1.3. Actinomicetos Totales

Se encontró una escasa cantidad de colonias de actinomicetos en el análisis microbiológico, ya que deben estar siempre altas: de 10^5 a 10^8 UFC por gramo de suelo, esto puede darse a que el suelo de las ocho áreas del Parque Itchimbía estuvieron deteriorados y con ausencia de materia orgánica. Cabe recordar que el gran contenido en materia orgánica presente en el suelo provoca cantidades de actinomicetos superiores a los de bacterias y hongos; sin embargo, no se debe olvidar que, la estacionalidad del clima, labores culturales y otros que influyen particularmente sobre el número de esta clase de microorganismos (Cabrales, 2006).

La población de actinomicetos es de gran interés para determinar la calidad del suelo, porque su presencia demuestran que el suelo es sano y que mantiene los niveles de nutrientes elevados para ser productivo (Sivila de Cary, 2004). La población encontrada en las ocho áreas del Parque es baja con respecto a los resultados que se obtienen en otras investigaciones, ya que los actinomicetos deben constituir el 50 % de la comunidad total de microorganismos en el suelo; pero en este caso solo se presentó un 10%; y en su mayoría fueron los actinomicetos del género *Streptomyces*.

El pH, la humedad y la cantidad de materia orgánica (Anexo L) pueden tener influencia en cantidad de actinomicetos que se encuentran en el suelo del Parque; generalmente los actinomicetos se los encuentra en suelos ricos en materia orgánica, no

toleran pH bajos, suelos húmedos y con baja aireación (Sánchez, 2004). La mayoría de muestras de suelo no presentaron las características antes mencionada, principalmente en el porcentaje de materia orgánica ya que fue bajas en siete áreas (0,60-2,70%) a excepción del área III que su porcentaje fue medio (3%), pero en esta área la cantidad fue menor a la encontrada en las áreas restantes.

4.1.2. Grupos Funcionales

El conteo de los grupos funcionales en el suelo del Parque, nos permitió observar un mayor número de Bacilos Gram negativos y *Pseudomonas* (Tabla 3,16 y Figura 3.11), que constituyeron los grupos con mayor cantidad de unidades formadoras de colonia (UFC) en los suelos de las ocho áreas.

La abundancia de estos grupos de organismos se puede darse por la descomposición del material orgánico que se encuentra presente en el suelo, generalmente se da porque sus moléculas complejas son rápidamente degradadas, de forma tal que sus componentes están disponibles para otros grupos bacterianos como los celulolíticos y otros (Torres y Lizarazo, 2006).

4.1.2.1 Bacilos Gram negativos

En las muestras de las ocho áreas de estudio del Parque, la población de Bacilos Gram negativos fue elevada, con respecto a los otros grupos funcionales.

Especialmente en áreas donde la presencia de animales domésticos y personas es constante; como es el caso del área II (Sector de los colegios). La presencia de Bacilos Gram negativos en el suelo del parque, no significa que se encuentre contaminados con organismos patógenos, al contrario estas son bacterias que poseen enzimas capaces de desdoblar la lactosa en glucosa y galactosa (Prescott, 1990), elementos que se encuentran en los residuos de plantas, también los Bacilos Gram negativos, actúan en los residuos de heces fecales de animales, cuya degradación es lenta; características que hacen a este grupo resistente a las diversas condiciones que se presenta el medio ambiente.

Según Vittorio (1979) la presencia de las colonias Bacilos Gram negativos en suelos con características similares a las que se encuentra en el suelo del Parque, poseen una cantidad aproximada de 10^6 a 10^7 UFC, en cambio en el suelo del Parque se encontró una cantidad de Bacilos Gram negativos baja, ya que se mantuvo entre 1×10^3 a 4×10^3 UFC.

4.1.2.2 Población de Organismo Celulolíticos

La cantidad de organismos celulolíticos que se encontró en las ocho áreas de estudio del Parque, estuvo entre los 10^3 UFC, resultados semejantes a los encontrados en otras investigaciones como la de Morales, (2007).

Al observar los resultados se puede considerar que la celulosa no está fácilmente disponible en el suelo del parque, ya que esta generalmente forma parte del material que cae en el suelo como hojas secas, madera y otros que poseen las misma características ; como es el caso del área V (Sector Área Recreacional Norte) donde la cantidad de organismos celulolíticos fue superior, esto se debe principalmente a que en esta área se encuentran diferentes tipos de vegetación (pastos, arbustos pequeños, alpachochos y otros) que se los considera como fuentes de nutrición para estos organismos. En el área I (Sector Piedrahita) donde la cantidad de organismo celulolíticos fue de baja, se debe a la presencia únicamente de kikuyo. Actualmente en esta área se cultiva variedades de árboles los cuales contribuirán en un futuro al incremento de los organismos celulolíticos.

4.1.2.3. Población de Organismos Solubilizadores de fósforo

El fósforo es un elemento que después del nitrógeno, se lo considera uno de los nutrientes que mas requieren las plantas y los microorganismos para su desarrollo además es un elemento que señala el límite en el desarrollo vegetal y puede estar presente en forma inorgánica como orgánica.

Las características química del suelo de las ocho áreas (Anexo L) en su mayoría son similares, pero el porcentaje de fósforo como elementos fue diferente, como son el caso del

área VI (Intersección de las Quebradas Norte y Sur) y el área VII (Sector Quebrada Norte) cuyas cantidades son bajas (5,60 y 6,50 ppm respectivamente) en cambio la cantidad presente en el área III (Sector del Bosque de los Arrayanes) fue elevado con 111,0 ppm. No tuvo influencia en la cantidad de microorganismos solubilizadores fósforo; como se muestra en la tabla 3.18, el área III que presentó una baja cantidad de organismos solubilizadores de fósforo, con respecto a las cantidades en las otras áreas.

El pH no influye en la aparición de esta clase de organismos, ya que poseen resistencias a los cambios de pH de los suelos; generalmente se los encuentra en suelos alcalinos, aunque también pueden presentarse en suelo neutros donde su crecimiento es óptimo y pueden presentarse valores altos de unidades formadoras de colonias (UFC) de organismos solubilizadores de fósforo (Torres y Lizarazo, 2006).

La variabilidad de microorganismos solubilizadores de fósforo nos permitió observar hongos y bacterias con la habilidad de solubilizar fosfato tricálcico, como lo menciona Fernández (2005). Cabe destacar que la mayor habilidad para solubilizar fosfato tricálcico son los hongos con respecto a las bacterias. En general, los aislamientos de micelios exhiben mayor poder solubilizador que las células procariotas tanto en medio líquido como sólido. Incluso esta capacidad en las bacterias se puede perder cuando se realizan sucesivas transferencias de cultivos bacterianos, pero esto no ocurre en el caso de los hongos (Kucey, 1983).

4.1.2.4. Población de Organismos Fijadores de Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los minerales constituyentes de la génesis del suelo. Por esta razón es importante aprovechar por medios bioquímicos el N₂ existente en el aire. El nitrógeno del suelo proviene básicamente de la descomposición de la materia orgánica, del aporte simbiótico (endógeno) y también cuando lo aplica el ser humano (Ortega, 2004).

La fijación biológica de N₂ que se encuentra en la atmosfera, la pueden realizar un sin número de microorganismos del suelo, pero generalmente es efectuada por bacterias de

vida libre, algas verdes azules que hacen uso del N₂ por medios no simbióticos (Alexander, 1980). En las ocho áreas del Parque, el proceso de fijación de N₂ la realiza las bacterias asimbióticas como las bacterias del género *Azotobacter* (Burgues, 1971).

Las bacterias aerobias que realizan el proceso de fijación del nitrógeno en el suelo se encontraron en una baja cantidad con respecto a la población de hongos en las ocho áreas. Su presencia se puede dar a que existen residuos de plantas (kikuyo y paja), restos de estiércol y materia orgánica, aunque en muy poca cantidades (Anexo L).

El pH y el clima pueden influir en la presencia y cantidad de organismos fijadores de nitrógeno en las ocho áreas del Parque, ya que esta clase de organismos se los encuentra con mayor frecuencia en lugares donde la temperatura oscila entre 27⁰ -30⁰ C y su pH debe estar superior a 6 aunque algunas pueden tolerar concentraciones bajas (Vittorio, 1979).

4.1.2.5. Población de *Pseudomonas*

El género que encontramos con mayor frecuencia en el suelo son las *Pseudomonas* (1 000 000 de unidades por gramo de suelo) y son el único género de Gram negativos, que se encuentran tanto en la rizosfera como en el suelo libre y constituyen del 1 al 30 % de la población bacteriana (Burgues, 1971).

La cantidad de *Pseudomonas* en el suelo de las ocho áreas se mantuvo entre 1x10³ hasta 4X10³UFC en un gramo de suelo y no significa que el suelo está contaminado al contrario se puede deducir que se recupera progresivamente, ya que las *Pseudomonas* encontradas en el suelo promueven el crecimiento de plantas y reducen la incidencia de enfermedades causadas por microorganismos patógenos ya que tienen la capacidad para sintetizar y liberar metabolitos capaces de inhibir su crecimiento (Fernandez,2006).

Las características químicas que presenta el suelo de Parque como la humedad, el pH y la materia orgánica pueden tener influencia en la cantidad de *Pseudomonas*, aunque no se comprobó si son estas son las causas para la elevada cantidad de esta clase de organismos.

4.2. COMPOST

4.2.1 Organismo Totales

Al estar el Parque en un proceso de recuperación con el cultivo permanente de plantas nativas para su crecimiento y fortalecimiento se necesita fertilizantes principalmente que no sean tóxicos o nocivos para el ser humano y los animales que transitan y habitan por el Parque, ya que los productos químicos son perjudiciales al medio ambiente y de cierta forma resultan costosos. Por tal motivo en el Parque se produce un producto útil, seguro y sobre todo barato (compost), el cual se lo utiliza como abono orgánico en todas las áreas.

Para formar el compost se utiliza restos de vegetales y de frutas (cáscaras de frutas, restos de gramíneas y pastos) que se obtiene de diferentes lugares que garantiza su esta clase de suministro para la elaboración del compost, también se utiliza estiércoles de animales como el del cuy, del ganado equino y vacuno, los cuales son proporcionados en ciertas ocasiones por la Caballerizas de la policía y de otros lugares que colaboran con el Parque. Por otro lado la materia verde que se utiliza en el proceso de compostaje es la que se obtiene de cada una áreas después de realizar su mantenimiento; por tal razón se analizó química y físicamente reportando buenos resultados, en relación a su estructura, porcentaje de nitrógeno, fósforo y materia orgánica y fue necesario realizar su análisis microbiológico y determinar su calidad.

La población de bacterias totales fue superior en el compost, en relación con las poblaciones de hongos y actinomicetos totales que se mantuvieron en las cantidades permitidas para que el compost sea considerado de calidad microbiológica. Hay que considerar que una gran cantidad de bacterias puede estar formada por poblaciones que benefician la calidad del compost y otras que pueden ser no benéficas para el suelo.

4.2.1.1. Bacterias Totales

La población de bacterias totales fue superior en las dos composteras que tiene el Parque Itchimbia con respecto a la cantidad encontrada en el suelo del mismo Parque; esta clase de microorganismos tienen gran versatilidad bioquímica en la degradación y mineralización de sustancias orgánicas (Montenegro, 2008), lo cual refleja que las condiciones en las están las dos composteras son favorables para la eficiencia metabólica de las comunidades microbianas. Los factores ambientales como la humedad puede influir en este proceso como se observó en la compostera I, donde se encontró mayor cantidad de bacterias totales y un elevado porcentaje de humedad.

4.2.1.2 Hongos Totales

En el caso de la población de hongos totales, se encontró la cantidad necesaria para que el compost sea considerado de calidad, ya que las poblaciones se encuentran entre 1×10^7 UFC/ g de suelo (Bioagro, 2005). Al igual la población de bacterias totales, la población de hongos totales fue superior en la compostera I, lo que podría significar que el compost mantiene una elevada población de microorganismos. En el caso de la compostera II la población de hongos totales fue baja, sin embargo esta cantidad fue suficiente para encontrar variedad en géneros.

Se encontró variedad de hongos, en forma y color; siendo en su mayoría micelos de color verde seguidos de los hongos filamentosos largos blancos, estos últimos son los típicos hongos que crecen en el estiércol de cuy (Viera, 2004), se identificó por medio de la microscopía óptica hongos de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus* y *Mucor*, que mostraron diferentes colores (blanco, verde, amarillo, negro y otros).

4.2.1.3 Actinomicetos Totales

Los actinomicetos que se presentan en el proceso de compostaje aprovechan los sustratos orgánicos que se utiliza para la elaboración del compost. Según Alexander (1990) los actinomicetos pueden resistir diferentes condiciones, gracias a los conidios, que son estructuras que forman parte de un grupo dominante de actinomicetos (*Streptomyces*); también se debe a su eficacia en la degradación de sustancias húmicas y de su aptitud para sintetizar sustancias bióticas.

La población de actinomicetos tiende a ser abundante en suelos cuyo pH fluctúe entre 6,5 y 8, un análisis físico-químico realizado sobre el compost del Parque en el año 2007 menciona que el pH que tiene el compost del es prácticamente neutro, por lo que la presencia de actinomicetos en el compost mostro resultados que se encuentran dentro de lo esperado (1×10^5 UFC/g de suelo).

La compostera I, presentó un promedio superior a la población encontrada en la compostera II, que fue inferior casi en un 50 %, esto puede darse por varios factores especialmente ambientales y de manipulación en el proceso de compostaje, como también del origen de los elementos que tiene el compost; ya que a pesar de tener el mismo tratamiento el resultado es diferente.

4.2.2. Grupos Funcionales

Se analizaron los principales organismos de los grupos funcionales (Bacilos Gram negativos, *Pseudomonas* y los organismos celulolíticos, solubilizadores de fósforo y fijadores de nitrógeno) que el compost debe poseer para contribuir a la regeneración y recuperación del suelo del Parque.

Se observó una elevada presencia de *Pseudomonas* seguida de Bacilos Gram negativos en el compost del Parque Itchimbí, superior a la encontrada en las muestras de suelo, esto puede darse a que los vegetales, estiércol y otros, se encuentran en un proceso

de degradación por lo que es notoria su presencia; también se encontró que la presencia de los organismos solubilizadores de fósforo aunque fue menor, es necesaria para contribuir a la calidad del compost.

Las cantidades de los organismos celulolíticos y fijadores de nitrógeno en el compost del Parque, puede ser la suficiente para equilibrar la población de esta clase de organismos en el suelo, cuando se aplica el compost en el suelo de cada una de las áreas

4.2.2.1. Organismos Celulolíticos

La población de microorganismos degradadores de celulosa, celulolíticos y son también considerados como organismos del ciclo del C. ya que siempre se los encuentra en el proceso del compostaje. Su presencia y cantidad se debe a que la celulosa y la hemicelulosa presente se degrada lentamente, asegurando su sustrato y que este sea permanente por largos periodos (Estrada y Gómez, 2005).

Los organismos celulolíticos presentaron un mayor número de unidades formadoras de colonia (UFC) que los organismos solubilizadores de fósforo y los organismos fijadores de nitrógeno. En las muestras de compost los organismos celulolíticos se encuentran de tal manera que sus promedios son similares y en los rangos establecidos (1×10^3 UFC/g de suelo) para que el compost sea considerado de calidad.

4.2.2.2. Organismos Fijadores de Nitrógeno

Uno de los principales grupos de microorganismos presentes en el compost, que tiene importancia ecológica y económica, son los organismos fijadores de nitrógeno, los cuales deben estar presentes en grandes cantidades. Esto se debe a que el nitrógeno se incrementa en las etapas finales del compostaje por efecto de la pérdida de material orgánico.

La capacidad de fijación de N₂ por bacterias varía considerablemente por la composición del compost, el pH, la temperatura y la humedad, factores que pueden influir en la presencia y variedad de los organismos fijadores nitrógeno (Lara, 2007). En el compost del Parque, la presencia de bacterias del género *Azotobacter* fueron las de mayor presencia en el medio de cultivo (Watanabe).

Al comparar la cantidad de los organismos fijadores de nitrógeno en el compost, con la cantidad de organismos fijadores de nitrógeno en las muestras de suelo, fue superior en el compost que en el suelo. Y entre las composteras de esta clase de organismos la cantidad fue similar.

En relación con los organismos restantes presentes en el compost, su presencia fue menor, aunque sí la suficiente para contribuir a la recuperación y regeneración del suelo que tiene una deficiencia de organismos fijadores de nitrógeno.

4.2.2.3. Organismos Solubilizadores de Fósforo

El segundo grupo de microorganismos que se encuentran en el compost, que tiene similar importancia que los organismos fijadores de nitrógeno, son los organismos solubilizadores de fósforo, presentándose como bacterias y hongos. Los organismos solubilizadores de fósforo poseen la actividad fosfatasa y ayudan en la solubilización del fósforo inorgánico, mediante la disminución del tamaño de sus partículas, reduciéndolas a formas casi amorfas (FAO, 2008). También se da la solubilización por la acción de los ácidos orgánicos e inorgánicos producidos durante el metabolismo de los microorganismos en el proceso de compostaje.

Según investigaciones relacionadas a la calidad microbiológica del compost, la cantidad de organismos solubilizadores de fósforo que deben estar presentes es de 10³ UFC/ g de suelo, y las cantidades encontradas en las dos composteras se mantuvieron en ese rango, esto puede darse a la lenta descomposición de los compuestos orgánicos del fósforo presentes en el compost.

El pH y la humedad pueden estar influenciando en la cantidad y variedad de organismos solubilizadores fósforo, debido a que se encontró bacterias y hongos en los resultados del análisis. Cabe señalar que los hongos tuvieron mayor habilidad para solubilizar el fosfato tricálcico que tiene el medio de cultivo con respecto a las bacterias (Figura 3.30).

4.2.2.4. *Pseudomonas*

La presencia de *Pseudomonas* en el compost del Parque no significa que se encuentre contaminado, debido a que esta clase bacterias producen α -amilasas que degradan el almidón, que se encuentra en el compost. Además poseen capacidad enzimática de degradar diversos componentes como proteasas, glucoamilasas y pectinasas de la pared celular de ciertos hongos y elementos minerales (Cariello, 2007). El tipo de *Pseudomonas* encontradas en el compost son las típicas que se encuentran en el suelo y que pueden mejorar la calidad del compost.

La cantidad de *Pseudomonas* en las composteras se mantuvieron entre los límites 10^3 UFC permitidos para que un compost sea de calidad, la presencia de *Pseudomonas* en la compostera I, fue superior casi de un 100% a la cantidad que se encuentra en el compost de la compostera II; cabe recordar las *Pseudomonas* no son exigentes en cuanto a requerimientos nutricionales y son capaces de utilizar una amplia variedad de fuentes de carbono y nitrógeno como también en diferentes temperaturas, pH y humedad, por tal razón se encuentran en todo el proceso del compostaje (Estrada, 2006).

4.2.2.5. Bacilos Gram negativos

La presencia de Bacilos Gram negativos son muy comunes en los procesos de compostaje, ya que degradan lactosa que posee ciertos elementos, además esta clase de microorganismos presentan la capacidad de degradar una enorme variedad de derivados de los tejidos animales y vegetales. Además intervienen en los procesos de nitrificación,

nitro fijación y se presenta en el ciclo del carbono (Viera, 2004). Ya que producen enzimas extracelulares que descomponen en polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos de los elementos que se encuentran en el proceso de compostaje.

La cantidad de Bacilos Gram negativos en las dos composteras, se mantuvo entre las 10^3 UFC, aunque su presencia en la compostera I fue superior en un 50 % más que la compostera II, cabe recalcar que la humedad que presentó la compostera I fue elevada, lo que provoco posiblemente una mayor presencia de esta clase de microorganismos en las muestras de compost.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

5.1. Suelo

- El suelo del Parque Itchimbía está llegando a la calidad microbiológica, ya que la población de los organismos totales y de los grupos funcionales se encuentran dentro de los límites inferiores (10^3 UFC) para ser un considerado de calidad, según Uribe ,1999.
- En el suelo del Parque Itchimbía se encuentran hongos propios del suelo así como bacterias que en su mayoría son bacilos Gram negativos, seguidos de bacilos Gram positivos y actinomicetos del género *Streptomyces*.
- *Penicillum*, *Aspergillus*, *Mucor* y *Clodasporium* son géneros identificados de hongos beneficiosos para la recuperación del suelo.
- Las poblaciones de Bacilos Gram negativos y las *Pseudomonas* fueron los organismos que se presentaron en mayor cantidad en todas las áreas del Parque.
- Los resultados de esta investigación mostraron la existencia de hongos y bacterias con la capacidad de solubilizar fósforo, degradar celulosa y fijar nitrógeno, los cuales son considerados herramientas de regeneración del suelo.
- El área V (Sector del área Recreacional Norte) es la que se encuentra con un mayor grado de recuperación, ya que tiene mayor cantidad de organismos totales y de grupos funcionales, por el contrario el área II (Sector de los Colegios) las cantidades de microorganismos fueron menores.

5.2. Compost

- El compost analizado se puede considerar apto para ser utilizado en el suelo del Parque, ya que existe un mayor desarrollo microbiano de bacterias, hongos y actinomicetos totales beneficiosos en cantidades que permiten la recuperación de microorganismos en los suelos (United State Department of Agriculture).
- En las muestras de compost los hongos que se encontraban con mayor frecuencia fueron del género *Penicillium*, *Aspergillus* y *Mucor*, las bacterias que se encontraron en su mayoría fueron bacilos Gram negativos, bacilos Gram positivos y finalmente los actinomicetos que fueron del género *Streptomyces*, que corresponden a la fase de maduración del proceso de compostaje (Moreno,2008).
- La presencia y la cantidad de *Pseudomonas* y Bacilos Gram negativos en el compost está dentro de los parámetros maduración y calidad.
- Los organismos fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo y los celulolíticos presentes en el compost del Parque demuestran su calidad y su beneficio para recuperar el suelo del mismo.
- La compostera I presentó mayor cantidad de organismos totales y de los grupos funcionales, que la encontrada en la compostera II.

CAPÍTULO 6. RECOMENDACIONES

- A pesar que el suelo del Parque Itchimbía se encuentra con una buena calidad microbiológica, se recomienda realizar un manejo adecuado del suelo con la recolección selectiva del recurso verde.
- La aplicación constante del compost y materia orgánica en áreas pobres del Parque para facilitar el crecimiento de los microorganismos hasta obtener un equilibrio.
- Realizar una colección de los microorganismos aislados (cepario) de las muestras de suelo, ya que se encontró una variedad de organismos que pueden ser utilizados para mejorar la estructura y características del suelo mediante la bio- recuperación y la bio-aumentación.
- Al utilizar el compost como abono, se le recomienda otro tipo substratos, otros estiércoles y la aplicación de inoculantes biológicos, todos con el objeto mejorar e incrementar su calidad microbiológica en el suelo.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

- **Acuña, O.; Peña, W.; Serrano, E.; Poca sangre, L.; Rosales, F.; Delgado, E.; Trejas, J. y Segura, A. (2005).** La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas – Universidad de Costa Rica.
- **Aster, M.; Mass, M.; Eschewers, J. (2002).** Derivación de indicadores de calidad de suelo en el contexto de la agricultura sostenible .Agro-ciencia Vol.36 .Texcoco – México. p.p.605-620.
- **Alexander, M. (1980).** Introducción a la microbiología del suelo. Jon Giley And Son. New York. p.p.79-90.
- **Alexander, M. (1999).** Biodegrading and Bioremediation. 2^{da} edición Editorial Academia Pres. New-York. p.p. 100-109.
- **Atlas, R.; Bertha, R. (2001).** Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental. 4^{ta} edición Editorial. Addison Wesley. Barcelona –España .pp. 459-473.
- **Bautista, A.; Etchevers, J.; Castillo, R. y Gutiérrez, C. (2004).** Calidad del suelo y sus Indicadores. Ecosistemas .Vol. XIII. Alicante –España.
- **Benítez. S y González, L. (2003).** Aceleración del proceso de compostaje utilizando *Azobacter*, *Azospirillum*, *Lactobacillus*, *Sacharamyces* y *Tricoderma*. Machachi – Pichincha. Tesis Licenciatura en Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- **Benzina, A.; Verlag, N., y Villingen, S. (2001).** Agricultura orgánica fundamentos para la región andina. Editorial Neckar- Verlag Alemania. pp.102-120 y 831-837.
- **Bioagro. (2005).** Biofertilizantes 100% orgánicos. Bioagro.S.R.L, Montevideo-Uruguay.

- **Brejda, J. y Mooman, T.B. (2001).** Identification and Interpretation of regional soil quality factor for the central high Plain of the mid western.USA .In: D. E, Stott. R.H.\
- **Burges, A. y Raw, F. (1971).** Biología del suelo. Editorial. Omega S.A. Barcelona – España. pp.28-67.
- **Byers; White & Maldonado, (1991).**The use and conservation of nature resource in the Andes of southern Ecuador. In Mountain Research and Development.pag 37-55.
- **Cariello, M; Castañeda, L.; Riobo, I.; González, J.(2007).** Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos. R.C. Suelo Nutr.Veg.7 (3). Paraná- Argentina
- **Cerón, L. y Melgarejo, L. (2005).** Enzimas del Suelo: Indicadores de salud y calidad. Vol.10 Acta Biológica Colombiana. Bogotá – Colombia.
- **Casanova, E. (1991).** Introducción a la ciencia del Suelo. 2^{da} edición. Editorial, Itopar. C.A. Caracas - Venezuela .pp.218-245.
- **Coyne, M. (2000).** Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio. Editorial Parafino. España. pp. 217-263.
- **Corporación Vida para Quito, (2007).**Información del Parque Itchimbía. Boletín divulgativo.
- **Delgado, M. (2005).** Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. Documento Técnico de la investigación Orius Biotecnología. Villavicencio. Colombia.
- **Distrito Metropolitano de Quito. (1999).** Plan de Manejo Integral del recurso suelo. Gráficas Ayerve. Quito- Ecuador.
- **Doran, D. y Parkin, J. (1994).** Defining soil quality for a sustainable environment .Soil science of Society of America. In .Special Publication .Number 35. Madison –USA.

- **Estrada de Luis, I. y Gomez, J. (2006).** La valorización del compost. Proyecto Biometanización, Valorización de los residuos a través de la producción de Biogás. Biomasa Peninsular. Madrid- España.
- **FAO. (2008).** Global assessment of land degradation and improvement <http://lprlada.fao.org/lada/index.php?option=gid=58&Itemid=157>.
- **Fernández, L.; Zalba, P.; Gómez, M. y Sagardoy, M. (2005).** Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. Ciencia del suelo.Vol.23 n.1 Buenos Aires.
- **Fernández, L. (2006).** Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Editorial Semarnat. México –México. pp.117-128.
- **Ferrea, R. y Alarcón, A. (2001).** La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. ErgoSum.Vol.8.Toluca –México. Pp. 175-183.
- **Fuentes, J. (2002).** Manual técnico sobre la utilización del suelo y fertilizantes. Editorial Mundi Prensa. Madrid -España. pp.139-145.
- **Grant W. & Long P. (1989).** Microbiología Ambiental. Editorial Acribia, S.A. Madrid- España. pp. 189-195.
- **Grijalva, N. (2007).** Evaluación de un inoculante termófilo como acelerador del proceso de compostaje de residuos vegetales del florícola jardín Piavero, Lazo-Cotopaxi. Tesis Ingeniería en Biotecnología –Escuela Politécnica del Ejército (ESPE).
- **Hans, J. (2000).** Microbiology of Composting. Ober Ramstad. Germany
- **Haug, R. (1993).** Practical Handbook of Compost Engineers. Editorial Lewis Publishers. California – USA.

- **Kucey, R. (1983).** Phosphate-Solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin soils. Can J. Soil Sci. p.p. 671-678.
- **Lara, C.; Villalba , M. y Oviedo, L. (2007).**Bacterias fijadoras de Nitrógeno de la zona Agrícola de San Carlos, Córdoba, Colombia. Revista Colombiana de Biotecnología. diciembre, año /vol. IX. número 002.Bogota- Colombia.
- **Larson, W. y Pierce, F. (1991).** Conservation and enhancement of soil quality. In evaluation for Sustainable and Management in the Developing .World. Vol 2.Tecnichal, paper .IBSRAM. p.p 175-205.
- **Llovet, J. (2006).** Degradación del suelo posterior al fuego en condiciones mediterráneas. Ecosistema. Vol.36. España.
- **Llumiquinga, L. (2003).** Evaluación de tres niveles de microorganismos y 3 mezclas de biodegradables para producir compost y su aplicación en semilleros. Cantón Mejía-Pichincha. Tesis Ingeniería Agrónoma. Universidad Central del Ecuador.
- **Lugo, S. y Gitscher, H.(2005).** Evaluación de los proyectos de compostaje en el Ecuador. Fundación Natura –Repamar- Cepis GTZ. Actualizado. 2005.
- **Morales, R.; Bernal, G.; López, L.; Calvache, M. (2007).** Estudio de la diversidad microbiana, en sistemas agroforestales de café (*Coffea arabiga*) y cultivos de pastos y arroz (*Oriza sativa*) en dos tipos de suelo de una zona tropical de Ecuador. Asociación Nacional de cultivadores de Palma Aceitera. ACUPA.
- **Moreno, J; Moral, R. (2008).** Compostaje. 1ra Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid- España. p.p 111-130 y 209- 280

- **Muñoz, J. (2005).** Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución los problemas medio ambientales. CIAT .Tesis Palmira – Colombia.
- **Olalde, V. y Yaguilker, L. (1998).** Microorganismos y Biodiversidad. Terra Latinoamericana 16 Chapingo- México. pp. 289-292.
- **Opazo, M. (1991).** Manual para el tratamiento integral de la basura reciclaje y producción de compost. Editorial. Fondo Rotario. Bogota –Colombia .pp. 26-30.
- **Ortega, E., Rodés, R., de la Fuente, E, y Loiret, F.G. (2004).** Does the routine heat treatment of sugarcane stem pieces for xylem pathogen control affect the nitrogenase activity of an N₂ fixing endophyte in the cane? Australian Journal of Plant Physiology.
- **Palacios, C. y Sánchez, M. (2003).** Estudio Microbiológico de los efectos de Vytazyme en la micro biota del suelo y en el crecimiento de la cebolla de bulbo .Tesis licenciatura en Biología .Pontificia Universidad Central del Ecuador. (PUCE).
- **Redacción Quito. (2005, Mayo 14).** Humedal del Parque Itchimbía es la nueva casa de las ranas marsupiales. El Comercio pp. A6.
- **Rodríguez, C.; Ward, A. y Goodfellow, M. (2000).** Nuevas formulaciones de medios de cultivo para el aislamiento de actinomicetes acidofilicos del suelo y caracterización de nuevas especies de *Sreptacidiphilis griseisporussp.nov*, *Sreptacidiphilis griseusb sp*, *Sreptacidiphilis luteialbus sp.nov*. y *Sreptacidiphilis thailandesisis sp.nov*. Escuela Politécnica de Chimborazo. (ESPOCH).
- **Sánchez, K. (2001).** Evaluación de la solarización y usos del agente microbiológico antagónico para controlar el patógeno del suelo bajo invernadero. Tesis Ingeniería en Agrónoma. Universidad Central del Ecuador.

- **Santamaría, O.; Olea, L.; Viguera, F. J.; García-White, T. (2001).** Determinación de la contaminación de suelo y agua en cultivos de maíz en regadío en las vegas bajas del Guadiana de Extremadura. Dpto. Biología y Producción de los Vegetales. Escuela de Ingenierías Agrarias (Universidad de Extremadura). España.
- **Silva, J; López, P.; Valencia, P. (1999).** Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Los recursos naturales y del Ambiente (EIDENAR) Cali-Colombia.
- **Sivila de Cary, R & Angulo W. (2004).** Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo en el Altiplano Central boliviano. Instituto de Ecología. Ecología en Bolivia, Vol. 41(3).
- **Sivila de Cary & R Hewé, D. (1994).** El estado microbiológico del suelo, Indicador de una restauración de la fertilidad. Instituto de Ecología, UMSA, Eds. IBTA - ORSTOM, La Paz- Bolivia
- **Stofella, M., Khan, B. (2004).** Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola .Grupo Mundi-Prensa .España. p.p 95-97 y 287-290.
- **Soto, G. & Muñoz, C. (2002).** Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. CATIE. Vol. 65. Costa Rica
- **Torres, C.; López, M. y Del Castillo, K. (1997).** Población Microbiana del suelo de la zona Norte del Bosque Reservado de la UNAS. Tingo –Perú.
- **Uribe, L. (1999).** Técnicas microbiológicas para determinar la calidad de los suelos. Congreso Nacional del suelo. Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. p.p.79- 89.

- **Viera, W.; Bernal, G. (2004).** Determinación de la calidad microbiológica del compost para la producción ecológica de cultivos en la región interandina. Departamento de Protección Vegetal, INIAP. Pichincha.
- **Vittorio, P. (1979).** Biología y Ecología del suelo. Editorial. Blime. Barcelona- España.